OPTIMIZACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS EN INSTALACIONES INSTITUCIONALES COLOMBIANAS BAJO PROCESO DE ACREDITACIÓN LEED BASADAS EN NORMATIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL

JOSÉ LUIS GARCÍA PIRAJÁN

JEISON ENRIQUE MARCELLA ATUESTA

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD TECNOLÓGICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA POR CICLOS PROPEDÉUTICOS
BOGOTÁ D.C.

2018

OPTIMIZACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS EN INSTALACIONES INSTITUCIONALES COLOMBIANAS BAJO PROCESO DE ACREDITACIÓN LEED BASADAS EN NORMATIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL.

JOSÉ LUIS GARCÍA PIRAJÁN

JEISON ENRIQUE MARCELLA ATUESTA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Eléctrico

Directora
Ing. Dora Marcela Martínez Camargo

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD TECNOLÓGICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA POR CICLOS PROPEDÉUTICOS

BOGOTÁ D.C.
2018

Nota de Aceptación:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Firma del presidente del jurado

_____

Firma del jurado

_____

Firma del jurado

Bogotá D.C., Agosto de 2018

AGRADECIMIENTOS

Agradezco inicialmente a Dios por darme esta gran oportunidad de culminar uno de mis mas grandes objetivos, a mi madre Luz Marina y a mi padre Luis Fernando por estar presentes en mi formación académica y mi formación como ser humano. Dedico parte de este trabajo a mis hermanos: Andrés y Daniel. Finalmente como no dedicar este trabajo a mi tio que fue parte importate en mi vida y que siempre me impulso con su conocimiento *Ricardo Piraján Cantillo Q.E.P.D.*

José Luis Garcia Piraján

Esta tesis esta dedicada a: mis padres Jorge Marcella y Martha Atuesta quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño mas, gracias por inculcar en mi el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios esta conmigo siempre.

Jeison Enrique Marcella Atuesta

Finalmete a la **Docente e Ingeniera Dora Marcela Martinéz** agradecemos su guía y paciencia en este proceso.

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN 1
2. INTRODUCCIÓN 2
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 2
4. OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS 4
   4.1. OBJETIVO GENERAL 4
   4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4
5. MARCO TEÓRICO 5
   5.1. APLICABILIDAD Y ANTECEDENTES 5
   5.2. NORMATIVIDAD 6
      5.2.1. Ley 142 de 1994 6
      5.2.2. CREG 030 de 2018 6
      5.2.3. Norma LEED 6
   5.3. ALCANCE 7
   5.4. Definiciones y abreviaturas 8
6. EVALUACIÓN DEL MARCO NORMATIVO DISPUESTO PARA LAS FNCER Y LEED 11
   6.1. DIAGNÓSTICO NORMATIVO 11
   6.2. VISIÓN Y CERTIFICADOS LEED 18
7. MECANISMOS TECNICOS Y TECNOLOGICOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA 23
   7.1. MEDIOS TÉCNICOS 24
      7.1.1. Instalaciones eléctricas 24
      7.1.2. Optimización de gastos energéticos 26
      7.1.3. Optimización tarifaria 26
      7.1.4. Optimización de instalaciones 27
   7.2. MEDIOS TECNOLOGICOS 28
      7.2.1. Optimización del uso de la energía en edificios a través de la interfaz ENERGYPLUS 28
      7.2.2. Gestión de la demanda 29
   7.3. ventajas adquiridas con la implementación tecnologica 31
8. METODOLOGÍA PARA OPTIMIZACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS EN INSTALACIONES INSTITUCIONALES COLOMBIANAS BAJO PROCESO DE CERTIFICACIÓN LEED. 34
   8.1. POLÍTICA ENERGÉTICA 34
   8.2. PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA. 36
   8.3. IMPLEMENTACIóN DE LA INSTALACIÓN Y OPERACIÓN de la metodología 36

9. PROCESO DE PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA OPTIMIZACIÓN PARA LA INSTALACIÓN DEL BLOQUE CINCO FACULTAD TECNOLÓGICA BAJO ACREDITACIÓN LEED. 45
9.1. INFORMACIÓN DE ENTRADA PARA LA PLANIFICACIÓN. 47
9.2. AUDITORÍA ENERGÉTICA: INSTALACIÓN ELÉCTRICA E ILUMINACIÓN BLOQUE CINCO FACULTAD TECNOLÓGICA..... 47
9.3. CONFORMIDAD INSTALACION BLOQUE CINCO CON LOS REQUISITOS RETIE – RETILAP 54
9.4. VERIFICACION PARÁMETROS LEED PRERREQUSITO Y CRéDITOS 56
10. OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN DEL BLOQUE CINCO A TRAVÉS DEL FLUJO LUMINOSO 59
10.1. DISMINUCIÓN LÍMITE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA MEDIANTE EL CONTROL DE ALUMBRADO..... 66
10.2. MÉTODOS DE ANÁLISIS PARA LA EVALUACIÓN ECONÓMICA 69
11. desarrollo cartilla virtual OPTIMIZACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS 72
CONCLUSIONES..... 73
BIBLIOGRAFÍA 75
12. ANEXOS..... 77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. La Fundación de la Bahía de Chesapeake una organización de educación, (9) 8
Figura 2. Instalaciones Institucionales parametrizadas LEED V4 (10) 9
Figura 3. Centro Comercial Plaza Central (10) 18
Figura 4.Google Bog. (9) Tomado de: Google Headquartes place 21
Figura 5. Diagrama de diagnóstico energético (22) 24
Figura 6. Gastos de energía para instalaciones institucionales. Tomado de: (18) 25
Figura 7.Reducción de consumos a través de la selección de indicadores tarifarios. (19) 26
Figura 8. Flujo de trabajo para la optimización del desempeño energético en edificios tomado de: (20) 28
Figura 9. Flujo de trabajo gestión de la demanda en edificios tomado de: (18). 29
Figura 10. Sistema de control de máxima demanda CPP con la reubicación de cargas estratégicas tomado de: (18). 31
Figura 11. Arquitectura del sistema (21). 33
Figura 12. Modelo sistema SGE Norma Iso 50001 (22) 35
Figura 13. Potencia Activa Total Med/día (13). 51
Figura 14. Energía Activa total Med/día. (13) 51
Figura 15. Diagrama unifilar bloque cinco. (13) 53
Figura 16. Distribución de carga discriminada para el bloque 5. (13) 54
Figura 17. Simulación Bloque 5 Facultad tecnológica (13) 56
Figura 18. Diagrama de Falsos colores no cumplimiento del prerrequisito niveles de polución luminosa. Vista de planta DIALUX EVO 8. (13) 57
Figura 19. Diagrama de falsos colores no cumplimiento del prerrequisito niveles de polución luminosa. Vista de DIALUX EVO 8. (13) 58
Figura 20. La Tabla 440.1 RETILAP valores límite de eficiencia energética de la instalación VEEI. (23) 65
Figura 21. Sistema Occuswitch DALI PHILIPS (24) 67
Figura 22. Topología de integración sistema occuswitch DALI PHILIPS. (13). 68
Figura 23. Contenido cartilla optimización de proyectos energéticos. (13). 72

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Regulación colombiana específicamente en temas relacionados con energías renovables (13) 15
Tabla 2. Regulación específica instalaciones eléctricas (13). 17
Tabla 3. Optimización según LEED (4) 20
Tabla 4.Tarjeta de puntuación energía y atmósfera LEED Platino 85/110. (4) 22
Tabla 5. Factores de incidencia. (13) 23
Tabla 6. Adecuaciones recomendadas (13) 25
Tabla 7. Optimización en instalaciones (13) 27
Tabla 8. Cuadro de métodos de gestión de la demanda elaboración propia fuente (18) 30
Tabla 9. Diagrama conceptual proceso de planificación energética (13) ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 10. Etapa I decisión estratégica metodología para optimización. (13) 37
Tabla 11. Etapa 2. Instalación del sistema de gestión integral de la energía en la instalación institucional. (13) 39
Tabla 12. Etapa 3. Operación del sistema de gestión integral de la energía en instalaciones institucionales. (13). 40
Tabla 13. Sub Etapa 2. LEED V4 Operación y mantenimiento verificaciòn prerequisitos a nivel energético en instalaciones institucionales. (13). 44
Tabla 14. Medición fotométrica piso uno bloque 5 Facultad Tecnológica. (13) 48
Tabla 15. Medición fotométrica piso mezzanine bloque 5 Facultad Tecnológica. (13) 48
Tabla 16. Medición fotométrica piso dos bloque 5 Facultad Tecnológica. (13) 49
Tabla 17. Medición fotométrica piso tres bloque 5 Facultad Tecnológica. (13) 50
Tabla 18. Luminarias instaladas en la actualidad en el bloque cinco. (13). 52
Tabla 19. Potencia instalada en iluminaciones más pérdidas electromagnéticas de la instalación del bloque 5 (13) 53
Tabla 20. Lista de cchequeo aspectos a cumplir RETIE 56
Tabla 21. Luminarias de tecnología fluorescente instaladas en la actualidad en el bloque cinco. (13) 59
Tabla 22. Recambio tecnología LED a través de flujo luminoso (13) 60
Tabla 23. Características fotométricas luminarias propuestas para recambio (13) curvas polares tomadas de fabricante STIL LED. 61
Tabla 24. Rediseño fotométrica piso uno bloque 5 Facultad Tecnológica. (13) 62
Tabla 25. Medición fotométrica piso mezzanine bloque 5 Facultad Tecnológica. (13) 62
Tabla 26. Resultados fotométricos piso dos bloque 5 Facultad Tecnológica. (13) 63
Tabla 27. Resultados fotométricos piso tres bloque 5 Facultad Tecnológica. (13) 64
Tabla 28. Comparación potencia instalada actual vs potencia instalada propuesta (13) 64
Tabla 29. Cálculo VEEI límite de eficiencia energética de la instalación (13) 66
Tabla 30. Metodologías y controles de alumbrado interno (13) 67
Tabla 31. Potencia instalada actual vs potencia instalada recambio LED más sistema de control OCCUSWITCH DALE (13) 68
Tabla 32. Cálculo VEEI Límite de eficiencia energética de la instalación con el sistema de control (13) 69
Tabla 33. Anexo J “Formato Cuadro De Cantidades Iluminación Bloque Cinco” (13) 70
Tabla 34. Anexo K “Retorno De Inversion Iluminación Bloque Cinco (13) 71

1. RESUMEN

Hacia el año 2050 alrededor del 70% de la población mundial y sus conglomerados se concentrarán en las ciudades, eso significa 6300 millones de seres humanos que demandarán recursos básicos y un sistema de generación de energía eléctrica sostenible (1)

El desarrollo de proyectos de infraestructura ecológicos debe 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 en el tema de energías renovables, este aún es incipiente con respecto a otras naciones en las cuales ya existen proyectos significativos de **Smart cities** y la construcción de edificaciones verdes.

Teniendo en cuenta el vacio regulatorio que existe, el presente proyecto 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.

El proyecto se desarrolló en cinco fases; en la primera fase se realizó una investigación y diagnóstico del sistema de clasificación LEED institucional colombiano, seguido de una investigación sobre tecnologías disponibles y metodologías de optimización de instalaciones eléctricas y de iluminación. Como tercera fase se construyó una metodología con base en la información adquirida en las fases anteriores haciendo uso del cuerpo básico de SGe propuesto en la norma internacional ISO 50001.

Finalmente se pone en práctica la metodología en uno de los edificios de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y se elabora una cartilla virtual para divulgar esta propuesta dentro de la comunidad interesada en la cual se describen las mejoras técnicas y los principios de optimización energética en instalaciones institucionales colombianas. Cabe resaltar que no existe vinculación alguna con el programa LEED, pero se genera la propuesta con base en los criterios de esta certificación, ya que es la de mayor éxito a nivel internacional y trata aspectos técnicos energéticos de manera innovadora.

1. **ENERLIS - ERNST & YOUNG - FERROVIAL AND MADRID NETWORK.** *LIBRO BLANCO SMART CITIES.* España : Imprintia, 2012.

2. INTRODUCCIÓN

Los perjuicios ambientales a causa del hombre y el mal uso de los recursos naturales conllevan a un daño ambiental de escala global el cual a traído diferentes efectos tales como indefención y vulnerabilidad a diferentes comunidades, *es frecuente observar como por una mala distribución o elección del territorio de construcción la población ha sido víctima de la forma de actuar de la naturaleza menciona* (2), por esta razón se busca desarrollar proyectos que contribuyan a la conservación del medio ambiente y consecuentemente a una mejor calidad de vida y el bienestar general, es así como se busca implementar construcciones verdes que promuevan la sostenibilidad con el medio ambiente y la productividad.

A través de algunos análisis como señala Restrepo "*se demostró que los productos utilizados en el proceso de construcción inciden en el desarrollo de enfermedades producto del síndrome del edificio enfermo*" (2), por lo tanto, es pertinente enfocar los medios de investigación y de desarrollo hacia el área de las construcciones autosustentables y con bajo impacto ecológico. Los proyectos LEED y sus diferentes aplicaciones y dinámicas exponen una nueva concepción de la eficiencia en las edificiones no solo en la construcción sino en la puesta en marcha de todos sus servicios.

El tema de desarrollo de escenarios amigables con el medio ambiente y una nueva forma de generar empleo, salud y vivienda a los colombianos es el objetivo máximo de este proyecto el cual estará enfocado en la eficiencia energética de escenarios amigables con el medio ambiente.

La optimización de actividades y recursos energéticos dentro de las edificaciones y la adecuación de edificios existentes que no se encuentran optimizados energéticamente es la orientación de la labor de este documento, el cual pretende vincular el aprovechamiento de las energías renovables y toda acción encaminada a la eficiencia de los recursos no solo energéticos si no también naturales, para así producir un desarrollo sostenible en todo el entorno donde se aplique la normativa ligada al LEED.

En cuanto al ahorro energético es un punto crucial para mantener el pensamiento sostenible, por esto se plantea la inclusión a la normativa existente de estándares y certificaciones internacionales cuyo objetivo es optimizar los recursos naturales al máximo en edificaciones: *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), *Building Research Establishment's Environmental Assessment Method* (BREEAM), ISO 50001, *Energy Star*, la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo.

El presente proyecto contiene entre sus apartes, la necesidad de sus proponentes por definir otro concepto en cuanto a la optimización de energía en instalaciones eléctricas, por eso a lo largo de este trabajo de investigación se abordan conceptos introductorios de la regulación energética colombiana, para conceptualizar al lector de cómo está el sector y sus avances legislativos en pro del ahorro y la eficiencia energética, pasando por las diferentes soluciones tecnológicas aplicadas a instalaciones y que integradas a la filosofía LEED dan el punto de partida para este proyecto, que finalmente como resultado desarrollara una metodología la cual será plasmada en una cartilla dirigida a personal formado y capacitado en electricidad, sirviendo esta como una guía en la optimización de energía en instalaciones eléctricas.

2. RESTREPO, JUAN ESTEBAN ALIS. ***METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS COMERCIALES EN COLOMBIA BASADOS EN ESTÁNDARES Y NORMAS INTERNACIONALES.*** **BOGOTÁ : UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2014.**

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El prospecto energético mundial y la gestión actual de recursos no renovables, ha representado uno de los mayores retos para las naciones, por esto, es pertinente por parte de los diferentes entes de investigación, involucrarse al máximo en la producción de ideas que solucionen a futuro el problema de crecimiento mundial y a su vez la demanda de recursos energéticos. En Colombia la utilización de energías renovables y programas de optimización de recursos empezó a ser importante con la aparición de la norma ISO 50001 y el crecimiento aislado de programas sostenibles a través de la certificación LEED. En el ámbito internacional se potencializa al máximo la calidad, el uso de recursos naturales existiendo además una marcada diferencia competitiva que se logra en las organizaciones con la adopción de estas políticas.

La legislación energética colombiana en su ley 1715 del 2014 establece los mecanismos de participación, regulación e integración de energías renovables no convencionales al sistema energético nacional, (3) por esto que se da vía libre al desarrollo de instrumentos técnicos que fortalezcan el sector energético colombiano, esto claro está, teniendo en cuenta los aspectos legales. El *Consejo Colombiano de Construcciones Sostenibles* "CCCS" desde el año 2015 realizó una integración estratégica con *US Green Building Council* y el *Green Business Certification Inc.* con el objetivo de apoyar el desarrollo del programa *Leadership in Energy and Environmental Design* "LEED" en Colombia, siendo la segunda entidad a nivel mundial en gestión y regulación de proyectos de construcciones sostenibles. Por el poco tiempo que el programa lleva en Colombia actualmente no existen metodologías que integren mejores prácticas para el fortalecimiento técnico de la industria, las instituciones y construcciones donde se desarrollen prácticas encaminadas a la gestión energética, por lo tanto es de vital importancia para la implementación de estas políticas la creación de una metodología que aborde aspectos de mejora y optimización en instalaciones eléctricas institucionales que deseen obtener la certificación LEED.

Surge el interrogante de cómo implementar una metodología que encamine a las instalaciones institucionales colombianas a través de estrategias que optimicen la sostenibilidad y la incorporación de aspectos relacionados con eficiencia energética integrada con la norma ISO 50001 adaptada bajo los parámetros establecidos LEED a la realidad del país, (4) ya que actualmente la legislación colombiana ofrece únicamente normativas en aspectos técnicos básicos pero no en temas relacionados con eficiencia energética.

3. ***LEY 142 DE 1994***. **1994.**
4. U.S . GREEN BUILDING COUNCIL USGBC. FAQ. [EN LÍNEA] HTTP://WWW.USGBC.ORG/.

4. OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una metodología para optimización de proyectos energéticos en instalaciones institucionales colombianas bajo proceso de certificación LEED a través de la regulación nacional e Internacional.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ~ Realizar una investigación sobre el aspecto actual de normativas y entes regulatorios en aspectos de edificación verde en Colombia.
- ~ Realizar un estudio acerca del marco actual de aplicación de acreditación LEED en las edificaciones colombianas.
- ~ Realizar un diagnóstico de tecnologías, sistemas y diferentes medios técnicos en los cuales se optimicen instalaciones institucionales y se desarrollen filosofías de eficiencia energética.
- ~ Establecer una metodología donde se integren aspectos normativos energéticos colombianos con el sistema de certificación LEED utilizando como base los parámetros establecidos en la ISO 50001.
- ~ Llevar a la práctica la metodología con el nuevo edificio de Laboratorios de la Facultad Tecnológica en Universidad Distrital, con el fin de evaluar el desempeño de los mecanismos de optimización energética.
- ~ Desarrollar una cartilla virtual de fácil acceso al público con el fin de promulgar los medios de optimización y eficiencia energética en instalaciones institucionales colombianas.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. APLICABILIDAD Y ANTECEDENTES

Para el desarrollo del proyecto se realizó un análisis documental de diferentes fuentes como proyectos relacionados con construcción sostenible donde se implemanta la normativa LEED, teniendo en cuenta que los proyectos donde se hace uso de la normatividad LEED, son muy amplios y desarrollan diferentes soluciones en varios aspectos como eficiencia en el agua, atmosfera, energía, materiales y recursos, calidad de materiales y calidad de ambiente interior, el análisis de la información estubo centrado en el tema correpondiente con energía.

Fueron principalmente tres investigaciones relacionadas al tema del proyecto:

~ Aplicabilidad del sistema LEED en el entorno colombiano. (5)

~ Metodología para la evaluación energética de edificios comerciales en Colombia basados en estándares y normas internacionales. (2)

~ Análisis comparativo de costos para un proyecto de hotel y oficinas LEED certificado 3.0-2009 en la ciudad de Bogotá. (6)

La innovación y desarrollo de energías no convencionales renovables, la instalación de redes inteligentes de energía, la ardua y continua gestión energética en todos los puntos de consumo, la eficiencia y creación de nuevos equipos, edificaciones verdes y sostenibles son las características de innovación y cambio amigable con el medio ambiente que está implementando algunos paises europeso y norte americanos, como parte de un cambio de conciencia de cara al futuro y haciéndole frente al cambio climático y a la huella ecológica negativa del ser humano. *Por lo tanto, pensar en optimizar y gestionar procesos y recursos, construir y mantener edificios limpios y menos contaminantes y actualizar aquellos que no cuentan con apropiada gestión energética, son acciones que están a favor de la implementación de este pensamiento. La eficiencia energética aparece entonces, como ese recurso estratégico clave para mantener el nivel de vida en los países desarrollados y producir un desarrollo sostenible en todo el planeta, además de concebirse como una fuente potencial de energía que se alimenta por la corrección de ineficiencias encontradas en los procesos o sistemas. Mejorar el consumo energético en los edificios mediante la gestión e implementación de medidas que ayuden a reducirlo, es una manera de aportar significativamente al pensamiento sostenible antes planteado por* (2). Es así como en el mundo aparecen, metodologías, certificaciones y normas que ayudan a evaluar y mejorar la gestión energética de edificios, sin embargo, en Colombia aún hay mucho por hacer e implementar y es por esto que surge la necesidad de contextualizar metodologías europeas y estadounidenses que permitan evaluar la gestión de los edificios y entender cómo ciertos factores, asociados a esta gestión, inciden en el desempeño de sus equipos (eficiencia), el bienestar de las personas que lo habitan (confort) y su gestión energética (administración de los recursos). En cuanto al ahorro energético es un punto crucial para mantener el pensamiento sostenible, por esto

2. **RESTREPO, JUAN ESTEBAN ALIS.** *METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS COMERCIALES EN COLOMBIA BASADOS EN ESTÁNDARES Y NORMAS INTERNACIONALES.* BOGOTÁ : UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2014.
5. PARGA, DIANA JIMENA ARÉVALO. ***IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CERTIFICACIÓN LEED® EN COLOMBIA.*** **BOGOTÁ : UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA, 2015.**
6. ROSADO, GINA ALEXANDRA CABAS. ***ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS PARA UN PROYECTO DE HOTEL Y OFICINAS LEED CERTIFICADO 3.0 EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.*** **BOGOTÁ : PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, 2011.**

se plantea en este proyecto la inclusión a la normativa existente de estándares y certificaciones internacionales las cuales su objetivo es optimizar los recursos naturales al máximo en edificaciones las cuales son: Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), Building Research Establishment's Environmental Assessment Method (BREEAM), ISO 50001, Energy Star, la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo.

5.2. NORMATIVIDAD

5.2.1. Ley 142 de 1994

La ley 142 de 1994 se aplica a los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, distribución de gas combustible, telefonía fija pública básica conmutada y la telefonía local móvil en el sector rural; a las actividades que realicen las personas prestadoras de servicios públicos (3).

Esta ley explica cuáles son las disposiciones generales para los cogeneradores de energía. "Quienes produzcan energía eléctrica como resultado de un proceso de cogeneración, entendido este como la producción combinada de energía eléctrica y energía térmica que hace parte integrante de su actividad productiva, podrán vender excedentes de electricidad a empresas comercializadoras de energía, esta venta quedará sujeta a la contribución del 20%" (3). Dado lo anterior desde el año 1994 se da cabida a lo que se conoce en la actualidad como *Smart Grid*.

5.2.2. CREG 030 de 2018

La Resolución de la CREG 030 de 2018, trata de la autogeneración a pequeña escala (hasta un megavatio) y generación distribuida, que define un mecanismo practico para que los usuarios residenciales de todos los estratos, así como los comerciales y pequeños industriales, generen su propia energía esencialmente para atender sus propias necesidades energéticas y también puedan vender los excedentes de esa energía al sistema interconectado.

"La autogeneración se define como la actividad realizada por personas naturales o jurídicas que producen energía y, en el caso de quienes generan a pequeña escala, los principales incentivos se dan a quien emplea fuentes no convencionales de energía renovables, tales como la biomasa, los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, la eólica, la geotérmica y la solar, entre otras". (7)

5.2.3. Norma LEED

El Liderazgo en el Diseño Energético y Medioambiental (*Leadership in Energy & Environmental Design*) es un sistema de acreditación de diseño, construcción y certificación de los edificios verdes alrededor del mundo (Consejo de construcción verde de España 2011). Fue creado por el científico Robert K. Watson en el año 1994, inicialmente reunió un comité especialmente encargado para la discusión de temas LEED, bajo la dirección del Consejo de la Defensa de los Recursos Naturales de los Estados Unidos (*Natural Resources Defense Council*), pero fue hasta

3. ***LEY 142 DE 1994*. 1994.**
7. CONSEJO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE. CONSEJO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE – CCCS. [EN LÍNEA] HTTPS://WWW.CCCS.ORG.CO/WP/RECURSOS/.

1996 que se creó formalmente el comité técnico para LEED (6). A partir de entonces el desarrollo de la organización LEED fue avanzando en el periodo comprendido entre 1996 y 2006, en el último año ya contaba con un sistema global de seis normas para el proceso de diseño, construcción y certificación (6).

Los objetivos principales para la creación de LEED fueron los siguientes: proporcionar un estándar de medición para definir "verde" a una edificación; usarlo como una guía de diseño integrado; reconocer nuevos líderes con ideas innovadoras que brinden beneficios medioambientales, económicos y sociales. Otras características relevantes es que a través de la certificación se alcanza un mayor nivel de competencia verde, se establece un valor de mercado ambientalmente amigable con marca nacional reconocible y finalmente transforma la industria de la construcción (Consejo de construcción verde de España 2011). Existen varios sistemas de evaluación dependiendo del uso y complejidad de los edificios. Si bien inicialmente enfocada a edificios de nueva planta, con posterioridad se han desarrollado otras alternativas de evaluación para obras de acondicionamiento interior (*LEED for Commercial Interiors*) o para edificios en funcionamiento (*LEED Operations and Maintenance*). Estos estándares han ido evolucionando a lo largo del tiempo con un criterio de mejora continúa enfocado a ir aumentando progresivamente el grado de exigencia, en paralelo a la mejora de los aspectos relacionados con la sostenibilidad en la industria de la edificación. En el año 2009 se fijaron los siguientes estándares (6). *Green Building Design & Construction*

~ LEED for New Construction and Major Renovations
~ LEED for Core & Shell Development
~ LEED for Schools
~ LEED for Retail New Construction

En este trabajo se muetra la inversión adicional requerida, tanto en costos directo como en costos indirectos de un edificio que aspira a la certificación plata de hotel y oficinas LEED para *Core and Shell*, que es un sistema de construcción ecológica que fue diseñado para proporcionar un conjunto de criterios de desempeño para la certificación del diseño sostenible basándose únicamente en la optimización de la piel (*Core o fachada*) y de las áreas comunes que se encuentren en el interior (*Shell o corazón*).

5.3. ALCANCE

Certificación LEED

Para obtener la certificación LEED se realiza una validación por parte de un agente independiente certificado por el *US Green Building Council* (USGBC), dada una serie de aspectos de cada proyecto relacionados con la sostenibilidad de la edificación se obtiene una calificación ponderada (4) Que consiste en otorgar puntos en las cinco categorías establecida por LEED (Sitios sostenibles, eficiencia del agua, energía y atmósfera, materiales y recursos y calidad en el ambiente interior).

6. ROSADO, GINA ALEXANDRA CABAS. *ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS PARA UN PROYECTO DE HOTEL Y OFICINAS LEED CERTIFICADO 3.0 EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.* Bogotá : PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, 2011.
4. U.S . GREEN BUILDING COUNCIL USGBC. FAQ. [En línea] http://www.usgbc.org/.

En Bogotá se están desarrollando cada vez más edificios que se rigen bajo la acreditación LEED. El programa local se compone de 86 proyectos inmobiliarios ya certificados en construcción sostenible con la herramienta LEED (8 en el nivel platino, 41 oro, 24 plata y 13 certificado), que suman 1,3 millones de metros cuadrados y otros 249 en proceso de certificación, lo que representaría unos 4,8 millones de metros cuadrados construidos en la capital. De los proyectos certificados en los últimos seis años 54% corresponden a espacios de oficinas, 24% a comercio y 5% a servicios de salud y otros como institucionales. En los proyectos que están por certificarse hay una mayor diversificación de usos e incluso hay en curso proyectos residenciales y habitacionales. El mercado de construcción sostenible crece a una tasa superior al promedio de la industria y es el resultado del liderazgo del sector privado representado por el CCCS, el cual tiene presencia en 44 ciudades y 22 departamentos del país. La certificación en construcción sostenible LEED garantiza un ahorro en costos de energía, menores emisiones de carbono y ambientes más saludables para los lugares que habitamos. El programa global de sostenibilidad LEED está basado en el concepto de proceso de diseño integrado y motiva el logro de un alto rendimiento en áreas clave para la salud humana y el ambiente. LEED también incentiva la toma de decisiones inteligentes de planificación como garantizar el acceso al transporte y servicios públicos, lo que asegura comunidades económicamente viables y habitables. (8). En el caso de la metodología se pretende llegar a proyectos conocidos como institucionales que han presentado baja tasa de aplicación por la diversidad de escenarios y centros habitacionales como son: bibliotecas, universidades, centros de cómputo, entre otros.

5.4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

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. (9). 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, (9)

9. USGBC. *GUÍA DE CONCEPTOS LEED.* USA : s.n.

Instalaciones Institucionales: dentro del marco de aplicación LEED se establece la clasificación que se observa en la figura 2 para edificaciones institucionales (10).

Instalaciones Comunitarias y cívicas	Centros cívicos o de mayores (con licencia)
	Guarderías (con licencia)
	Centro de ocio comunitarios
	Instalaciones artístico-culturales (museos, centros de arte)
	Instalaciones educativas (ejemplo: colegios, universidades seminarios colegios comunitarios).
	Oficinas de gobierno
	Clínicas, ambulatorios
	Lugares de culto
	Comisarias o parques de bomberos
	Oficinas de correo
	Bibliotecas publicas
	Parqueaderos públicos
	Centros de servicios sociales

Figura 2. Instalaciones Institucionales parametrizadas LEED V4 (10)

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. (10).

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) (10).

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. (10)

Objetivo LEED: meta principal de cada requisito o crédito. (10)

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) (10)

Prerrequisito de LEED: componente requerido por el Sistema de Clasificación de Edificios Ecológicos LEED cuya obtención es obligatoria y no otorga ningún punto (10).

Sistemas de HVAC equipos, sistemas de distribución y terminales que proporcionan procesos de calefacción, ventilación o aire acondicionado. (ASHRAE estándar 90.1–2007) (10).

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

9. —. *LEED V4 PARA DESARROLLO URBANO.* 2014.
10. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. *SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA.* BOGOTÁ : DIGITOS & DISEÑOS, 2008.

energía a la vez que mantiene el confort de los ocupantes (EPA, Agencia de Protección Ambiental) (10).

MGIE: "Modelo de Gestion 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). (11)

FNCER: Fuentes no convencionales de energía renovable.

USGBC:US Green Building Council

Interfaz ENERGYPLUS: tecnología digital donde se puede acceder a simulaciones detalladas durante el proceso de diseño en edificaciones verdes. ENERGYPLUS representa esa aplicación en la cual se puede optimizar los indicadores energéticos de edificios, de acuerdo a la investigación realizada por VELEZ – ZANGARI (12) 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.

Gestión de la demanda: 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.

12. SAMA. OPTIMIZACIÓN DEL USO DE LA ENERGÍA EN EDIFICIOS: DESARROLLO DE INTERFAZ PARA ENERGYPLUS. s.l. : Universidad Nacional de San Juan, 2014.

6. EVALUACIÓN DEL MARCO NORMATIVO DISPUESTO PARA LAS FNCER Y LEED

6.1. DIAGNÓSTICO NORMATIVO

El marco regulatorio colombiano en cuanto a la aplicabilidad de FNCER (fuentes no convencionales de energía renovables) se reduce hasta el momento a la ley 1715 de 2014 que por el momento proporciona las bases para la entrada de las energías renovables y su aplicabilidad en el país, generando estímulos para las empresas que autogeneren energía con fuentes no convencionales. La mencionada ley tiene como objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable no convencional, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, lo cual no es muy claro aún ya que solo menciona el medio por el cual se cuantificará dicha generación (medidor bidireccional), la participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible.

La participación en zonas no interconectadas es uno de los puntos importantes de esta ley ya que en ciertas zonas del país la generación de energía se realiza a través de medios diferentes a la generación hidráulica, principalmente las zonas no interconectadas ZNI, que repercute en la emisión de gases efecto invernadero a la atmosfera y que va en contra vía del plan de abastecimiento y seguridad energética para la nación. Por estas razones se crea la Ley 1715 de 2014, cuyo objetivo es el "regular la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional", buscando, además, promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta a la demanda. La ley de por si es insuficiente para la puesta en marcha de generadoras locales que se auto sustenten de energía con altos niveles de eficiencia, entonces es necesario ahondar mas no solo en la regulación si no en metodologías que promuevan e incentiven la utilización de FNCER para la generación de energía más limpia y eficiente localmente hablando. A manera de resumen, en la tabla 1 se muestra un cuadro comparativo de las leyes y resoluciones que, a nivel nacional tratan este tema, bajo los aspectos de disposiciones generales, legitimidad de aplicación y objeto de creación.

En la tabla 1 también se describen en términos generales los lineamientos regulatorios dispuestos por el Ministerio de Minas y Energía en cuanto a la aplicabilidad de las FNCER, se enumera la estructura regulatoria más importante en cuanto a la fuente-aplicación y donde se puede relacionar todos los actores que conforman el sistema interconectado que se encuentren incluidos bajo esta regulación, se aclara existen vacíos estructurales desde la misma ley 1715.

Complementario al sistema legislativo el Ministerio de Minas y Energía tiene a disposición general los tres reglamentos técnicos cuyo cumplimiento es de obligatoriedad en todo el territorio nacional. Los objetos fundamentales marcan indirectamente una disposición para garantizar el abastecimiento energético, la seguridad nacional, la protección del usuario frente a riesgos de origen eléctrico e iluminación y desarrollo fortalecido de la industria eléctrica nacional. Para la investigación era importante incluirlos ya que toda instalación debe presentar su respectiva conformidad y autodeclaracion en función de las disposiciones legales. Finalmente, en la tabla 2 puede verse el contraste en cuanto a los reglamentos establecidos a nivel nacional en el sector eléctrico.

Complementariamente la CREG 030 añade otros mecanismos para la regulación en el área de energía eléctrica residencial e industrial, los cuales hacen una serie de procedimiento y pasos a seguir para la disposición e instalación de redes eléctricas iluminación y eficiencia eléctrica, que actúan de manera complementaria al reglamento.

	LEY 1715 DE 2014	RESOLUCIÓN 1283 (agosto 3 de 2016)	LEY 697 de 2001 DECRETO No. 3683 DE DICIEMBRE 19 DE 2003	RESOLUCIÓN. 097 (diciembre 11 de 2000)	DECRETO 348 (marzo de 2017)
DISPOSICIONES LEGALES	Con la presente ley se busca establecer el marco legal y los instrumentos para la promoción del aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, lo mismo que para el fomento de la inversión, investigación y desarrollo de tecnologías limpias para producción de energía, la eficiencia energética y la respuesta de la demanda, en el marco de la política energética nacional. Igualmente, tiene por objeto establecer líneas de acción para el cumplimento de compromisos asumidos por Colombia en materia de energías renovables, gestión eficiente de la energía y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, tales como aquellos adquiridos a través de la aprobación del estatuto de la Agencia Internacional de Energías Renovables (Irena) mediante la Ley 1665 de 2013.	Por la cual se establece el procedimiento y requisitos Para la expedición de la certificación de beneficio ambiental por nuevas inversiones en proyectos de Fuentes No Convencionales de Energías Renovables – FNCER y gestión eficiente de la energía, para obtener los beneficios tributarios de que tratan los artículos 11, 12, 13 y 14 de la Ley 1715 de 2014 y se adoptan otras determinaciones.	Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.	Las pautas establecidas en esta Resolución, son aplicables para los equipos y aparatos eléctricos de uso doméstico, comercial o industrial que sean determinados por la Unidad de Planeación Minero Energética, o la entidad que haga sus veces en esta materia, antes del 31 de julio de 2001, dando prioridad a aquellos que representan una mayor proporción del consumo.	Por la cual se adiciona el decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamentos de política pública en materia de gestión eficiente de la energía y entrega de excedentes de autogeneración a pequeña escala
OBJETIVOS LEGÍTIMOS	Orientar las políticas públicas y definir los instrumentos tributarios, arancelarios, contables y de participación en el mercado energético colombiano que garanticen el cumplimiento de los compromisos señalados en el esta ley e Incentivar la penetración de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable en el sistema energético colombiano, la eficiencia energética y la respuesta de la demanda en todos los	Resolución se expide en desarrollo de lo dispuesto en la Ley 1715 de 2014 (Ley del Plan Nacional de Desarrollo), mediante la cual se crearon nuevos beneficios e instrumentos tributarios en materia de Fuentes No Convencionales de Energías renovables (“FNCER”) y gestión eficiente de la energía.	Promover el uso de energías no convencionales dentro del programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas de Energía no Convencionales (PROURE), estudiando la viabilidad	Conforme a lo establecido en el Numeral 4o. del Artículo 11 de la Ley 142 de 1994, las empresas comercializadoras de energía deberán informar a sus usuarios acerca de la manera de utilizar con eficiencia y	Destacar la autogeneración de agentes naturales y jurídicos en un marco de contribución al sistema interconectado nacional, por medio de fuentes no convencionales

	sectores y actividades, con criterios de sostenibilidad medioambiental, social y económica.		tecnológica, ambiental y económica.	seguridad la energía eléctrica.	de energía
OBJETO	La presente ley tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Con los mismos propósitos se busca promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta de la demanda.	la Resolución tiene por objeto definir el procedimiento y los requisitos aplicables para la expedición de la Certificación de Beneficio Ambiental por nuevas inversiones en los proyectos FNCER y de gestión eficiente de energía, con la cual será posible acceder a los siguientes beneficios tributarios (conforme lo dispuesto en los artículos 11 al 14 de la Ley 1715 de 2014) y a los que será posible acceder dependiendo de las condiciones en cada caso concreto: (i) deducción especial de renta y complementarios; (ii) exclusión del IVA; (iii) exención de gravamen arancelario; y (iv) depreciación acelerada.	Promover y asesorar los proyectos URE, presentados por personas naturales o jurídicas de derecho público o privado, de acuerdo con los lineamientos del programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas de energía no convencionales (PROURE), estudiando la viabilidad económica, financiera, tecnológica y ambiental.	El presente Reglamento Técnico tiene por objeto establecer medidas tendientes a fomentar el Uso Racional y Eficiente de la Energía – URE, en productos que usan Energía Eléctrica y Gas Combustible, mediante el establecimiento y uso obligatorio de etiquetas que informen sobre el desempeño de los equipos en términos de consumo energético e indicadores de eficiencia.	Que la entrega al sistema de los excedentes de autogeneración tiene como finalidad ampliar la capacidad de respaldo de generación de energía, de modo que se pueda garantizar la atención de la demanda incluso en periodos de escasez hídrica
SECTOR			Obligaciones especiales de las empresas de servicios públicos. Además de las obligaciones que se desprendan de programas particulares que se diseñen, las Empresas de Servicios Públicos que generen, suministren y		

			comercialicen energía eléctrica y gas y realicen programas URE, tendrán la obligación especial dentro del contexto de esta ley, de realizar programas URE para los usuarios considerando el aspecto técnico y financiero del mismo y asesorar a sus usuarios para la implementación de los programas URE que deban realizar en cumplimiento de la presente ley		
GUBERNAMENTAL			Para la investigación: El Gobierno Nacional propenderá por la creación de programas de investigación en el Uso Racional y Eficiente de la Energía a través de Colciencias, según lo establecido en la Ley 29 de 1990 y el Decreto 393 de 1991.		
ACADEMIA			Para la educación: El ICETEX beneficiará con el otorgamiento de préstamos a los estudiantes que		

			quieran estudiar carreras o especializaciones orientados en forma específica a aplicación en el campo Uso Racional Energía (URE)		
CAMPOS DE APLICACIÓN	El campo de aplicación provisto para la ley 1715 y sus posibles actualizaciones radica en el conjunto de normas y Exenciones fiscales a las cuales tienen derecho personas jurídicas y naturales, que contribuyan al sistema interconectado nacional por parte de su actividad económica aplicando e incentivando a tres grupos u organizaciones productivas, en el uso de fuentes no convencionales de energía.	se aplicará inmediatamente después de emplear con severidad el uso eficiente de energía de fuentes no convencionales, y dar curso a la expedición de la certificación de beneficio ambiental por nuevas inversiones en proyectos FNCER	Fomentar el uso racional y eficiente de la energía, promover la utilización de energías alternativas para el uso eficiente de la energía, la cual está dirigida a todos los actores de la sociedad colombiana empresarial, educativa y estatal.	Este apartado se aplicara exclusivamente a la eficiencia energética en el caso de los aparatos u electrodomésticos y demás elementos que consuman energía eléctrica y que por esta condición sean seleccionados o etiquetados para aprovechar su mayor eficiencia.	Para tal fin y su aplicación directa este decreto establece que los excedentes de autogeneración tienen como finalidad ampliar la capacidad de respaldo de generación de energía.

Tabla 1. Regulación colombiana específicamente en temas relacionados con energías renovables (13)

13. AUTORIA PROPIA, AUTORIA. *REFERENCIA PROPIA.* BOGOTA : S.N., 2018.

	RETIE "REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTACIONES ELÉCTRICAS"	REGLAMENTO TÉCNICO DE ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO - RETILAP	REGLAMENTO TÉCNICO DE ETIQUETADO RETIQ
Disposiciones Legales	En cumplimiento del artículo 2° de la Constitución Nacional, les corresponde a las autoridades de la República proteger a todas las personas residentes en Colombia en su vida, honra y bienes. En tal sentido el Ministerio de Minas y Energía como máxima autoridad en materia energética, adopta los reglamentos técnicos orientados a garantizar la protección de la vida de las personas contra los riesgos que puedan provenir de los bienes y servicios relacionados con el sector a su cargo.	LEY 697 DE 2001 (octubre 3) se decreta: **DECLARACIÓN USO RACIONAL Y EFICIENTE DE ENERGÍA** URE, generación de conciencia URE conocimiento y utilización de formas alternativas de energía. Creación de PROURE. El MME en ejercicio de sus facultades expide el RETILAP mediante la resolución 181331 del 6 de agosto de 2009. A la última fecha el REGLAMENTO ha tenido una serie de modificaciones hasta el último concepto emitido en el año 2016 y discusiones que se han presentado en el transcurso del año 2017	El Ministerio de Minas y Energía expidió el Reglamento Técnico de Etiquetado Energético - RETIQ el 18 de septiembre de 2015. El RETIQ entró en vigencia a partir del 31 de Agosto de 2016 haciendo exigible el porte de etiquetas para equipos de refrigeración doméstica, acondicionadores de aire para recintos, motores monofásicos y trifásicos de inducción, balastos para iluminación fluorescente y lavadora de ropa. Un año después será exigible el porte de etiquetas para equipos de refrigeración comercial, calentadores de agua eléctricos (tipo acumulación), acondicionadores de aire unitarios, calentadores de agua a gas (Tipo acumulación y de paso) y gasodomésticos para cocción de alimentos.
Objetivos Legítimos	En el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE se establecen los requisitos que garanticen los objetivos legítimos de protección contra los riesgos de origen eléctrico.	⇒ La seguridad nacional en términos de garantizar el abastecimiento energético mediante uso de sistemas y productos que apliquen el Uso Racional de Energía ⇒ La protección de la vida y la salud humana. ⇒ La protección de la vida animal y vegetal. ⇒ La prevención de prácticas que puedan inducir a error al usuario. ⇒ La protección del Medio Ambiente	Prevenir prácticas que puedan inducir a error a los consumidores, brindándoles oportunamente información útil relacionada con el desempeño energético de los equipos de uso final de energía, la seguridad nacional en términos de abastecimiento energético mediante sistemas y productos que apliquen URE, Impulsar la utilización de tecnología Eficiente en el país, orientar la preferencia de los usuarios hacia equipos de mejor desempeño e incrementar en el mercado la oferta y la demanda de equipos eficientes en uso final de energía.

	RETIE "REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTACIONES ELÉCTRICAS"	REGLAMENTO TÉCNICO DE ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO - RETILAP	REGLAMENTO TÉCNICO DE ETIQUETADO RETIQ
Objeto	El objeto fundamental de este reglamento 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. Sin perjuicio del cumplimiento de las reglamentaciones civiles, mecánicas y fabricación de equipos.	El presente Reglamento Técnico tiene por objeto fundamental establecer los requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público, tendientes a garantizar: los niveles y calidades de la energía lumínica requerida en la actividad visual, la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos originados, por la instalación y uso de sistemas de iluminación.	El presente reglamento técnico tiene por objeto establecer medidas tendientes a fomentar el uso racional y eficiente de la energía URE, en productos que usan energía eléctrica y gas combustible mediante el establecimiento y uso obligatorio de etiquetas que informen sobre el desempeño de los equipos en términos de consumo energético e indicadores de eficiencia.
	Parámetros mínimos de seguridad	Especificaciones mínimas de sistemas de iluminación, buen desempeño de las instalaciones y requisitos de producto, inculcando en iluminación	

Tabla 2. Regulación específica instalaciones eléctricas (13).

13. AUTORIA PROPIA, AUTORIA. *REFERENCIA PROPIA.* BOGOTA : S.N., 2018.

6.2. VISIÓN Y CERTIFICADOS LEED

La alternativa regulatoria que se propone integrar a la regulación y normativa vista en el apartado anterior es la metodología de certificaciones LEED operaciones y mantenimiento, una cosmovisión desde el punto de vista energético que no solo integra los aspectos de fuentes de energía renovables, sino que lo aplica a todas las actividades que tiene relación con proyectos civiles inmobiliarios, desde una simple construcción de edificios hasta una moderna estructura inteligente.

A continuación, se describen proyectos desarrollados hasta el año 2018 en la ciudad de Bogotá de certificaciones exitosas que trabajan por la sostenibilidad y a la vez productividad.

Centro Comercial Plaza Central

El proyecto se extiende como un complejo de comercio y servicios, con cuatro plantas, dos sótanos y un techo verde en el cuarto nivel. Es un edificio de 205.000 metros cuadrados, de los cuales 75.000 metros cuadrados están dedicados al comercio y 87.000 metros cuadrados de estacionamiento con 1.250 plazas de parqueaderos cubiertas y 450 plazas de parqueo abiertas, así como 135 plazas preferenciales para vehículos verdes. El edificio también cuenta con 43.000 metros cuadrados de servicios y circulaciones más un desarrollo arquitectónico de amplia gama.



Figura 3. Centro Comercial Plaza Central (10)

El proyecto está ubicado a menos de 500 metros de la parada de transporte público, lo cual incentiva el aprovechamiento de este medio de transporte ayudando asi a minimizar emiciones contaminantes

Plaza Central tiene 6.022 metros cuadrados de vegetación nativa a lo largo del nivel del puño y el techo. La mayor parte de la vegetación no requiere riego y la parte que sí utiliza riego por goteo con agua de lluvia. Como resultado, el proyecto ahorra el 100% de agua potable para riego. El proyecto cuenta con un sistema de agua potable con 40 por ciento de ahorro como resultado de la recolección de agua de lluvia y accesorios eficientes.

Adicionalmente el Centro Comercial cuenta con iluminacion LED en casi todas las partes del edificio y utiliza sofisticados controles de iluminación que permiten ahorrar energía. Además, las luminarias fueron diseñadas un 30% más bajo que *ASHRAE 90.1 2007*[*] y toda la iluminación exterior responde a los requisitos obligatorios en iluminación y controles. (14).

Adicionalmente el proyecto cuenta con ventilación natural basada en dos mecanismos, ventilación cruzada y ventilación diferencial de temperatura. Para los sótanos, existe un sistema de ventilación

---

[*] ASHRAE 90.1-2007 (IP) Norma 90.1-2007 (Edición IP) - Norma energética para edificios excepto edificios residenciales de baja altura (aprobado por la ANSI, patrocinado por IESNA) ESTÁNDAR por ASHRAE, 2008

14.USGBC. WWW.USGBC.ORG. [EN LÍNEA] 01 DE 01 DE 2017. [CITADO EL: 01 DE 05 DE 2018.] 'HTTPS://WWW.USGBC.ORG/PROJECTS/CENTRO-COMERCIAL-PLAZA-CENTRAL.

mecánica que inyecta y extrae aire exterior. En todos los sótanos hay un sistema de monitoreo de CO_2. Todo el proyecto tiene excelentes condiciones de calidad ambiental en interiores que ayudan al bienestar y la salud de los ocupantes y visitantes. También hay un sistema de aire acondicionado con dos redes independientes de agua condensada.

Por último, según el modelo energético, el proyecto cuenta con un ahorro de energía del 12% comparado con la línea de base, gracias al rendimiento eficiente de todos los sistemas, a las prácticas sostenibles de construcción y puesta en marcha que generan excelentes condiciones de operación y mantenimiento. En la tabla 3. se establecen los procedimientos tomados por el departamento de ingeniería encargado del desarrollo del proyecto para optimizar al máximo el proyecto del centro comercial plaza central.

Descripción	Optimización energética	Energía renovable	Puesta en marcha mejorada	Medición y verificación	Energía verde
Intención	Para edificios donde el costo de energía del proceso es menos del 25% del costo de energía de construcción de la línea de base, la presentación de LEED debe incluir documentación que acredite que los insumos de energía del proceso son apropiados.	Incentivar y reconocer los niveles crecientes de suministro de energía renovable en sitio para reducir los impactos ambientales y económicos asociados con el uso de energía de combustibles fósiles.	Comenzar el proceso de puesta en marcha a principios del proceso de diseño y ejecutar actividades adicionales una vez que se haya completado la verificación del rendimiento de los sistemas.	Proporcionar la rendición de cuentas en curso del funcionamiento del consumo de electricidad del edificio con el tiempo.	Fomentar el desarrollo y la utilización de tecnologías de energía renovable basadas en la red, basadas en la contaminación neta cero.
Requisitos	- Requiere que el análisis de energía realizado para el Método de Calificación de Rendimiento de Edificios incluya TODOS los costos de energía dentro y asociados con el proyecto de construcción. - Tecnología LED en el	- Utilizar sistemas de energía renovable en el sitio para compensar los costos de energía del edificio. - Calcule el rendimiento del proyecto expresando la energía producida	- Antes del inicio de la fase de documentos de construcción, designe una autoridad independiente de comisionamiento para dirigir, revisar y supervisar la finalización de todas las actividades del proceso de	- Incluya una red de medición electrónica monitorizada centralmente en el diseño del edificio base que pueda ampliarse para acomodar el futuro submétrico del inquilino según lo requerido por LEED 2009. - Realizar al menos un	- Todas las compras de energía verde se basarán en la cantidad de energía consumida, no en el costo.

Descripción	Optimización energética	Energía renovable	Puesta en marcha mejorada	Medición y verificación	Energía verde
	edificio utilizando controles de iluminación que permiten ahorrar energía. Además, las densidades de potencia de iluminación se deben diseñar por debajo de la norma ASHRAE 90.1 2007	por los sistemas renovables como un porcentaje del costo anual de energía del edificio y compararlo con el consumo base sin esta tecnología	puesta en marcha. - Esta autoridad debe informar los resultados, las conclusiones y las recomendaciones directamente al dueño.	contrato de energía renovable de dos años para proporcionar al menos el 35% de la electricidad del edificio a partir de fuentes renovables, tal como se define en los requisitos de certificación de Green-e Energy del Center for Resource Solutions o un equivalente [Europe ACP: Green Power] [América del Sur ACP: Energía Verde] [India ACP: Energía Verde]	
Puntuación	8/21	0/4	2/2	0/2	0/2

Tabla 3. Optimización según LEED (4).

4. U.S . GREEN BUILDING COUNCIL USGBC. FAQ. [EN LÍNEA] HTTP://WWW.USGBC.ORG/.

Google Headquarters Bogotá

Google Headquarters Bogotá es un proyecto de expansión desarrollado por Google.

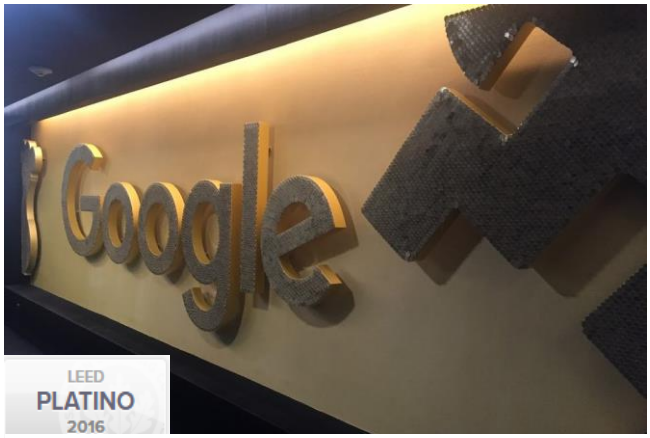


Figura 4.Google Bog. (9) Tomado de: Google Headquartes place

Google refleja la importancia fundamental de la inclusión, la apertura, la ciencia y el compromiso con el medio ambiente. Para google operar la compañía de manera sostenible es un lineamiento esencial desde los comienzos de su invencion.

Selección del sitio: El proyecto se encuentra en los dos últimos pisos del edificio OXO. El proyecto seleccionó este edificio ya que la zona de alquiler, la ubicación, el acceso al transporte público y la proximidad a los servicios básicos proporcionados eran una excelente opción para la Expansión de Google.

El equipo del proyecto logró una mayor ventilación (superior a más del 30 por ciento) en comparación con la asignación ASHRAE 62.1-2007. También logró el rendimiento energético óptimo de los sistemas eléctricos, lo que lo hace un 30 por ciento más eficiente.

Iluminación: El equipo del proyecto logró reducciones significativas (más del 30 por ciento) en la densidad de potencia de iluminación en comparación con la asignación ASHRAE 90.1-2007. Finalmente obteniendo la tarjeta de puntuación que se observa en la tabla 4 clasificada como LEED PLATINO AÑO 2016. (15)

En la tabla 4 se establecen los procedimientos tomados por el departamento de ingeniería encargado del desarrollo del proyecto para optimizar al máximo el proyecto del cuartel general de Google ubicado en la ciudad de Bogotá.

Descripción	Optimización energética-potencia de iluminación	Optimización energética-controles de iluminación	Optimización energética-HVAC	Optimización energética-equipos y electrodomésticos
Intención	Alcanzar niveles crecientes de conservación de energía más allá de la norma de referencia para reducir los impactos ambientales y económicos asociados con el uso excesivo de energía.	Alcanzar niveles crecientes de conservación de energía más allá de la norma de referencia para reducir los impactos ambientales y económicos asociados con el uso excesivo de energía.	Alcanzar niveles crecientes de conservación de energía más allá de la norma de referencia para reducir los impactos ambientales y económicos asociados con el uso excesivo de energía.	Alcanzar niveles crecientes de conservación de energía más allá de la norma de referencia para reducir los impactos ambientales y económicos asociados con el uso excesivo de energía.
Requisitos	- reducción de la	- Sensores de	- Zonificación y	- Para todos los

Descripción	Optimización energética-potencia de iluminación	Optimización energética-controles de iluminación	Optimización energética-HVAC	Optimización energética-equipos y electrodomésticos
	densidad de energía de iluminación por debajo del estándar, lo cual porcentualmente se habla por debajo del 30%	ocupación: (1 punto) Instalar sensores de ocupación para el 75% de la carga de iluminación conectada. - Controles de luz diurna para áreas iluminadas por el día: (1 punto) Instale controles sensibles a la luz del día en todos los espacios con iluminación diurna regularmente ocupados a menos de 4,5 metros de las ventanas y debajo de las claraboyas. Los controles de luz del día deben cambiar o atenuar las luces eléctricas en respuesta a la presencia o ausencia de iluminación diurna en el espacio.	controles apropiados - Cada exposición solar debe tener una zona de control separada. - Los espacios interiores deben estar separados por zonas. - Las oficinas privadas y las ocupaciones especiales (salas de conferencias, cocinas, etc.) deben tener controles activos capaces de detectar el uso del espacio y modular el sistema HVAC en respuesta a la demanda de espacio.	equipos y aparatos elegibles ENERGY STAR® instalados como parte del alcance del trabajo del inquilino, lograr uno de los siguientes porcentajes (por potencia nominal). El equipo que cumple los mismos requisitos que los productos calificados ENERGY STAR® pero no lleva la etiqueta ENERGY STAR® es aceptable. Los proyectos fuera de los Estados Unidos pueden utilizar un equivalente local a ENERGY STAR® (Para el caso Colombia el RETIQ)*.
Puntuación	8/21	0/4	2/2	0/2

Tabla 4.Tarjeta de puntuación energía y atmósfera LEED Platino 85/110. (4)

***ESTE REQUISITO SE APLICA A ELECTRODOMÉSTICOS, EQUIPO DE OFICINA, ELECTRÓNICA Y EQUIPO COMERCIAL DE SERVICIO DE COMIDAS. SE EXCLUYEN HVAC, ILUMINACIÓN Y PRODUCTOS DE ENVOLVENTE DE EDIFICIOS.**

4. U.S. GREEN BUILDING COUNCIL USGBC. FAQ. [En línea] http://www.usgbc.org/.

7. MECANISMOS TÉCNICOS Y TECNOLÓGICOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

A nivel internacional el tema de eficiencia energética y optimización de proyectos en el sector eléctrico 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, adoptó 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. La UPME en conjunto con instituciones universitarias ha venido impulsando estratégicamente el diseño de programas regionales de eficiencia energética, por esto esté capítulo introducirá los medios técnicos que representan un pilar esencial en el desarrollo de metodologías que, en el caso de las instalaciones institucionales, son herramientas útiles. (11)

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 5, 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 es 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 5. Factores de incidencia. (13)

En su mayoría los autores abordan el desarrollo de un sistema de gestión energética por sus siglas SGE con el objetivo de optimizar los consumos dentro de la organización o conjunto. En la figura 5 puede verse el diagrama general de diagnóstico planteado al desarrollo de un SGE, como se explicará más adelante el compromiso como institución, al igual que las metas y la

13. AUTORIA PROPIA, AUTORIA. *REFERENCIA PROPIA.* BOGOTA : S.N., 2018.
11. SAMA. *OPTIMIZACIÓN DEL USO DE LA ENERGÍA EN EDIFICIOS: DESARROLLO DE INTERFAZ PARA ENERGYPLUS.* s.l. : Universidad Nacional de San Juan, 2014.

retroalimentación permitirán la implementación de las tecnologías y las mejoras que haya lugar para la optimización del sistema.

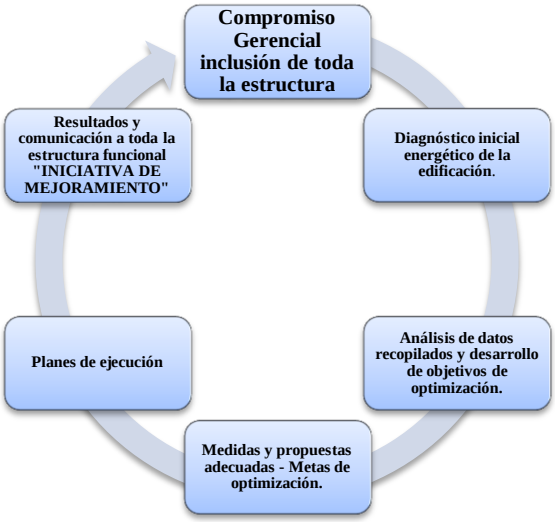


Figura 5. Diagrama de diagnóstico energético (22)

7.1. MEDIOS TÉCNICOS

7.1.1. 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 en un criterio de eficiencia y manejo de la energía reactiva conducentes 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*" (16). El reglamente no presenta alternativas ni requisitos de mejoras de consumo energético, pero, al darse cumplimiento se garantiza una instalación adecuada. En la tabla 6 se presentan las adecuaciones recomendadas inicialmente para tener en cuenta en las 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

16. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. *RETIE*. BOGOTÁ : S.N., 2015.
22. ISO. ENERGY MANAGEMENT SYSTEMS - REQUIREMENTS WITH GUIDANCE FOR USE. S.L. : ISO , 2011.

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. Esta recomendación será analizada con más detalle en la siguiente sección.
Reducción de Consumo	Actualmente se recomienda según varios estudios mínimos el uso de tecnología Fluorescente compacta o el uso masivo de tecnología LED que en iluminación interior presenta mejores ventajas como: Vida util Potencias IRC Eficacia Precio
Costo	Analizar Varias Marcas en el mercado

Tabla 6. Adecuaciones recomendadas (13)

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 6. (17), donde aproximadamente un 50 % de la instalación tiene aportes significativos del sistema de iluminación y equipos de climatización (cuando aplique).

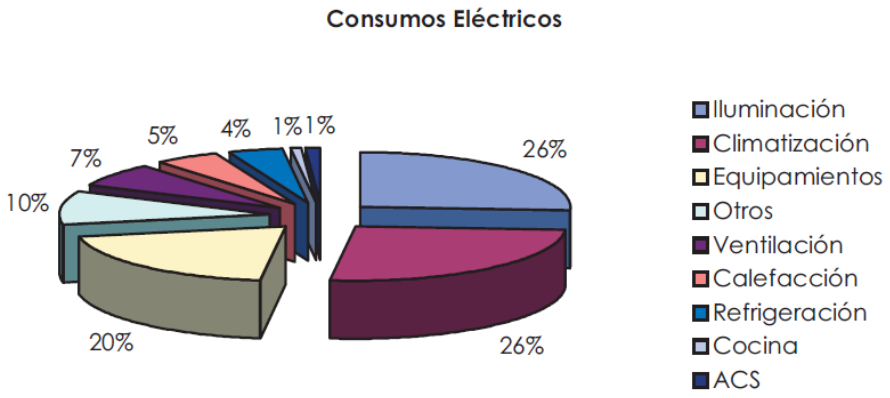


Figura 6. Gastos de energía para instalaciones institucionales. Tomado de: (18)

13. AUTORIA PROPIA, AUTORIA. *REFERENCIA PROPIA.* BOGOTA : S.N., 2018.
17. TURNER, WAYNE C. ENERGY MANAGMENT HANDBOOK. STILLWATER, OKLAHOMA : EDITORIAL BOARD.
18. CIRCUTOR. GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA. España: s.n., 2016.

El sistema de iluminación sería el sistema a optimizar inicialmente, los avances tecnológicos es este campo permitiran una reducción considerable en los gastos de energía relacionados con este, en segunda instancia los sistemas de climatización pueden tener una mayor repercusión en las áreas de clima cálido existentes en el territorio nacional. A continuación, se describen los diferentes métodos para optimización energética

7.1.2. 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.

7.1.3. Optimización tarifaria

Para conseguir una adecuada optimización en las tarifas de energía eléctrica, se deben identificar los conceptos en los cuales se pueden obtener mayores ahorros. En la figura 7, se describe un recorte característico a una factura de energía de determinando organización.

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 término de potencia en algunos casos puede llegar a una disminución de la potencia instalada de hasta el 10 % donde se incluyen todos los gastos de energía presentes en la figura 6. El término 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 reactivo" 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 de gran impacto en instalaciones institucionales como lo es en industrias



Figura 7.Reducción de consumos a través de la selección de indicadores tarifarios. (19)

19. ISO. *ENERGY MANAGEMENT SYSTEMS - REQUIREMENTS WITH GUIDANCE FOR USE.* S.L. : ISO , 2011.

7.1.4. 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 7 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. 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 costo 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 costo 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 costo 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 GENERACIÓN 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 7. Optimización en instalaciones (13)

13. AUTORIA PROPIA, AUTORIA. *REFERENCIA PROPIA.* BOGOTA : S.N., 2018.

7.2. MEDIOS TECNOLÓGICOS

7.2.1. 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 (12)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 8.

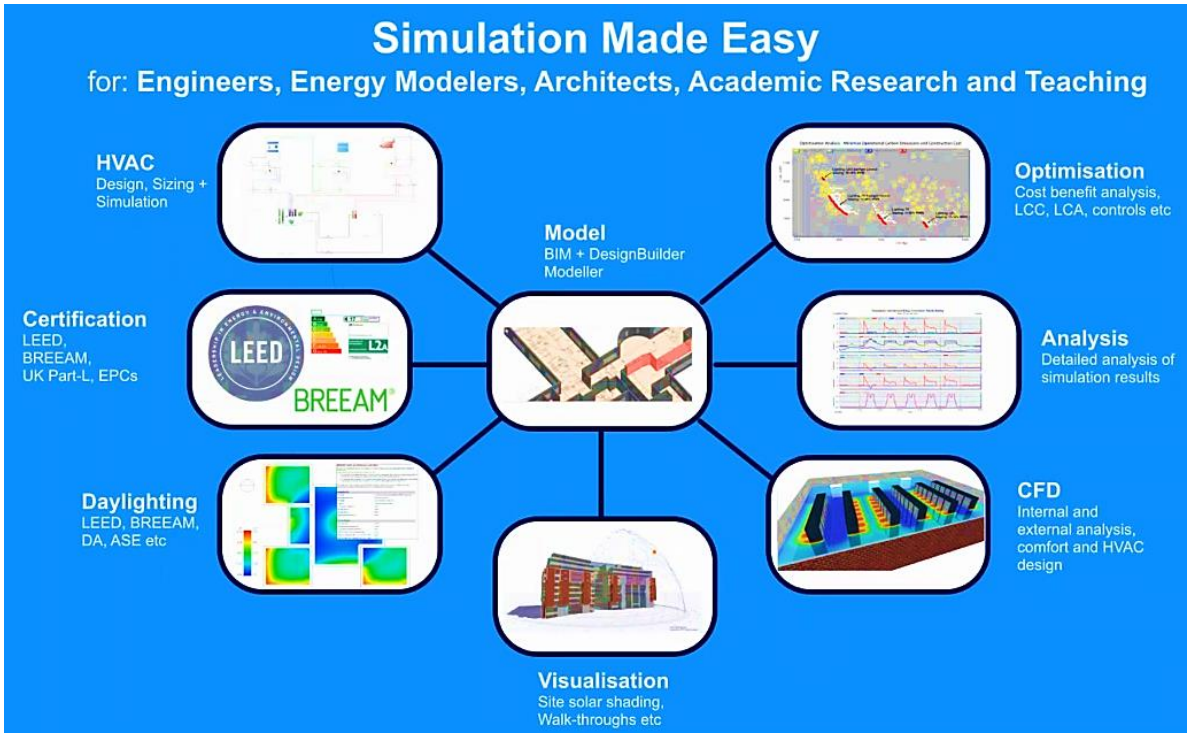


Figura 8. Flujo de trabajo para la optimización del desempeño energético en edificios tomado de: (20) .

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 10, 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".* (12) Por esto la optimización a través de herramientas de ofimática se incluye como método probado y puesto en práctica con proyectos de gran envergadura.

12. SAMA. *OPTIMIZACIÓN DEL USO DE LA ENERGÍA EN EDIFICIOS: DESARROLLO DE INTERFAZ PARA ENERGYPLUS.* s.l. : Universidad Nacional de San Juan, 2014.
20. Webinar Recording: DesignBuilder and Rapid Early-stage Analysis to Detailed Performance Modeling. Association, International Building Performance Simulation. The United States Regional Affiliate of IBPSA : s.n., abril 28, 2016.

7.2.2. Gestión de la demanda

Como se veía anteriormente existen diversos medios técnicos y conceptos que además de conseguir una 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 9 se reducen los conceptos abordados en este capítulo y los medios técnicos más adecuados para su implementación.

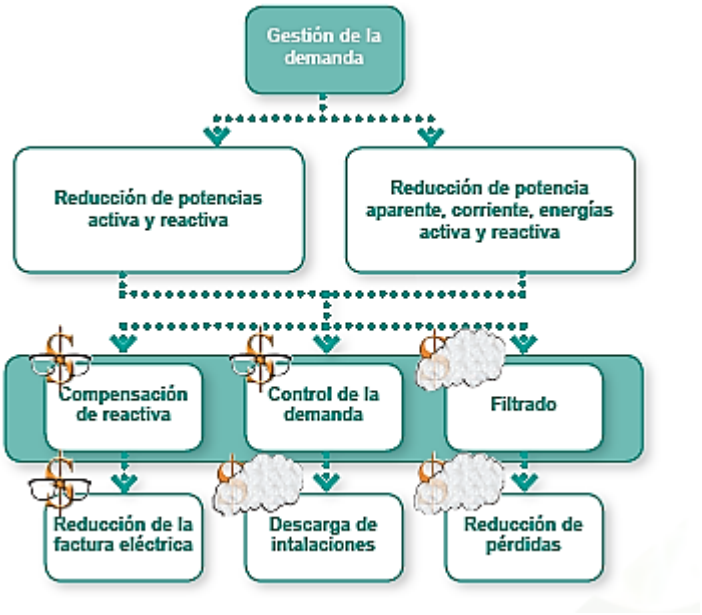
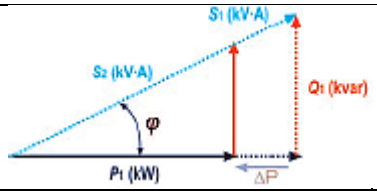


Figura 9. Flujo de trabajo gestión de la demanda en edificios tomado de: (18).

la reducción del costo técnico, como se observa en la tabla 8, 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		$Peficiente = Pactual - Ppunta - Pérdidas$

18. SAMA. *OPTIMIZACIÓN DEL USO DE LA ENERGÍA EN EDIFICIOS: DESARROLLO DE INTERFAZ PARA ENERGYPLUS.* s.l. : Universidad Nacional de San Juan, 2014.

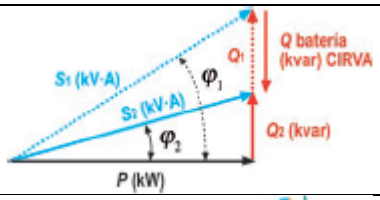
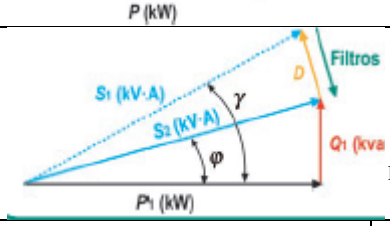
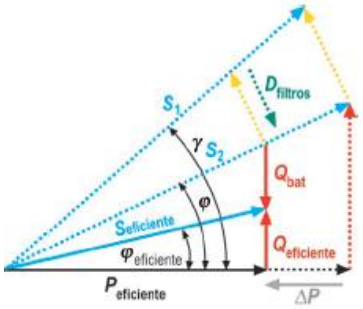
		Disminución de la potencia Reactiva Q	Compensación De potencia reactiva	BCON	 $Qnueva = S1\ (\frac{Cosj1}{Cosj2})$	
		Disminución de potencia de la distorsión	Filtrado de armónicos	FARM		Reduccion factor de sobrecarga Fc=S1/S2=I1/I2
		Equilibrado de Fases	- Compensación activa de potencia reactiva inteligente. - 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 BACOF ARMN	I eficiente < I	
		Pérdidas magnéticas en el transformador	Reduccion del factor K		Aumento Sout transformador	Sout = Strans/K
	Aumento rendimiento de los transform	Disminucion S índice de carga C y perdias equilibrado	Reducción del factor K		$h(\%) = \frac{C \cdot S \cdot \cos\varphi}{C \cdot S \cdot \cos\varphi \cdot P_F \cdot K + C^2 \cdot P_J}$	
	Disminución de caídas de tensión.	Disminución S Equilibrado			$DU = Z \cdot I_{eficiente}$ $I_{eficiente} <<< I$	

Tabla 8. Cuadro de métodos de gestión de la demanda elaboración propia fuente (18)

De acuerdo a lo anterior y según la acción a implementar, los métodos de gestión descritos en la tabla 8 corresponden a aspectos de calidad de energía en instalaciones, el propósito es disminuir al máximo las pérdidas que haya 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.

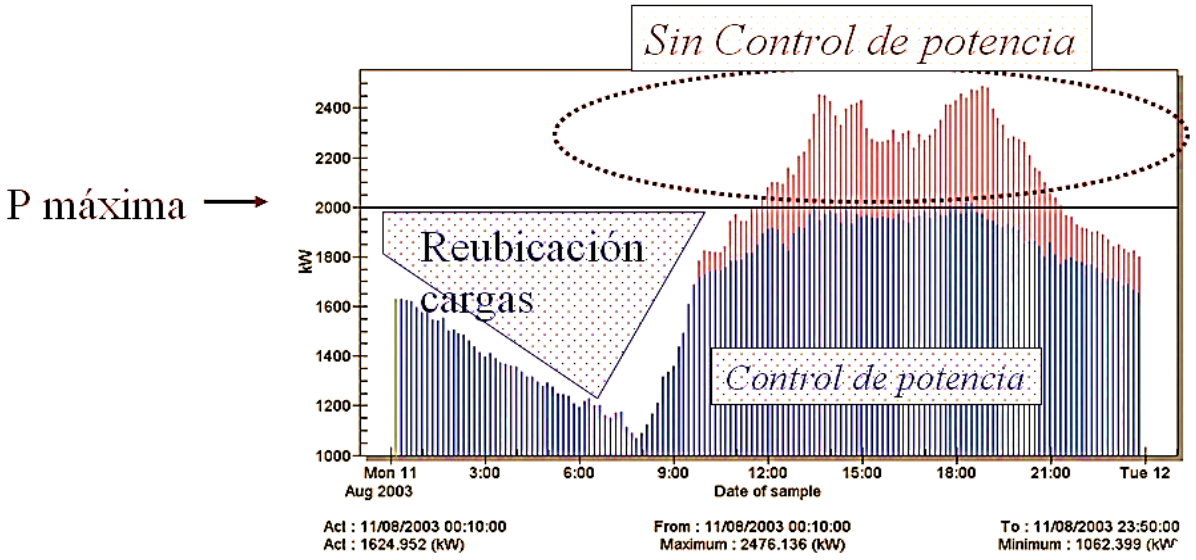


Figura 10. Sistema de control de máxima demanda CPP con la reubicación de cargas estratégicas tomado de: (18).

7.3. VENTAJAS ADQUIRIDAS CON LA IMPLEMENTACIÓN TECNOLOGICA

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. En el presente documento capítulo 4 ya se han descrito requisitos a nivel energético que cumple esta edificación, no obstante, los traeremos a colación nuevamente para verificar y comprobar con más detalle las soluciones que propusieron y adoptaron en esta edificación en temas como iluminación, calefacción y ahorro de energía.

> Plaza central […] tiene tecnología LED en casi todas las partes del edificio y utiliza controles de iluminación sofisticados que representan el ahorro de energía. Además, las densidades de potencia de iluminación se diseñaron un 30% por debajo de los prerrequisitos citados por LEED y toda la iluminación exterior responde a los requisitos obligatorios de iluminación y controles. 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.
>
> Adicionalmente, 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. En todos los sótanos hay un sistema de monitoreo de

CO. Todo el proyecto tiene excelentes condiciones de calidad ambiental interior que ayudan al bienestar y la salud de los ocupantes y visitantes. También hay un sistema de aire acondicionado con dos redes independientes de agua condensada.

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.

- ✓ Los sistemas de aire acondicionado instalados en el proyecto usan refrigerantes libres de CFCs, que no afectan la capa de ozono.
- ✓ Los equipos del sistema de ventilación utilizan motores eléctricos de alta eficiencia, reduciendo el consumo eléctrico mientras se mantienen las condiciones de confort al interior del centro comercial.
- ✓ El centro comercial utiliza estrategias de ahorro energético que le permiten ser un 16% más eficiente que un edificio de uso y dimensiones similares.
- ✓ 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.
- ✓ 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 (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 11 se especifica una arquitectura básica para ser controlada por el sistema BMS.

15. TURNER, WAYNE C. ENERGY MANAGMENT HANDBOOK. STILLWATER, OKLAHOMA : EDITORIAL BOARD.

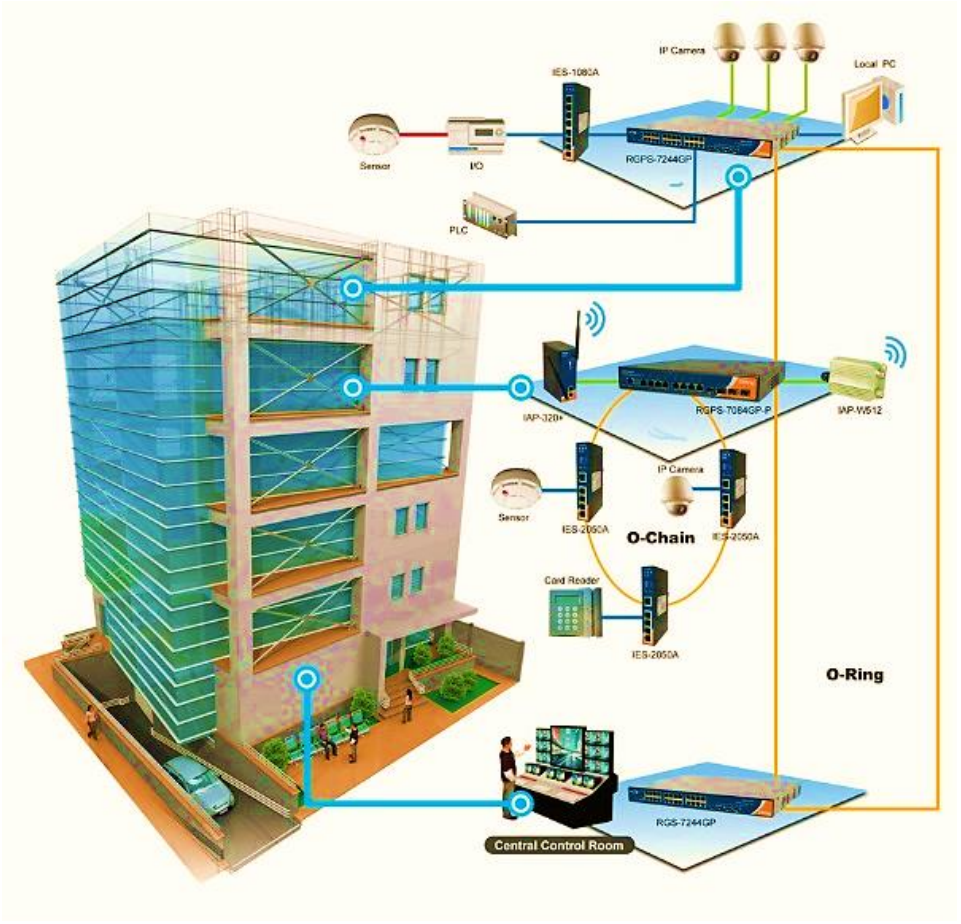


Figura 11. Arquitectura del sistema (21).

21. ENCON. Plataformas de integración . [En línea] 01 de 01 de 2018. [Citado el: 28 de 11 de 2018.] http://www.encon.com.co/soluciones/plataformas-de-integracion/.

8. 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). (22)

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 observados 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.

8.1. 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.

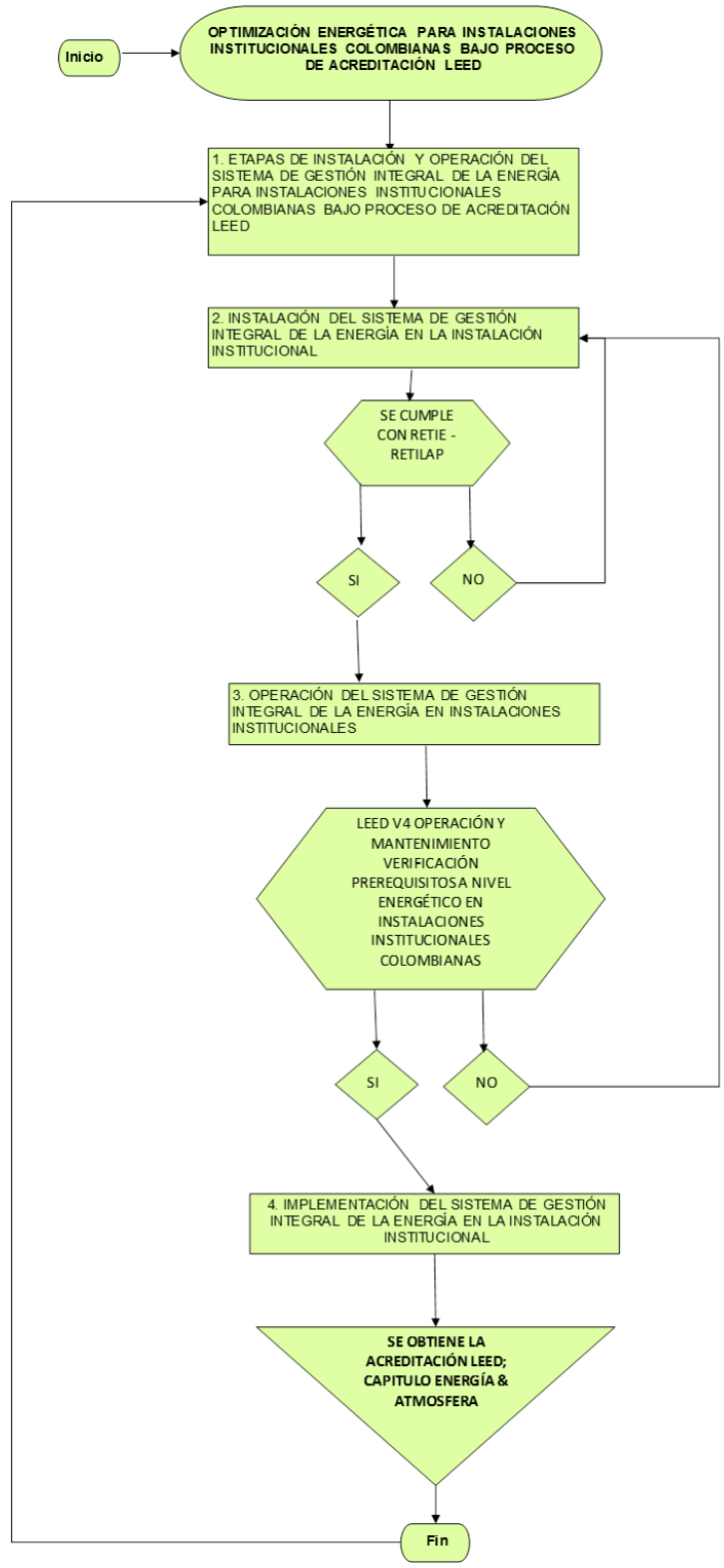


Figura 12. Modelo sistema SGE Norma Iso 50001 (22)

22. ISO. *ENERGY MANAGEMENT SYSTEMS - REQUIREMENTS WITH GUIDANCE FOR USE.* S.L. : ISO , 2011.

8.2. PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA.

La planificación energética como punto de partida del ciclo PHVA implicará 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 tabla 9 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. (22).

8.3. IMPLEMENTACIÓN 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 Figura 13 se presentan los resultados y registros esperados en cada una de las actividades. (22)

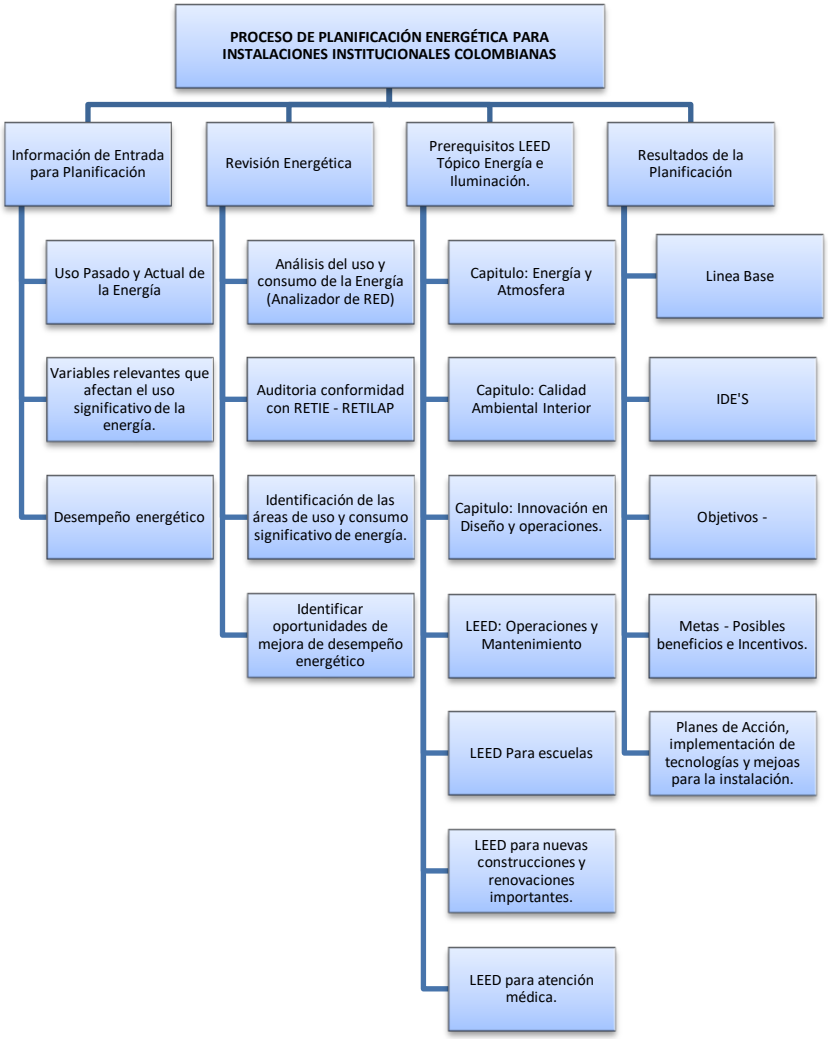


Figura 13. Diagrama conceptual proceso de planificación energética (13)

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 energéticade 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 9. Etapa I decisión estratégica metodología para optimización. (13)

Luego de desarrollar lo establecido en la tabla 10 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 11.

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.	~ 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.

Etapa 2. Instalación del Sistema de Gestión Integral de la Energía en la Instalación Institucional		
Actividad	**Resultados Esperados**	**Registro**
	~ • Identificación de Proyectos asociados a las variables de control.	~ 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 equi pos, de la tecnología, recuperaciónde 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 RETILAP – 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 URE	~ 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 validaciónde la ges tión 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.	~ Protocolo de conformación o actualizacióntiva asesora. ~ Protocolo de definición de política, objetivos y metas a nivel de empresa. ~ Protocolo de alineación del SGIE en la

Etapa 2. Instalación del Sistema de Gestión Integral de la Energía en la Instalación Institucional		
Actividad	**Resultados Esperados**	**Registro**
	~ Definición de la política energética, objetivos, metas de consumo y de reducciónde 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).	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 10. Etapa 2. Instalación del sistema de gestión integral de la energía en la instalación institucional. (13)

La tabla 12 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,	Cambio y consolidación de hábitos operacionales, de mantenimiento, de	~ •Gráficos de tendencia y base 100 en los software de

Etapa 3. Operación del Sistema de Gestión Integral de la Energía en Instalaciones Institucionales.		
Actividad	**Resultados Esperados**	**Registro**
producción y coordinación alta dirección	producción y de coordinación hacia las mejores prácticas al nivel táctico.	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 11. Etapa 3. Operación del sistema de gestión integral de la energía en instalaciones institucionales. (13).

Finalmente, para el proceso correspondiente a la etapa dos se deben corroborar los prerrequisitos y créditos que se observan en la tabla 13 verificaciones operaciones y mantenimiento, esto con el fin de dar cumplimiento a la metodología de optimización.

Sub etapa 2. LEED V4 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO VERIFICACÌÓN PREREQUISITOS A NIVEL ENERGÉTICO EN INSTALACIONES INSTITUCIONALES				
CAPÍTULO 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 PRÁCTICAS DE	~ Auditoria Energética que cumpla los requisitos del análisis preliminar de consumos de energía de ASHRAE		Promover la continuidad de la información para

Sub etapa 2. LEED V4 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO VERIFICACÌÓN PREREQUISITOS A NIVEL ENERGÉTICO EN INSTALACIONES INSTITUCIONALES				
CAPÍTULO LEED V4 BO M	**Crédito // Prerrequisito**	**Requisito**	**Puntos Posibles**	**Propósito**
	GESTIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA	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.		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	2 puntos	Usar el proceso de recepción del edificio para mejorar la operación, la eficiencia energética y de recursos del edificio.

Sub etapa 2. LEED V4 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO VERIFICACÌÓN PREREQUISITOS A NIVEL ENERGÉTICO EN INSTALACIONES INSTITUCIONALES				
CAPÍTULO LEED V4 BO M	**Crédito // Prerrequisito**	**Requisito**	**Puntos Posibles**	**Propósito**
		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.		
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 D *puntos para la clasificación de la eficiencia de ENERGY STAR* ~ CASO II Proyectos no · elegibles para la clasificación energy star. Anexo D 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)	1-3 puntos	Incrementar la participación en tecnologías y programas de

Sub etapa 2. LEED V4 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO VERIFICACÌÓN PREREQUISITOS A NIVEL ENERGÉTICO EN INSTALACIONES INSTITUCIONALES				
CAPÍTULO LEED V4 BO M	**Crédito // Prerrequisito**	**Requisito**	**Puntos Posibles**	**Propósito**
		~ CASO 3: Desplazamiento permanente de cargas (2 puntos		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: $Puntos = \frac{\%\ Energia\ Renovable\ generado}{1{,}5\%} + \frac{\%energia\ \frac{comprada}{compensadad}}{25\%}$	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.	1-2 puntos	Promover el bienestar, la productividad y el confort de los ocupantes brindando una iluminación de alta calidad.

Sub etapa 2. LEED V4 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO VERIFICACÌÓN PREREQUISITOS A NIVEL ENERGÉTICO EN INSTALACIONES INSTITUCIONALES				
CAPÍTULO LEED V4 BO M	**Crédito // Prerrequisito**	**Requisito**	**Puntos Posibles**	**Propósito**
		~ -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.		

Tabla 12. Sub Etapa 2. LEED V4 Operación y mantenimiento verificaciòn prerequisitos a nivel energético en instalaciones institucionales. (13).

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 tabla13.

13. AUTORIA PROPIA, AUTORIA. *REFERENCIA PROPIA.* BOGOTA : S.N., 2018.
20. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. *REGLAMENTO TÉCNICO D ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO.* BOGOTÁ : S.N., 2013.

9. PROCESO DE PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA OPTIMIZACIÓN PARA LA INSTALACIÓN DEL BLOQUE CINCO FACULTAD TECNOLÓGICA BAJO ACREDITACIÓN LEED.

El desarrollo de este proceso de planificación energética tiene como objetivo principal preparar la instalación del bloque cinco para una posible acreditación LEED como instalación institucional colombiana, basándose en la estructura de la metodología planteada se procede a ejecutar el proceso de planificación inicial para la edificación. No solo este proceso 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.

9.1. PROCEDIMIENTO RESUMIDO AUDITORIA ENERGÉTICA, INSTALACIÓN BLOQUE CINCO FACULTAD TECNOLÓGICA.

El procedimiento de auditoria realizado tiene como punto de partida el ciclo PHVA, tal como se indica en el índice 6.2 planificación energética de esta investigación. Los tópicos son los siguientes:

9.1.1. Información de entrada para planificación

La información de entrada se basa en los criterios de uso pasado y actual de la energía, variantes relevantes del uso de la energía del bloque cinco y el desempeño energético de la instalación, como la anterior información no se evidenciaba en una base de datos seria o una correspondiente revisión anterior de la instalación se procede a realizar un levantamiento de la información con los siguientes criterios:

a) Uso pasado y actual de la energía

En este caso se realiza el procedimiento de medición IEEE Std 1159-1995 - IEEE (*Recommended Practice for monitoring Electric Power Quality)* a través de un analizador de calidad de energía especificando las siguientes variantes:

- P, Q, S
- Armónicos presentes en la instalación.
- F.P
- Energía Activa y Energía Reactiva.

Con las condiciones anteriores la información suministrada durante el periodo de medición, permitió establecer IDE'S y líneas bases del consumo de la instalación.

b) Análisis fotométrico de la instalación

Durante la identificación de los usos y centros de consumo de la instalación se evidencio que uno de los mayores consumos se encuentra en la iluminación por lo tanto se procede y por criterio de establecer prerrequisitos normativos como RETILAP y PREREQUISITOS LEED se procede a realizar mediciones fotométricas de todas las zonas y locales presentes en la instalación. El procedimiento anterior se realiza bajo la recomendación establecida en el RETILAP en la sección 490 procedimiento para las mediciones fotométricas en iluminación interior. Las variables significativas para este proceso son:

- Iluminancia promedio horizontal. Eprom
- Uniformidad General min/med Uo %

c) Planimetría redes secas y arquitectura de la instalación.

Para el tema de planimetría de redes secas y arquitectura de la instalación del bloque cinco, se tramito a través de la oficina de planeación y control de recursos físicos el acceso a la documentación CAD existente y que en algunos casos se encuentra desactualizada. Durante el proceso de levantamiento se realizó una rectificación y corrección de estos planos desactualizados.

d) Simulación energética de la instalación

En este punto se procede a realizar una simulación de la instalación con el propósito de identificar zonas con pérdidas de energía, identificando el parámetro de iluminancia en las zonas circundantes y el W/m2 que representa en la vista en planta a través del software DIALUX EVO V8.

9.1.2. Revisión Energética

Ya con la información de entrada recolectada anteriormente se procede a realizar el análisis correspondiente que se compone de los siguientes ítems bajo el proceso de auditoría, hay que tener en cuenta que este proceso se basa en las recomendaciones de la ISO 50001 adaptadas y adecuadas para la certificación de instalaciones bajo proceso de acreditación LEED, los ítems son:

a) Análisis del uso y consumo de energía

Con la información suministrada en el levantamiento y recolección de la información se procede a generar gráficos y esquemas de comparación con datos importantes de consumo, como es el historial de consumo semanal del edificio.

b) Conformidad con RETIE – RETILAP.

Se realiza un check list para evidenciar si la instalación cumple con los requisitos mínimos establecidos RETIE para instalaciones de uso final, para este caso se establecen correctivos que debe realizar la oficina de mantenimiento para dar cumplimiento. Seguido a lo anterior se realiza un análisis de los valores fotométricos obtenidos en correspondencia con los requisitos establecidos en el capítulo 4 del reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP, se evidencia que en la mayor parte de los locales o áreas hay deficiencia de iluminación en la instalación (13).

c) Identificación de las áreas de uso y consumo significativo.

Finalmente, después de los análisis anteriores se establece que una de las áreas de mayor consumo corresponde al sistema actual de iluminación que en su mayor parte se encuentra en tecnología fluorescente en contraste con la tecnología LED instalada.

d) Identificación de oportunidades de mejora de desempeño energético.

Como una de las mayores áreas de consumo energético de la instalación corresponde a la iluminación, se procede a proponer un mejoramiento de la instalación con la modernización total de todo el alumbrado interno y la instalación de un sistema de control DALI zonificado, el cual en el análisis de prefactibilidad se presenta como una excelente alternativa para un ahorro de hasta casi la mitad del consumo actual.

13. AUTORIA PROPIA, AUTORIA. REFERENCIA PROPIA. BOGOTA: S.N., 2018.

9.2. INFORMACIÓN DE ENTRADA PARA LA PLANIFICACIÓN.

Política Energética

~ Desde un comienzo la Universidad, específicamente la Facultad Tecnológica 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 Tecnología en electricidad e ingeniería Eléctrica por ciclos, 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:

(a) 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 diferentes proyectos curriculares de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital, como se observa en los cuadros de cargas existentes, Anexo E Plano Eléctrico Bloque cinco Facultad tecnológica.dwg, 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.

(b) 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 (Índices Energéticos), y la conformación de un equipo de profesionales cuyo objetivo es identificar las acciones continuas el mejoramiento de la instalación y la producción de nuevos métodos para la reducción del consumo de la energía eléctrica.

(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.

9.3. AUDITORÍA 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 evidenció una combinación entre tecnología LED y tecnología fluorescente. Las mediciones efectuadas arrojaron los resultados mostrados a continuación, 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, el luxómetro de referencia EXTECH 4070 con certificado de calibración vigente al año 2018. A continuación, en las tablas 14, tabla 15, tabla 16 y tabla 17 se resume esta medición fotométrica inicial.

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	335	46	100	>= 50
	Baño Privado			150	>= 50
	Laboratorios Hidráulica	497	41	500	>= 50
	Laboratorios de Estructura	508	40	500	>= 50
	Laboratorios de Suelos y Pavimentos	381	48	500	>= 50
	Laboratorio Especializado de Compatibilidad y Alta Tensión.	615,66	69,36	500	>= 50
		320,19	53,09	500	>= 50

Tabla 13. Medición fotométrica piso uno bloque 5 Facultad Tecnológica. (13)

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	259	25	500	>= 50
	Salón de Software Aplicado Civiles	267	29	500	>= 50
	Sala de Profesores Ing. Civil	264	29	500	>= 50
	Hall Mezzanine	176	57	150	>= 50

Tabla 14. Medición fotométrica piso mezzanine bloque 5 Facultad Tecnológica. (13)

PISO	RECINTO	Nivel de Iluminancia	Uniformidad Uo	Niveles de Referencia	Uo (min/med)

13. AUTORIA PROPIA, AUTORIA. *REFERENCIA PROPIA.* BOGOTA : S.N., 2018.

		Medida Lx	(min/med) medida %	Iluminancia [lx] RETILAP Medio*	%
DOS	HALL	393	24	500	>= 50
	Hall Baños	199	29	100	>= 50
	Baños Hombres	298	41	150	>= 50
	Baños Mujeres	227	32	150	>= 50
	Almacén de Química	289	35	150	>= 50
	Cuarto Oscuro	270	29	500	>= 50
	Laboratorio de Circuitos Impresos	398	47	500	>= 50
	Laboratorio de Física de Ondas	375	50	500	>= 50
	Oficina de Laboratorios circuitos Impresos	308	39	500	>= 50
	Oficina de Laboratorio de Química	350	66,35	500	>= 50
	Laboratorio de Química Básica	310	28	500	>= 50
	Laboratorio Física Mecánica y Electromagnetismo	352	19	500	>= 50
	Oficina y Almacén de Física	316	19	500	>= 50

Tabla 15. Medición fotométrica piso dos bloque 5 Facultad Tecnológica. (13)

PISO	RECINTO	Nivel de Iluminancia Medida Lx	Uniformidad Uo (min/med) medida %	Niveles de Referencia Iluminancia [lx] RETILAP Medio*	Uo (min/med) %
TRES	HALL	131	40	500	>= 50
	Cuarto de Control	82,7	60		
	Aula 301	358	18	500	>= 50
	Aula 302	394	44	500	>= 50
	Sala de Software Ciencias Básicas	440	23	500	>= 50
	Bodega Lab.Idustrial	239,5	51,77	150	50
	Laboratorio Altamente Automatizado	349,263	39,80	500	>=50

PISO	RECINTO	Nivel de Iluminancia Medida Lx	Uniformidad Uo (min/med) medida %	Niveles de Referencia Iluminancia [lx] RETILAP Medio*	Uo (min/med) %
	HAS 200				
	Laboratorio Altamente Automatizado FSM 200	338,31	50,25	500	>=50
	Cuarto de Control	82,7	60	150	>=50
	Oficina Revista Tec 1	363	31	500	>= 50
	Oficina Revista Tec 2	384	27	500	>= 50
	Sala de Juntas	271	29	500	>= 50
	Oficina Revista Tec 3	182	25	500	>= 50
	Oficina Revista Tec 4	207	22	500	>= 50
	Oficina Lab Ing de Producción y Tec Industrial.	212,1	45,73	500	50

Tabla 16. Medición fotométrica piso tres bloque 5 Facultad Tecnológica. (13)

De acuerdo a lo evidenciado se observa que en la gran mayoría de espacios que conforman la edificación no se evidencia conformidad con los niveles de iluminancia media establecida y recomendada en el RETILAP, los factores que pueden incidir directamente sobre estos niveles de iluminación son la fotometría no adecuada para espacios de aulas educativas y la falta de un cronograma de mantenimiento preventivo en la instalación.

Análisis del consumo de potencia activacaracterización 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 14 muestra el perfil de carga de la instalación.

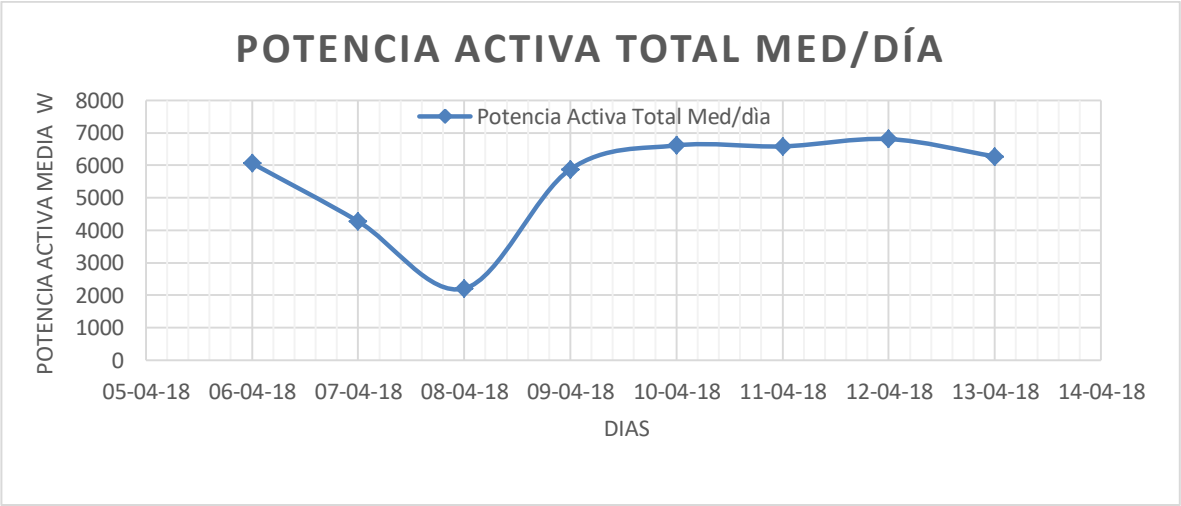


Figura 14. Potencia Activa Total Med/día (13).

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

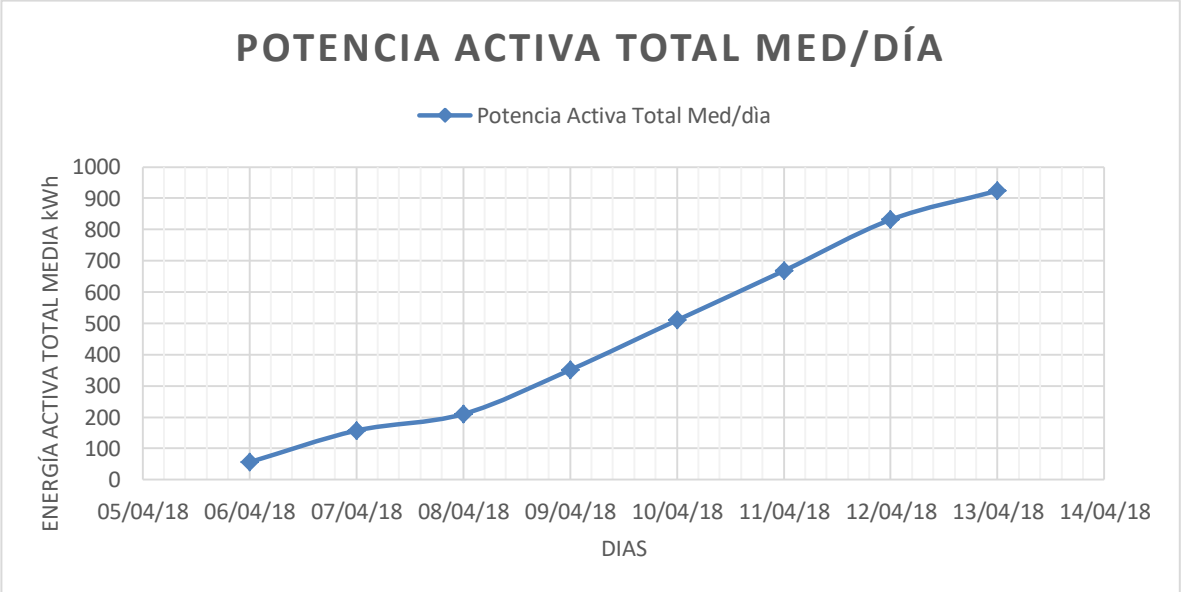


Figura 15. Energía Activa total Med/día. (13)

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:

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

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

Para un costo mensual

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

$$Costo\ Mensual\ Bloque\ 5 = \$1'480.752\ pesos$$

Como se había observado en el numeral 7.2 y de acuerdo a la auditoria en la instalación de iluminación del edificio, la carga total equivalente se discrimina en la tabla 18, por tecnologia

Cantidades	Luminaria	Flujo Eficiente lm	Potencia Unitaria W	Eficacia luminosa lm/W	Pérdidas Unitarias W
14	LED LUMINARIA INDUSTRIAL 	20996	175	120	(Pérdidas driver +/- 5%)
132	LUMICEL 60X60 4x17W T8 REJILLA ALUMINIO ESPECULAR DE 16 CELDAS (4x4) PARA INCRUSTAR 	2779	68	40,9	6,8 W Balasto Electromagnético (+/- 10% Pérdidas Electromagnéticas)
11	STAND LUMINARIA INDUSTRIAL 20x120 -2x32W T8 PARA SOBREPONER 	4245	64	66,3	6,4 W Balasto Electromagnético (+/- 10% Pérdidas Electromagnéticas)
16	STIL LED BALA STIL FLAT EPISTAR 32W 6500 K	2956	32	93,6	(Pérdidas driver +/- 5%)

Tabla 17. Luminarias instaladas en la actualidad en el bloque cinco. (13).

Para el total de potencia instalada dada por la tabla 19.

Total, Luminarias	Potencia Instalada KW + Pérdidas Electromagnéticas	Área Útil Bloque 5 m2
173	12,642 KW + 0,968 KW	1.670 m2

Tabla 18. Potencia instalada en iluminaciones más pérdidas electromagnéticas de la instalación del bloque 5 (13)

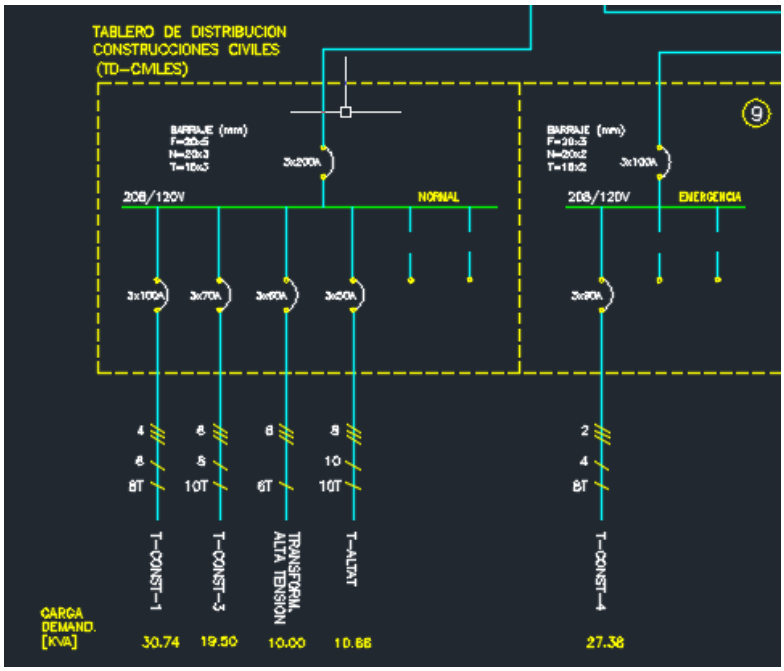


Figura 16. Diagrama unifilar bloque cinco. (13)

De acuerdo al siguiente diagrama unifilar que se observa en la figura 16 el tablero de distribución de construcciones civiles se tiene instalada una carga nominal de demanda de **70,9 kVA.** Con estos datos conocidos y con factor de potencia cercano a la unidad, de acuerdo a lo obtenido con los datos del analizador de red, se procede a construir el diagrama de consumos energéticos del edificio bloque 5 Facultad Tecnológica que se observa en la figura 17.

13. AUTORIA PROPIA, AUTORIA. *REFERENCIA PROPIA.* BOGOTA : S.N., 2018.

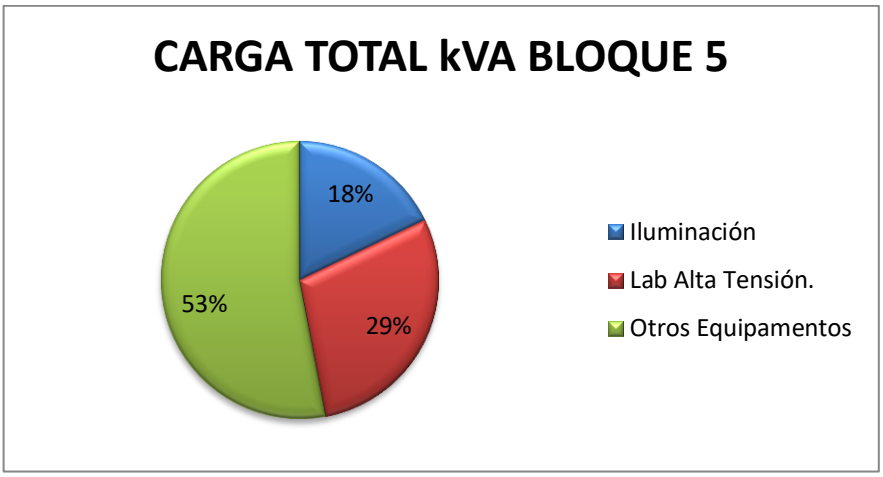


Figura 17. Distribución de carga discriminada para el bloque 5. (13)

Cabe resaltar que en la sección correspondiente a otros equipamientos se encuentran equipos de cómputo, sistemas de refrigeración, HVAC mínimo y equipos de laboratorio de baja potencia en las áreas de física y química. La iluminación puede ser inicialmente uno de los medios con los cuales se pueda reducir la carga total del edificio ya que actualmente se posee un gran porcentaje de este en tecnología fluorescente y que además tiene una fotometría no adecuada para aulas y zonas de laboratorio en el ámbito universitario. En el capítulo 8 se presentará la evaluación técnica de un método de mejora para la iluminación al igual que un diseño preliminar de un sistema de energía alternativa para lograr una mayor puntación en los requisitos LEED.

9.4. CONFORMIDAD INSTALACION BLOQUE CINCO CON LOS REQUISITOS RETIE – RETILAP

De acuerdo a lo desarrollado en la metodología de optimización para poder evaluar de forma clara debe realizarse el checklist correspondiente a la instalación del bloque cinco, resaltando que en su gran mayoría las aulas y los laboratorios tienen problemas de iluminación y en algunos casos problemas de UGRL. Para la parte RETIE la tabla 20 muestra los resultados de conformidad correspondiente con el reglamento.

Articulo 10.1 RETIE 2013			
Ítem	**Aspecto**	**SI**	**NO**
a	Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos	Se cumple con un cuadro de cargas básico al ser una instalación eléctrica no tan detallada	
b	Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico		N.A El nivel de aislamiento no justifica un estudio de coordinación.
c	Análisis de cortocircuito y falla a tierra		No hay un análisis de Cortocircuito
d	Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos		No hay un análisis de Nivel de Riesgo.
e	Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos		No hay un análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigación.
f	Análisis del nivel tensión requerido		El Nivel de Tensión para este proyecto

Articulo 10.1 RETIE 2013			
Ítem	**Aspecto**	**SI**	**NO**
			es el estipulado según la Factibilidad del operador de RED
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		No aplica para este proyecto, debido a este cálculo aplica para tensiones superiores a 57,5 kV según el Artículo 14.4 del RETIE 2013
h	Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga		No se incluye cálculo de Transformadores de distribución.
i	Cálculo del sistema de puesta a tierra		No se incluye 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		No se incluye cálculo económico de conductores.
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		No se incluye cálculo
l	Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos		No se incluye cálculo
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		No se incluye cálculo
n	Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.)	Se incluye estudio de canalización y ductos para la instalación del bloque cinco.	
o	Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia		No se incluye cálculo
p	Cálculos de regulación		No se incluye cálculo
q	Clasificación de áreas		No se incluye cálculo
r	Elaboración de diagramas unifilares	Se incluye diagrama unifilar de la instalación con sus respectivas características.	

Articulo 10.1 RETIE 2013			
Ítem	**Aspecto**	**SI**	**NO**
s	Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción	Se incluye planos y esquemas eléctricos discriminados por piso.	
t	Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares		Este proyecto por ser tan básico no requiere de estudios adicionales.
u	Establecer las distancias de seguridad requeridas	No Aplica para las instalaciones LEED Institucionales	
w	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	No Aplica para las instalaciones LEED Institucionales	
x	Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas	No Aplica para las instalaciones LEED Institucionales	

Tabla 19. Lista de cchequeo aspectos a cumplir RETIE

9.5. VERIFICACION PARÁMETROS LEED PRERREQUSITO Y CRÉDITOS

Continuando con el proceso de evaluación de la instalación, se sabe que los puntos de iluminación y energía equivalen a 40 puntos máximo, es decir que en caso de dar cumplimiento con la acreditación LEED en solo temas de iluminación y energía puede alcanzarse la categoría mínima de Acreditación (8). Como en el bloque cinco se desean demostrar alguno de los prerrequisitos en cumplimiento se procederá a realizar la respectiva simulación en el software DIALUX EVO 8. La figura 18 muestra el montaje de la instalación del bloque cinco en el software.

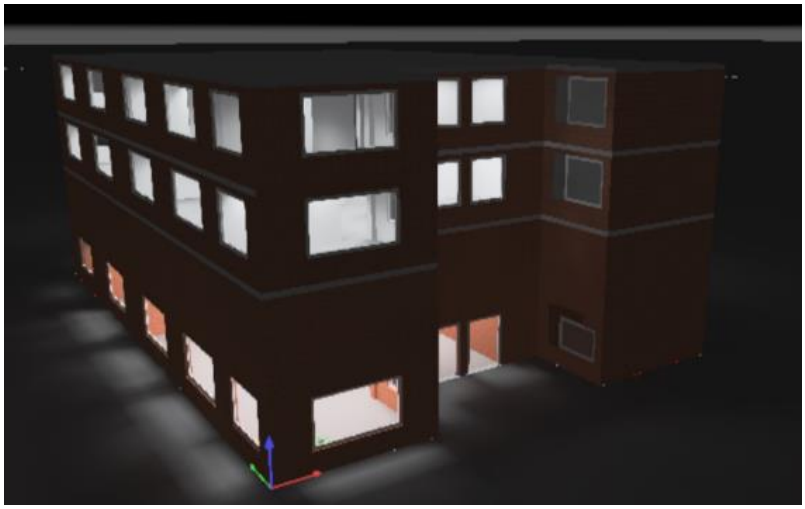


Figura 18. Simulación Bloque 5 Facultad tecnológica (13)

Uno de los requisitos establece que se debe desarrollar *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."* Como se observa en la figura 19 la polución luminosa debida a la distribución fotométrica actual hace que no se cumpla el prerrequisito y se tengan valores cercanos a 10 lx en las zonas circundantes de color azul como se ve en la figura 18 y figura 19.

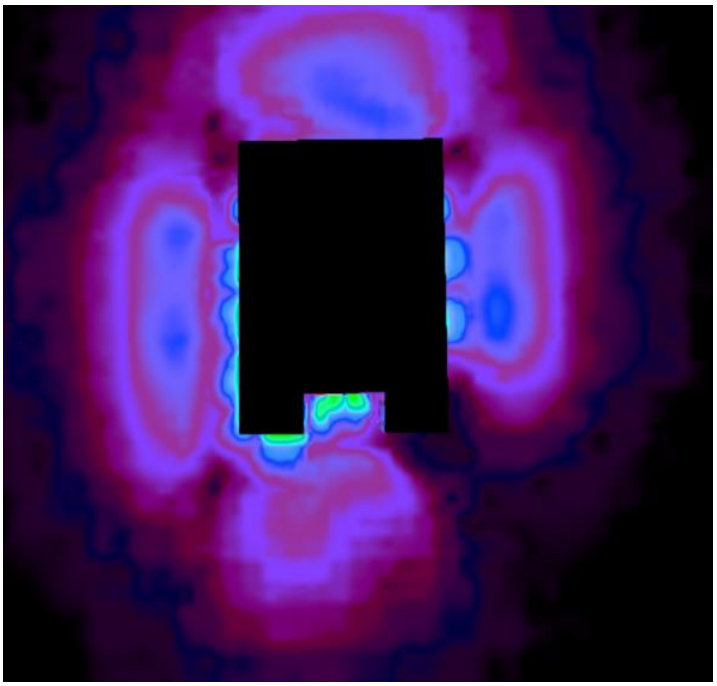


Figura 19. Diagrama de Falsos colores no cumplimiento del prerrequisito niveles de polución luminosa. Vista de planta DIALUX EVO 8. (13)

8. CONSEJO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE. CONSEJO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE – CCCS. [EN LÍNEA] HTTPS://WWW.CCCS.ORG.CO/WP/RECURSOS/.
13. AUTORIA PROPIA, AUTORIA. *REFERENCIA PROPIA.* BOGOTA : S.N., 2018.

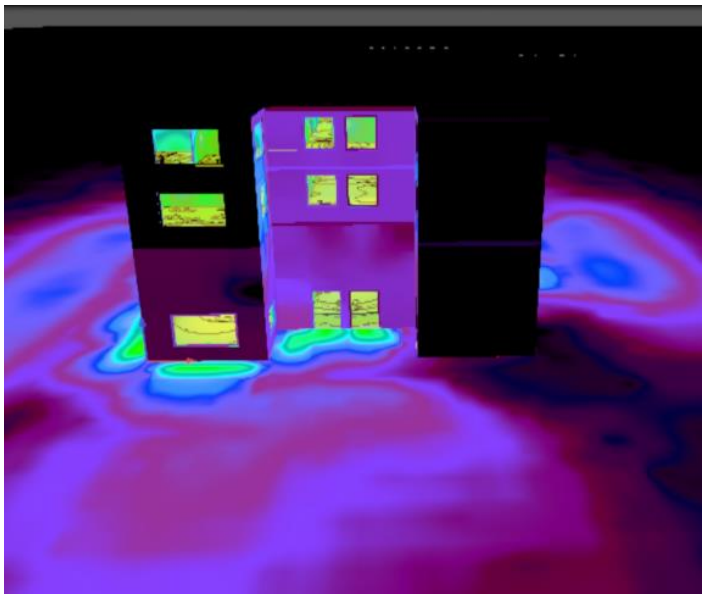


Figura 20. Diagrama de falsos colores no cumplimiento del prerrequisito niveles de polución luminosa. Vista de DIALUX EVO 8. (13)

10. OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN DEL BLOQUE CINCO A TRAVÉS DEL FLUJO LUMINOSO

Como se observaba en capítulos anteriores la iluminación puede generar ahorros de hasta el 60% en las instalaciones 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 21 y reemplazando las luminarias por luminarias de especificación media en tecnología LED

CANTIDADES	REFERENCIA	Flujo UTIL lm*	Potencia W	Eficacia lm/W
132	LUMICEL 60X60 4x17W T8 REJILLA ALUMINIO ESPECULAR DE 16 CELDAS (4x4) PARA INCRUSTAR 	2779	68	40,9
11	STAND LUMINARIA INDUSTRIAL 20x120 - 2x32W T8 PARA SOBREPONER 	4245	64	66,3

Tabla 20. Luminarias de tecnología fluorescente instaladas en la actualidad en el bloque cinco. (13)

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 en reemplazo del tubo T8. El posible recambio se observa en la tabla 22, 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 60x60 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 21. Recambio tecnología LED a través de flujo luminoso (13)

Las características fotométricas se encuentran en el Anexo F y en el Anexo G, 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/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.

En la tabla 23 se resumen estas características.

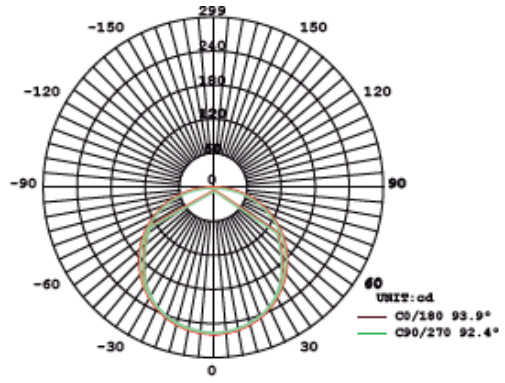
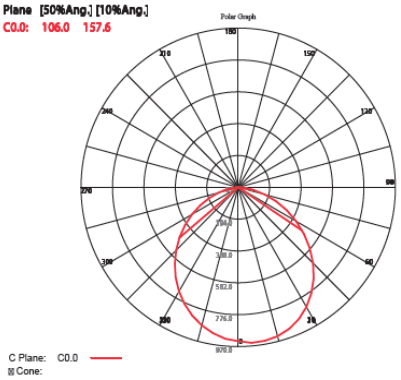
PANEL 38 W CHIP 6500 K SAMSUNG	LINEAR FLAT 28W SAMSUNG 6500 K
 AVERAGE BEAM ANGLE(50%):110.8 DEG	
Potencia: 42W	Potencia: 28W
IRC: >80%	IRC: >80%
IP (Hermeticidad) : IP40	IP (Hermeticidad) : IP40
Temperatura de Color: 4000K-6500K	Temperatura de Color: 4000K - 5000K - 6500K
Voltaje (Tension Driver): 85-277v	Voltaje (Tension Driver): 85-277V
Vida util: 60.000 HR	Vida util: 60.000 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 22. Características fotométricas luminarias propuestas para recambio (13) curvas polares tomadas de fabricante STIL LED.

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 se especifican en el Anexo H. Resultados fotométricos recambio luminarias fluorescentes a tecnología LED. En las tablas 24, 25, 26 y 27 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 23. Rediseño fotométrica piso uno bloque 5 Facultad Tecnológica. (13)

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 24. Medición fotométrica piso mezzanine bloque 5 Facultad Tecnológica. (13)

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

PISO	RECINTO	Nivel de Iluminancia Medida Lx	Uniformidad Uo (min/med) medida %	Niveles de Referencia Iluminancia [lx] RETILAP Medio*	Uo (min/med) %
	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 25. Resultados fotométricos piso dos bloque 5 Facultad Tecnológica. (13)

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	395	58	500	>=50

PISO	RECINTO	Nivel de Iluminancia Medida Lx	Uniformidad Uo (min/med) medida %	Niveles de Referencia Iluminancia [lx] RETILAP Medio*	Uo (min/med) %
	HAS 200				
	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 26. Resultados fotométricos piso tres bloque 5 Facultad Tecnológica. (13)

De acuerdo con lo anterior, 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 28 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 27. Comparación potencia instalada actual vs potencia instalada propuesta (13)

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

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

Lo que representa una reducción del

$$Reduccion \approx 40\ \%\ de\ la\ instalacion\ de\ iluminacion.$$

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/m2), la siguiente expresión define este coeficiente

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

Dónde:

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

S: Superficie iluminada [m2]

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 figura 21 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 alta importancia lumínica	Administrativa en general	6
	Estaciones de transporte (6)	6
	Supermercados, hipermercados y grandes almacenes	6
	Bibliotecas, museos 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

Figura 21. La Tabla 440.1 RETILAP valores límite de eficiencia energética de la instalación VEEI. (23)

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).

23. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. *REGLAMENTO TÉCNICO D ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO.* BOGOTÁ : S.N., 2013.

De acuerdo a lo anterior el VEEI contrastado entre la instalación actual y la propuesta es la siguiente se observa en la tabla 29.

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 28. Cálculo VEEI límite de eficiencia energética de la instalación (13)

10.1. DISMINUCIÓN LÍMITE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA MEDIANTE EL CONTROL DE ALUMBRADO

De acuerdo a lo establecido en la sección 450 del RETILAP las edificaciones con más de 500 m^2 de construcción deben disponer de sistemas de control de iluminación bajo los criterios URE.

Entre los posibles métodos que establece el RETILAP, se puede usar por lo menos una de las siguientes formas para controlar el nivel de iluminación artificial en un recinto interior:

~ Encendido/apagado manual,

~ Atenuación del flujo luminoso de las fuentes.

~ Encendido/apagado automático;

~ Pasos inteligentes con control automático

~ Atenuación del flujo luminoso de las bombillas o dimerización automática.

Como se observaba en el capítulo 5 de métodos y tecnologías para optimización la mayor reducción se logra con la integración de sistemas automáticos ON/OFF y dimerización en la mayoría de los casos se logra disminuir el Eprom como se observa en la tabla 30.

Metodología de control de alumbrado RECOMENDADO LEED	Reducción en Potencia W	Reducción en Flujo	Desventaja
ON/OFF Automático	50 %	50% en horarios día, 30% en horarios nocturnos de Circulación. (Baños-Pasillos-Aulas)	Cambios Abruptos en la Iluminación
PASOS INTELIGENTES	55 %	50% Horarios diurnos y Nocturnos	Sistema de control robusto
ATENUACIÓN DEL FLUJO LUMINOSO O DIMMER AUTOMÁTICO tecnologías KNX agrupación flexible	Hasta un 86 % e incremento de la vida útil en un 25%	Luminarias con tecnología DALI. - Regulación por nivel mantenido continúo en la superficie de ventanas (claraboyas en	Costo // (DALI MULTIMASTER, AHORRO DE CABLEADO, FLEXIBILIDAD TOTAL)

DALI alumbrado dinámico		la cubierta). - Regulación en función de la luz natural en la zona de oficinas. - Detección de presencia y regulación diurna en almacén. - Monitorización on-line del estado del alumbrado. - Integración.	

Tabla 29. Metodologías y controles de alumbrado interno (13)

Para el caso del proyecto se propone la utilización de la tecnología de pasos inteligentes cuyo ejemplo típico en el mercado es el dispositivo Occuswitch DALI. Como el que se observa en la figura 22.



Figura 22. Sistema Occuswitch DALI PHILIPS (24)

Implementando el sistema cuya topología seria la siguiente para uno de los laboratorios con montaje típico (LABORATORIO DE QUÍMICA BÁSICA BLOQUE 5) en el Anexo I *DISEÑO DE PASOS INT OCCUSWITCH* se incluye el diseño de pasos inteligente para la instalación.

13. AUTORIA PROPIA, AUTORIA. REFERENCIA PROPIA. BOGOTA: S.N., 2018.
24. PHILIPS. SISTEMAS DE CONTROL DE ILUMINACIÓN INTERIOR. 2016.

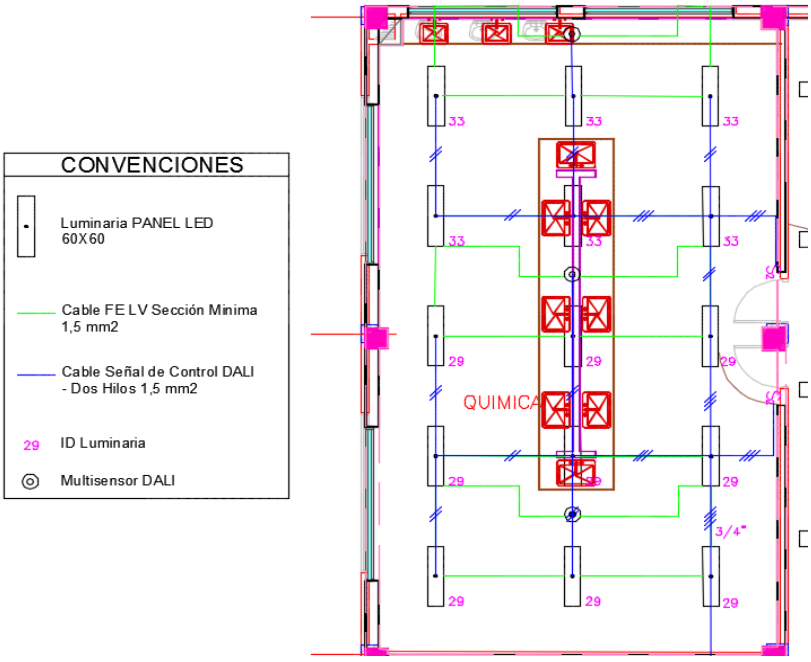


Figura 23. Topología de integración sistema occuswitch DALI PHILIPS. (13).

Finalmente, en caso de implementarse este sistema se lograría una reducción de hasta el 50% generando en la potencia instalada los resultados que se observan en la tabla 31.

Total Luminarias	**Potencia Instalada kW Actual**	**Área Útil Bloque 5 m^2**
173	12,642 KW + 0,968 KW	1.670 m2
Total Luminarias	**Potencia Instalada kW Propuesta LED + Occuswitch DALI**	**Área Útil Bloque 5 m2**
173	4,143 KW +/- 5%	1.670 m2

Tabla 30. Potencia instalada actual vs potencia instalada recambio LED más sistema de control OCCUSWITCH DALE (13)

Lo que a su vez produce los valores VEEI observados en la tabla 32 para el proyecto con la implementación de esta tecnología y metodología.

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 + Occuswitch DALI	4,143	500	1670	0,496	4

*incluyendo pérdidas

Tabla 31. Cálculo VEEI Límite de eficiencia energética de la instalación con el sistema de control (13)

Finalmente, sin salirse de los límites técnicos de este proyecto es fundamental en la implementación de programas SGE, identificar las ventajas y desventajas asociadas a la inversión en un proyecto antes de la implementación del mismo. La evaluación económica es un método de análisis útil para adoptar decisiones racionales ante diferentes alternativas, para realizar un análisis económico es preciso cuantificar los costos y los beneficios. Esta es una limitación de la evaluación económica ya que solo es posible incorporar al análisis variable susceptible de cuantificación.

En los proyectos LEED la cuestión se puede llegar a complicar por la transversalidad en las etapas de análisis de los proyectos, aunque en las etapas del sistema de SGE planteado no se especifique un análisis económico es beneficioso establecer los costes y los beneficios que se puede obtener al desarrollar proyectos al desarrollo. (19)

10.2. 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

19. DESARROLLO ECONóMICO LOCAL. ***Inciativas económicas para el desarrollo local:viabilidad y planificación.*** **2015.**
23. Ministerio de Minas y Energía. Reglamento Técnico d Iluminación y Alumbrado Público.

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 33 corresponde al formato de cantidades del proyecto.

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISO JOSÉ DE CALDAS-FC TÉCNOLOGICA					
	Descripción	**Tipo de Luminaria Existente**	**Cantidad**	**Tipo de Luminaria Reemplazo**	**Cantidad**
B L O Q U E C I N C O	Lumicel 60x60 4x17W T8 Rejilla Aluminio Especular de 16 Celdas (4x4) para incrustar	Fluorescente	132	Panel 60x60 38W CHIP EPISTAR WWMV 6500K 110V-277 V Vida útil 60.000 Horas	132
	Stand Lumi narias Industrial 20x120 - 2X32W T8 Para sobreponer	Fluorescente	11	Linear Flat 28W LED SL LSLINEAR28W 6500 K, 2700 lm, Aluminio Extruido chip Samsung.	11

Tabla 32. Anexo J "Formato Cuadro De Cantidades Iluminación Bloque Cinco" (13)

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 34 correspondientes al ANEXO K, y de acuerdo con lo establecido en la fórmula para costo anual equivalente (23) el retorno de la inversión bajo

23. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. REGLAMENTO TÉCNICO D ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO. BOGOTÁ : S.N., 2013.23. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. REGLAMENTO TÉCNICO D ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO. BOGOTÁ: S.N., 2013.

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 energía 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 33. Anexo K "Retorno De Inversion Iluminación Bloque Cinco (13)

Bajo este estudio económico y los aspectos técnicos debidos 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.

13. AUTORIA PROPIA, AUTORIA. REFERENCIA PROPIA. BOGOTA: S.N., 2018.

11. DESARROLLO CARTILLA VIRTUAL OPTIMIZACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS

Desde el inicio del desarrollo del proyecto se planteó entre los proponentes desarrollar un medio visual para la promulgación de la investigación realizada, dada las condiciones actuales de acceso a los medios de información se decidió plasmar en una cartilla de no más de 50 páginas la metodología de optimización de proyectos energéticos con un lenguaje entendible y dirigido a personal técnico, tecnólogo y profesional, cuyo objetivo es enriquecer las técnicas para mejorar una instalación eléctrica. Como se observa en la figura 24, se enumera el contenido de la cartilla. Para su correspondiente revisión puede dirigirse al ANEXO L "CARTILLA VIRTUAL OPTIMIZACIÓN DE PROYECTOS".



Figura 24. Contenido cartilla optimización de proyectos energéticos. (13).

13. AUTORIA PROPIA, AUTORIA. REFERENCIA PROPIA. BOGOTA: S.N., 2018.

CONCLUSIONES

Este proyecto es referente en Colombia, razón por la cual servirá de ejemplo para los futuros proyectos interdisciplinarios encaminados hacia eficiencia energética mediante la acreditación LEED, a futuro se implementarán este tipo de estrategias las cuales pretenden evitar el fenómeno del cambio climático. Como ingenieros electricistas debemos aportar a la búsqueda de soluciones que fortalezcan el sector energético, antes de aspirar a una certificación LEED, se debe tener en cuenta que el desarrollo de edificios debe ser pensado hacia un desarrollo sostenible desde la etapa de diseño, donde se pretenda siempre el bienestar de todos y se aprovechen de manera eficiente los recursos naturales. El objetivo no es simplemente construir un edificio de forma independiente sino construir un edificio funcional, eficiente, atractivo y valioso, además de que asegure beneficios económicos para sus dueños. Actualmente la acreditación LEED trabaja en pro del desarrollo sustentable porque se consideran todos los procesos en conjunto como un único proceso en la construcción de edificaciones.

La investigación de la normativa Colombiana vigente demostró que, en cuanto a la regulación actual la aplicación interdisciplinar de energías renovables que existe en la ley 1715 se queda corta ya que evade responsabilidades en cuanto al comercializador de energía y demás actores del sistema interconectado dejando al pequeño generador de energía electrica sin techo jurídico para acceder a las mismas garantías que los grandes generadores.

La investigación del marco actual de aplicación de la acreditación LEED en Colombia arrojó las siguientes conclusiones:

- Desde el año 2014 a través del CCCS se está implementando la certificación y el desarrollo de las diferentes variaciones a nivel nacional, actualmente más del 50% de los proyectos se encuentran en edificios correspondientes a entidades financieras y un también importante porcentaje en el sector comercial todas presentes en las diversas clasificaciones de la acreditación.
- Se observa que actualmente no se han desarrollados procesos de acreditación en las clasificaciones de edificaciones institucionales ya que una de las causas es la falta de motivación económica para la implementación de producción más limpia y mercados verdes que se verían beneficiados (LEED como prioridad del desarrollo) de incentivos económicos.
- **Evaluando el marco actual de la norma LEED** y sabiendo que es internacionalmente reconocida, se puede modificar algunos de sus apartes para adaptarlo a climas con pocas variaciones de temperatura, como es el caso de Bogotá, con el fin de unificar todos los requerimientos de un edificio y facilitar la búsqueda de estrategias por parte de los diseñadores.

Durante el proceso de **investigación de tecnologías y metodologías para la optimización energética** se evidenció que una de las mejores prácticas para la reducción considerable de energía es implementar un SGE personalizando los parámetros que presente la instalación. Inicialmente es importante por parte de los usuarios del edificio estar dispuestos a disminuir el uso indebido de la energía eléctrica y presentar un cambio en sus hábitos de consumo usuales. Con respecto a tecnologías y medios técnicos se estableció unos parámetros en cuanto a equipos, sistemas de iluminación eficiente y tecnología que cumpla con certificados ENERGY STAR. Finalmente en

cuanto a metodologías el principal criterio es conocer el actual consumo de la instalación que puede identificarse a través del medidor de energía (consumo reportado) o con la implementación de un proceso de auditoria eléctrica con el fin de establecer la curva de perfil de carga del edificio y proceder a utilizar métodos como el de **reducción de picos de consumo** para lograr disminuciones significativas en la capacidad instalada de la edificación, debe resaltarse la importancia y la ventaja actual de implementar en etapas de diseño y auditoria software especializado en eficiencia energética para instalaciones al igual que en el proceso de diseño de iluminación de una instalación.

El **desarrollo de la metodología** puede establecerse como el objetivo principal del proyecto, se utilizó el modelo de SGE propuesto por la normativa ISO 50001 basado en la filosofía PHVA (Planear – Hacer – Verificar – Actuar), donde se integraron los estudios descritos anteriormente y la etapa de cumplimiento de prerrequisitos de aspectos LEED necesarios en el proceso de evaluación de proyectos para las instalaciones institucionales. Finalmente se logro desarrollar una metodología cíclica y continua que genera respuesta a los interrogantes que se presentaban como objetivo principal de este proyecto.

La **metodología** no habría tenido mejores bases sino se hubiera dado la oportunidad de evaluarla con alguna edificación institucional como es el **edificio del bloque cinco** de la facultad tecnológica, aunque los resultados esperados en el proceso de optimización fueron adecuados no se puede llevar a la implementación de la acreditación ya que no se cuenta actualmente con el cumplimiento de unos prerrequisitos esenciales.

- ~ Demostrar mediante simulación por computadora que los espacios aplicables alcanzan niveles de iluminación diurna de un mínimo de (108 lux) y un máximo de (5.400 lux)
- ~ Reducción de la densidad de potencia de iluminación debajo del estándar 35%
- ~ Controles de luz diurna para áreas iluminadas en el día.

Finalmente se plasmó en una **cartilla de libre acceso y virtual la metodología** propuesta con el fin de promulgar los medios de optimización y eficiencia energética en las instalaciones institucionales colombianas. La idea por parte de los desarrolladores de este proyecto, es presentar una nueva alternativa de investigación multidisciplinar como son las edificaciones verdes en el ámbito de la academia de la Facultad Tecnológica. A través de esta propuesta pueden generarse nuevas ideas y trascender en áreas como las construcciones civiles, la arquitectura, la mecánica, la electrónica y la electricidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ENERLIS - ERNST & YOUNG - FERROVIAL AND MADRID NETWORK.** *LIBRO BLANCO SMART CITIES.* España : Imprintia, 2012.

2. **Restrepo, Juan Esteban Alis.** *Metodología para la evaluación energética de edificios comerciales en Colombia basados en estándares y normas internacionales.* Bogotá : Universidad Nacional de Colombia, 2014.

3. ***Ley 142 de 1994.*** **1994.**

4. U.S . GREEN BUILDING COUNCIL USGBC. FAQ. [En línea] http://www.usgbc.org/.

5. Parga, Diana Jimena Arévalo. ***IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CERTIFICACIÓN LEED® EN COLOMBIA*****. Bogotá : Universidad Piloto de Colombia, 2015.**

6. ROSADO, GINA ALEXANDRA CABAS. ***ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS PARA UN PROYECTO DE HOTEL Y OFICINAS LEED CERTIFICADO 3.0 EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ*****. Bogotá : PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, 2011.**

7. CREG. comision de regulacion de energia y gas. [En línea] 02 de marzo de 2018. [Citado el: 26 de noviembre de 2018.] http://www.creg.gov.co/index.php/es/noticias/1571-boletin082018.

8. Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. Consejo Colombiano de Construcción Sostenible – CCCS. [En línea] https://www.cccs.org.co/wp/recursos/.

9. USGBC. ***GUÍA DE CONCEPTOS LEED.*** **USA : s.n.**

10. —. ***LEED V4 para desarrollo Urbano.*** **2014.**

11. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. ***SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA*****. Bogotá : Digitos & Diseños, 2008.**

12. SAMA. ***OPTIMIZACIÓN DEL USO DE LA ENERGÍA EN EDIFICIOS: DESARROLLO DE INTERFAZ PARA ENERGYPLUS*****. s.l. : Universidad Nacional de San Juan, 2014.**

13. Autoria Propia, Autoria. ***referencia propia.*** **bogota : s.n., 2018.**

14. usgbc. www.usgbc.org. [En línea] 01 de 01 de 2017. [Citado el: 01 de 05 de 2018.] 'https://www.usgbc.org/projects/centro-comercial-plaza-central.

15. —. www.usgbc.org. [En línea] 01 de 01 de 2017. [Citado el: 01 de 05 de 2018.] 'https://www.usgbc.org/projects/google-bog-8f-fe69.

16. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. ***RETIE*****. Bogotá : s.n., 2015.**

17. Turner, Wayne C. Energy Managment Handbook. Stillwater, Oklahoma : EDITORIAL BOARD.

18. CIRCUTOR. ***GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA.*** **España : s.n., 2016.**

19. DESARROLLO ECONóMICO LOCAL. ***Inciativas económicas para el desarrollo local:viabilidad y planificación.*** **2015.**

20. ***Webinar Recording: DesignBuilder and Rapid Early-stage Analysis to Detailed Performance Modeling.*** **Association, International Building Performance Simulation. The United States Regional Affiliate of IBPSA : s.n., abril 28, 2016.**

21. ENCON. Plataformas de integración . [En línea] 01 de 01 de 2018. [Citado el: 28 de 11 de 2018.] http://www.encon.com.co/soluciones/plataformas-de-integracion/.

22. ISO. ***Energy Management Systems - Requirements with Guidance for use.*** **s.l. : ISO , 2011.**

23. Ministerio de Minas y Energía. ***Reglamento Técnico d Iluminación y Alumbrado Público.*** **Bogotá : s.n., 2013.**

24. PHILIPS. ***SISTEMAS DE CONTROL DE ILUMINACIÓN INTERIOR.*** **2016.**

25. Tiempo, El. 'Cambio climático y lluvias, entre las causas del desastre' de Mocoa. ***EL TIEMPO*** **. 09 de 04 de 2017, pág. 2.**

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

27. MORATO, ANDRES FERNANDO FLECHAS. ***OPTIMIZACION DEL DISEÑO ELECTRICO DE UN HOTEL PARA CUMPLIR CON LOS ESTANDARES DE CERTIFICACION LEED.*** **BOGOTÀ : UNIVERSIDAD DE LA SALLE, 2016.**

12. ANEXOS

ANEXO A LISTA DE CHEQUEO EXIGENCIAS RETIE

ANEXO B LISTA DE CHEQUEO RETILAP PROCESO DISEÑO DETALLADO 2013

ANEXO C PROTOCOLO DE CUMPLIMIENTO PRERREQUISITOS LEED NIVEL ENERGÉTICO INSTALACIÓN

ANEXO D CREDITO EYA OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA INSTITUCIONAL ENERGY STAR

ANEXO E PLANOS ELÉCTRICOS BLOQUE 5 FACULTAD TEC

ANEXO F PANEL 60X60 38W EPISTAR STND

ANEXO G LINEAR FLAT 28W SAMNUNG STND

ANEXO H EVALUACIÓN FOTOMETRICA REDISEÑO

ANEXO I ESTUDIO DISEÑOS PASOS DALI PHILIPS

ANEXO J FORMATO CUADRO DE CANTIDADES ILUMINACIÓN BLOQUE CINCO

ANEXO K RETORNO DE INVERSION ILUMINACIÓN BLOQUE CINCO. (FORMATO)

ANEXO L CARTILLA EN PROCESO DE MAQUETAR