19-10-2018

INFORME DE PASANTÍA

Propuesta mapa de ruta para el mejoramiento la eficiencia energética en las instalaciones eléctricas de mayor consumo de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Sistema de Gestión Ambiental – Plan Institucional de Gestión Ambiental
UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANSICO JOSÉ DE CALDAS

Propuesta mapa de ruta para el mejoramiento de la eficiencia energética de las instalaciones eléctricas de mayor consumo de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Juan Pablo Torres Nova
Edison Quinchanegua Sánchez

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad de Ingeniería
Proyecto Curricular de Ingeniería Eléctrica
Bogotá DC
2018

Propuesta mapa de ruta para el mejoramiento de la eficiencia energética de las instalaciones eléctricas de mayor consumo de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Juan Pablo Torres Nova
Código: 20112007013

Edison Quinchanegua Sánchez
Código: 20092007062

Trabajo de pasantía presentado como requisito para optar al título de:
INGENIERO ELÉCTRICO

Directora interna de Pasantía:
PhD. Clara Inés Buriticá Arboleda
Docente Facultad de Ingeniería

Director Externo de Pasantía:
Esp. Tito Ernesto Gutiérrez Daza
Director de la Oficina SGA-PIGA UD

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad de Ingeniería
Proyecto Curricular de Ingeniería Eléctrica
Bogotá DC
2018

Agradecimientos

Agradecemos a todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron en nuestra formación como ingenieros, en especial a nuestras familias quienes con su constancia y paciencia durante años han sido nuestro apoyo y fortaleza para dar lo mejor en nuestro desarrollo como futuros ingenieros eléctricos al servicio de la sociedad y del país.

Resumen Ejecutivo

Teniendo en cuenta las políticas y programas establecidos para el uso racional de la energía eléctrica y el interés de la Universidad Distrital se consideró conveniente crear un mapa de ruta como guía para generar planes o proyectos que contribuyan a mejorar el aprovechamiento de la energía eléctrica en las diferentes sedes de la Universidad, dichas alternativas deberán ser creadas a partir del conocimiento y la evaluación del estado actual de la infraestructura eléctrica en las diferentes sedes de la Universidad y de los registros históricos de consumo proporcionados por las facturas de energía eléctrica. Se espera que el mapa de ruta sirva como preámbulo para que la Universidad se interese y abogue por implementar un esquema de gestión integral de la energía que incluya la participación de toda la comunidad universitaria y aporte acciones de mejora enfocadas a la disminución del consumo y el aumento de la eficiencia de la energía eléctrica en la Universidad.

Tabla de Contenido

RESUMEN EJECUTIVO **4**

TABLA DE IMÁGENES E ILUSTRACIONES **7**

CONTENIDO TABLAS **8**

ABREVIATURAS **9**

1. INTRODUCCIÓN **11**

3. OBJETIVOS **12**

4. MARCO REFERENCIAL **13**

4.1. ANTECEDENTES 13

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS PUBLICOS A NIVEL MUNDIAL *13*

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS PÚBLICOS – CASO COLOMBIA *15*

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS – DESARROLLO DE TRABAJOS *19*

4.2. MARCO TEÓRICO 19

4.2.1. Diagnóstico energético *19*

FASE 1. LEVANTAMIENTO DE DATOS 20

FASE 2. CONTABILIDAD ENERGÉTICA 23

FASE 3. Identificación y cálculo de medidas de mejora de eficiencia energética 25

4.2.2. Indicadores de Desempeño energético *26*

4.2.3. Línea Base *27*

4.2.4. Estructura del mapa de Ruta basados en MAPAS DE RUTA PARA LA MATERIALIZACIÓN DE DOS OBJETIVOS ENERGÉTICOS (CIDET - UPME) *30*

5. ACTIVIDADES GENERALES REALIZADAS DURANTE LA PASANTÍA **33**

CONSULTA DE LA INFORMACIÓN BASE DEL MARCO TEÓRICO 33

ESTABLECIMIENTO DEL ESTADO ACTUAL DE LAS PRINCIPALES SEDES DE LA UNIVERSIDAD 33

LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DE LAS SEDES – VIVERO Y SEDE CALLE 40 33

TOMA DE MUESTRAS EN LOS TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN EN LAS SEDES VIVERO Y CALLE 40. 33

EL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO 33

ESTRUCTURA DEL MAPA DE RUTA 34

6. DESARROLLO DE LA PASANTÍA Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS **36**

SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTA DEL MAPA DE RUTA *47*

Fortalezas *47*

Retos *47*

Cuellos de botella *48*

Visión *48*

Objetivos *48*

Áreas de enfoque *49*

Fases de desarrollo *49*

7. CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE LA PASANTIA Y APORTES **58**

8. CONCLUSIONES **61**

9. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS **62**

SEDE 40 62

VIVERO 62

REFERENCIAS 64

ANEXOS 66

Tabla de Imágenes e Ilustraciones

Fig. 1 Campus Universidad Leioa, Bilbao, ... 14
Fig. 2 Museo Marítimo de tecnología, Malmo, Suecia, ... 15
Fig. 3 Vista exterior del edificio ISAGEN en Medellín. 16
Fig. 4 Vista exterior del edificio Hospital San Vicente de Paul, Medellín, Col 17
Fig. 5 Vista exterior del edificio de la Cámara colombiana de la Infraestructura Bogotá Col. 17
Fig. 6 Fases de un diagnóstico energético. 20
Fig. 7 PQA HT 824, equipo analizador de redes, físico del dispositivo, equipo conectado al tablero. 22
Fig. 8 Dispositivo electrónico registrador de temperatura. 22
Fig. 9 Luxómetro digital HT Instruments 23
Fig. 10 Acciones que se pueden tomar para el uso racional de la energía eléctrica 25
Fig. 11 . Fases de la planificación energética 28
Fig. 12 Diagrama explicativo de los pasos llevados a cabo en la pasantía 36
Fig. 13 Comparativo del consumo de energía eléctrica facturado para el año 2017 en las 6 sedes importantes de la Universidad Distrital 39
Fig. 14 Gráfica cantidad de CO2 emitida al año en toneladas por sede para el año 2017 39
Fig. 15 Gráfica indicador kWh/m2-año demandado por sede para los años 2015, 2016 y 2017 40
Fig. 16 Perfil de demanda registrada dentro de un periodo académico normal para la sede Calle 40 41
Fig. 17 Comparativa entre Perfil promedio de demanda para temporada normal y Vacaciones en Sede calle 40 41
Fig. 18 perfil de demanda obtenidos en la sede Vivero para la temporada académica normal. 42
Fig. 19 Comparativa de los perfiles de demanda del periodo de vacaciones vs periodo académico normal para días hábiles. 42
Fig. 20 Comparativo del indicador de consumo energético por persona en la sede Vivero 43
Fig. 21 Comparativo del indicador de consumo energético por persona en la sede Calle 40 43
Fig. 22 Diagrama de distribución porcentual de la carga en la Sede Calle 40 44
Fig. 23 Distribución de la carga instalada por uso final en la sede Vivero 44
Fig. 24 Distribución de la iluminación por tipo de tecnología en la sede Calle 40 45
Fig. 25 Distribución de la iluminación por tipo de tecnología en la sede Vivero 45
Fig. 26 Distribución de la potencia instalada de equipos ofimáticos en la sede Calle 40 46
Fig. 27 Distribución de la potencia instalada de equipos ofimáticos en la sede Vivero 46
Fig. 28 Acciones para la Trayectoria 1 53
Fig. 29 Acciones para la Trayectoria 2 55
Fig. 30 Mapa de ruta Propuesto 56
Fig. 31 Mapa de ruta – Eje estratégico ***Reconversión tecnológica e implementación del sistema de seguimiento y control al consumo energético*** 57
Fig. 32 Mapa de ruta – Eje estratégico ***Promoción y vinculación a programas de la gestión de la energía*** .. 58
Fig. 33 Conexión de los equipos PQA en los tableros de la sede Vivero 73
Fig. 34 Conexión de los equipos PQA en los tableros de la sede Calle 40 (Izq. ***tablero Edificio Administrativo****, Der.* ***Tablero edificio Alejandro Suarez Copete****)* 74
*Fig. 35 Conexión de los equipos PQA en los tableros de la sede Calle 40 (****Edificio Sabio Caldas****)* 75

Contenido Tablas

Tabla 1 Parámetros y dispositivos usados para la medición *21*
Tabla 2 Ejemplo de numeración de los datos tomados a la factura de energía eléctrica *23*
Tabla 3 Indicadores más usados en materia de eficiencia energética *27*
Tabla 4 Actividades para establecer la línea base *29*
Tabla 5 Documentos Consultados para desarrollar el marco teórico del diagnóstico. *37*
Tabla 6 Areas de Enfoque para mejorar la eficiencia energética en las sedes Vivero y Calle 40. ..... *49*
Tabla 7 Actividades realizadas en la pasantía *34*
Tabla 8 Registro fotográfico de las placas características de los equipos electromecánicos de la sede Calle 40. ..... *66*
Tabla 9 registro fotográfico de las placas características de los equipos sede Vivero *71*
Tabla 10 Los datos de los diferentes sistemas de aire acondicionado en la sede Calle 40 ..... *71*

Abreviaturas

BTU	British Thermal Unit
CCI	Cámara Colombiana de la Infraestructura
CECAD	Centro de Computación de Alto Desempeño
CIDET	Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico
CO2	Dióxido de Carbono
CREG	Comisión de Regulación de Energía y Gas
CRT	Cathode Ray Tube (Tubos de Rayos Catódicos)
CVM	Comunicaciones por redes eléctricas
FE	Factor de Emisiones
FNCER	Fuentes no convencionales de energías renovables
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GWh	Gigavatios – hora
IDAE	Instituto para la diversificación y ahorro de la energía
IEA	International Energy Agency
ILUD	Instituto de Lenguas de la Universidad Distrital
IPCC	Panel Intergubernamental por el Cambio Climático
IPMVP	International Performance Measurement and Verification Protocol
ISO	International Organization for Standardization
kW	Kilovatio
kWh	Kilovatio – hora
LED	Diodo Emisor de Luz
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
MMEE	Medidas de Mejora de Eficiencia Energética
MW	Megavatio
MWh	Megavatio – hora
NTC	Norma Técnica Colombiana
OAS	Oficina Asesora de Sistemas
PEEEP	Programa de Eficiencia Energética en Edificios Públicos
PIGA	Plan Institucional de Gestión Ambiental

PQA	Power Quality Analyser (Analizador de calidad de potencia)
RETIE	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas
RETILAP	Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SFF	Small Form Factor (Factor de forma reducido)
SGA	Sistema de Gestión Ambiental
TF-8	Tubo Fluorescente
TIR	Tasa Interna de Retorno
TonEqCO2	Toneladas equivalentes de dióxido de carbono
UPME	Unidad de Planeación Minero Energética

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de la pasantía fue proponer un mapa de ruta para mejorar la eficiencia energética, si bien, la oficina ha implementado acciones y recomendaciones en el buen uso de la energía se considera necesario revisar de forma detallada el estado actual de las sedes propias de la universidad, identificar los puntos de mayor consumo y generar las acciones y recomendaciones que direccionen al mejoramiento de la eficiencia energética.

De este modo el presente documento expone el desarrollo de las actividades más representativas para el cumplimiento del objetivo de la pasantía en la oficina de la oficina SGA (Sistema de Gestión Ambiental) y PIGA (Plan Institucional de Gestión Ambiental) y se presentan en el siguiente orden.

En la primera parte se expone el estado de arte acerca del tema de eficiencia energética en edificios públicos a nivel mundial y nacional que sirve como referencia para llevar a cabo la estructuración del mapa de ruta y las acciones a tomar para direccionar a la Universidad en la mejora de la eficiencia energética en sus instalaciones eléctricas de mayor consumo, adicionalmente se consultaron documentos sobre la estructuración de los mapas de ruta energéticos.

En la segunda parte se presenta un análisis de los consumos de energía eléctrica para las principales sedes de la Universidad, en este caso se identifican los puntos de mayor consumo de energía eléctrica, se dan a conocer los indicadores energéticos establecidos para la identificación de las sedes con mayor índice de consumo y posteriormente se realiza un diagnóstico energético más a fondo.

En la tercera parte se establece el estado actual de las instalaciones de mayor consumo de energía eléctrica siguiendo los parámetros del diagnóstico energético establecido por la Agencia de Eficiencia Energética de Chile (Agencia Chilena de La Eficiencia Energética, 2014), a partir de la primera fase se muestran los resultados obtenidos al realizar el diagnóstico energético a profundidad en las sedes de mayor consumo y además se establecen los usos finales de la energía identificando los posibles puntos de interés donde se puede mejorar la eficiencia energética.

Finalmente, en la cuarta parte se muestra la estructuración del mapa de ruta teniendo en cuenta el estado actual de las dos sedes de identificadas para este fue usada la metodología del documento “Mapas de ruta para materializar los objetivos energéticos” (CIDET - IEB , 2015), son propuestos dos ejes temáticos con diferentes conjuntos de acciones que pueden llevar a la mejora de la eficiencia energética, adicionalmente se presentan algunas conclusiones y actividades realizadas durante el desarrollo de la pasantía.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El calentamiento global es una de las problemáticas más relevantes a nivel mundial, a diario son liberadas grandes cantidades de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera proveniente de las diversas actividades antropogénicas ocasionando un aumento de la temperatura promedio en el planeta además de muchos otros eventos naturales catastróficos derivados de este fenómeno. Uno de los procesos que contribuye con la emisión de GEI, es la generación de electricidad que está directamente asociada al consumo, que a su vez puede ser clasificado dependiendo su uso final en varias categorías

como, por ejemplo: iluminación, ventilación, fuerza motriz, entre otros. La electricidad es un recurso necesario debido a que todas las actividades humanas dependen de ella, es decir, que no se puede imaginar un mundo sin este recurso, lo que importa hoy en día es la manera cómo se aprovecha, pues en ese aspecto se evidencian muchas falencias ya que en el uso final gran parte de la energía utilizada se transforma en pérdidas, que se deben principalmente a factores como: la falta de mantenimientos periódicos a equipos y elementos, el uso de equipos obsoletos y de eficiencia notablemente baja, la carencia de buenas prácticas o la concientización de las personas acerca de los hábitos de consumo responsable, entre otros.

De este modo, la eficiencia energética surge como herramienta para mitigar en gran medida el impacto ambiental a nivel mundial constituyéndose como el medio por el cual cada organismo, empresa e institución analiza sus procesos y toma medidas encaminadas hacia el consumo racional y eficiente de energía. La Universidad Distrital no es ajena a todo lo anterior, cuenta con el Sistema de Gestión Ambiental (SGA) el cual tiene diferentes programas para el uso racional y eficiente de los recursos, entre ellos se encuentra el programa de Uso eficiente de la energía cuyo objetivo primordial es el de disminuir el consumo de energía eléctrica en la Universidad, sin afectar las condiciones de bienestar y confort que requieren todos los integrantes de la comunidad universitaria, con lo cual se aporta a la disminución de la huella de carbono y se apunta a los objetivos 12 y 13 del desarrollo sostenible que son respectivamente producción-consumo responsable y acción por el clima.

3. OBJETIVOS

Objetivo General

Proponer un mapa de ruta para el mejoramiento de la eficiencia energética de las instalaciones eléctricas de mayor consumo de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Objetivos Específicos

- Elaborar el estado del arte y marco teórico de la eficiencia energética en edificios públicos.
- Caracterizar la demanda de energía eléctrica en las instalaciones de mayor consumo, de la Universidad Distrital.
- Formular acciones y recomendaciones enfocadas a la Gestión eficiente de Energía Eléctrica en los puntos de mayor consumo de energía eléctrica de la Universidad.
- Diseñar y socializar el mapa de ruta para el mejoramiento de la eficiencia energética en la Universidad Distrital.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. Antecedentes

En la academia y en la ingeniería se habla tanto de ser eficaz como de ser eficiente en los diferentes procesos de una empresa, en el desarrollo de una tarea o en el uso de un recurso, hoy en día la eficiencia energética viene de la mano con las acciones por el clima y la disminución del impacto de los efectos negativos por el consumo excesivo de la energía eléctrica que en los últimos años ha tomado auge por la preocupación sobre los efectos del cambio climático.

En algunos hogares existe la preocupación por que el costo de la facturación mensual no sea tan elevado, de esta manera se toman acciones como por ejemplo sustituir bombillos con baja eficacia lumínica, racionar el consumo de energía eléctrica, hacer seguimiento y control de los dispositivos eléctricos y electrónicos usados diariamente, por otro lado, día a día el costo de cada unidad de recurso aumenta y se vuelve o escaso o difícil de obtener esto sin considerar que a raíz del cambio climático las fuentes hídricas en Colombia cambian su comportamiento y afectan los costos por generación debido a que la mayoría de la matriz energética usa el agua para generar electricidad.

Del mismo modo, hablando del tema de control y seguimiento al consumo energético en los edificios públicos, sucede lo contrario, la energía que se consume no se usa racionalmente ya que no afecta directamente el bolsillo de las personas que hacen uso del recurso, por otro lado hay barreras que limitan a las personas que tienen la conciencia de buen uso y ahorro, ya que no pueden aplicar buenas prácticas por el mal estado de las instalaciones eléctricas, la mala distribución de los interruptores por piso, la escasa fuente de luz natural en su espacio de trabajo y la falta de mantenimiento o remplazo de las luminarias que fallan en las instalaciones.

En muchos países como por ejemplo España, desde hace más de 8 años se viene trabajando con la gestión y el uso eficiente de la energía eléctrica en las instalaciones eléctricas para dar cumplimiento básicamente a dos objetivos: disminuir el uso excesivo e innecesario de los recursos naturales y la disminución de costos por consumo; es así que la Unión Europea les exige tomar medidas para contribuir a mitigar el impacto sobre el cambio climático lo que obliga a España a interesarse en el tema, a continuación, se presentan algunos casos exitosos llevados a cabo en España.

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS PUBLICOS A NIVEL MUNDIAL

Casos de Ejemplo sobre eficiencia energética en España

En España la eficiencia energética en edificaciones públicas es considerada como una estrategia válida para solucionar el problema de la escasez de fondos públicos y que puede contribuir a disminuir los graves problemas de energía y clima (IDAE, 2018). De esta manera en el año 2010 se aprueba el "**plan de activación de la eficiencia energética en los edificios de la administración general del estado**, (PAEE-AGE)", el objeto de este Plan es conseguir que 330 centros consumidores de energía, pertenecientes a la Administración General del Estado, disminuyeran su consumo de energía en un 20% para el año 2016, mediante la realización de medidas de ahorro y eficiencia energética, bajo la modalidad de contratos de servicios energéticos, realizadas por empresas de servicios energéticos. Los centros consumidores se seleccionan teniendo en cuenta varios criterios,

entre los cuales se destacan el área (> 30000m^2), la facturación energética y de mantenimiento de las instalaciones consumidoras de energía (> 40000 €/año), además no se seleccionan aquellos edificios que se encuentren en arrendamiento, situados en el extranjero, provisionales, aquellos que se vayan a vender en un plazo inferior a 5 años y aquellos que se rehabiliten integralmente en un plazo igual o inferior a 3 años. (Gobierno de España, 2018)

Un ejemplo en España es la Universidad de Leioa, Bilbao.

- **Campus de la Universidad de Leioa, Bilbao, España (Área Climática Oceánica)**: La Universidad fue construida en la década de 1970, está administrada por la Universidad del País Vasco. El área modernizada incluye las oficinas de rectores de la Universidad y la escuela de jardín Kínder, que cubre un área de 9200 m^2. Es un edificio enmarcado de hormigón de cuatro pisos que consta de tres bloques (este, centro y oeste). Todo el envolvente del edificio se moderniza con el nuevo sistema externo súper aislado. Las ventanas del sur son reemplazadas con los nuevos sistemas de ventanas reversibles y las ventanas del norte son reemplazadas por ventanas de baja emisión. La iluminación interna es reemplazada por un sistema de iluminación inteligente que combina luz natural, sistemas LED y un control inteligente sobre toda el área ocupada. Se instala un sistema colector solar térmico dentro del edificio para producir las temperaturas de agua requeridas para el suministro de agua caliente en el sistema de calefacción y para un rendimiento de enfriamiento satisfactorio para el edificio durante la temporada de calefacción. Se instala una ventilación híbrida centralizada con sistema de recuperación de calor con operación de economizador optimizado para enfriamiento libre. El enfriamiento se proporciona mediante la instalación de una subestación térmica doble en el edificio suministrada por el sistema colector solar y la red de calefacción urbana. Un sistema de tubería de distribución de agua fría entrega la refrigeración al subsistema de difusión que consta de 2 fancoils de tubería desplegados en las habitaciones del área restaurada. Se instalan válvulas de control termostáticas adicionales en los radiadores y se instalan actuadores automáticos para permitir la detección de presencia y estrategias de control impulsadas por el estado de la ventana. Se instala un almacenamiento térmico a corto plazo para mejorar el diseño y el rendimiento del sistema colector solar y optimizar su integración con la subestación térmica del edificio. (A2PBEER, 2016)

Fuente: (A2PBEER, 2016)

Fig. 1 Campus Universidad Leioa, Bilbao,

(A la izquierda edificio antes de la adecuación, a la derecha: edificio después de la adecuación).

- **<u>Museo Marítimo</u> de Tecnología en Malmo, Suecia (Área Climática Continental):** Construido en la década de 1950, el edificio de demostración sueco se encuentra en Malmo, en la parte más meridional de Suecia. El Museo Marítimo de Tecnología consta de tres plantas que contienen oficinas y talleres, pero con la mayoría del espacio utilizado para exposiciones. Un submarino de 1940 está unido al edificio por una pasarela acristalada que está mal aislada principalmente debido a la instalación de ventanas de un solo vidrio**.** La construcción del edificio consiste en un marco de hormigón prefabricado con las paredes externas rellenas con bloques de hormigón aireado. Los pilares de hormigón que soportan cargas se alinean en el área de exposición que sostiene el techo con una serie de vigas de celosía de acero. Las ventanas originales de doble acristalamiento han sido parcialmente reemplazadas a lo largo de los años. En el lado norte, hay una gran sección de ventanas y se instalan luces de techo con marco de aluminio a lo largo de todo el techo. Excepto por el reemplazo de algunas de las ventanas, no se han hecho modificaciones importantes sobre la fachada del edificio desde su construcción. Como se mencionó anteriormente, la elevación norte alberga una gran área acristalada que representa el 30% de la superficie de la pared. Muchas de las ventanas han sido reemplazadas con unidades de ventanas de aluminio con doble acristalamiento estándar selladas. El sistema central de calefacción del distrito de Malmo proporciona calefacción y agua caliente sanitaria a todo el edificio. Actualmente no hay ninguna disposición para el enfriamiento. Una planta de tratamiento de aire en el sitio proporciona ventilación al área de exposición solamente. (A2PBEER, 2016)

Fuente: (A2PBEER, 2016)

Fig. 2 Museo Marítimo de tecnología, Malmo, Suecia,

Vista frontal del edificio (izq.) y submarino anexo al edificio (der)

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS PÚBLICOS – CASO COLOMBIA

Edificio ISAGEN – Brookfield Medellín Colombia

Un ejemplo a destacar de edificios sostenibles en Colombia se encuentra localizado en la ciudad de Medellín que pertenece a ISAGEN - Brookfield, una de las mayores generadoras de energía en el país. El sistema eléctrico del edificio fue desarrollado con el objeto de cumplir con el requerimiento de Eficiencia Energética por política de la compañía y luego para certificación LEED (LeaderShip in Energy and Enviroment Design). Entre otras cosas los equipos eléctricos y tableros permiten ser integrados al sistema de automatización del

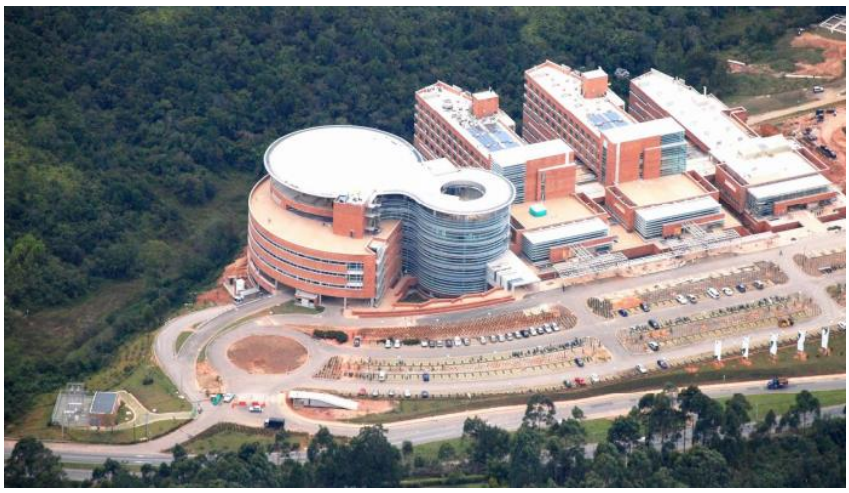
edificio para poder ser monitoreados, evaluados y verificados. En cuanto al diseño de iluminación se emplearon tecnologías de punta eficientes energéticamente como premisa, se establecieron controles para iluminación natural y artificial garantizando el confort de los ocupantes del edificio, las cortinas son controladas por motores digitales ultra silenciosos. En cuanto a aire acondicionado el suministro se realiza por piso levantado ya que tiene menor consumo, menor ruido y es más limpio. La figura 10 muestra una vista exterior del edificio. (Galion V, 2011)

Fuente: Edificio ISAGEN (Galion V, 2011)

Fig. 3 Vista exterior del edificio ISAGEN en Medellín.

Edificio Hospital San Vicente de Paul

Otro ejemplo en Colombia como edificio público y eficiente es el **Hospital San Vicente de Paúl** ubicado en Rionegro Antioquia en donde entre otras cosas se realiza medición y verificación concentrada en la automatización y el control de todos los sistemas del edificio como son: aires acondicionados, iluminación, red contra incendios, plantas de emergencia, ascensores, bombas, etc. Se evidencia un ahorro en iluminación por medio de sensores de presencia y sensores de luz natural, lámparas ahorradoras de larga vida útil, luz natural en un 75% de las zonas de trabajo, la iluminación de cada espacio fue calculada de manera individual a través de programas informáticos de acuerdo a la ubicación, función, ocupación y confort. (Gaviria, 2011)



Fuente: Hospital San Vicente de Paul, Vista aérea (Gaviria, 2011)

Fig. 4 Vista exterior del edificio Hospital San Vicente de Paul, Medellín, Col

Cámara Colombiana de la Infraestructura (CCI)

Caso de la Micro-Cogeneración para la Eficiencia Energética en Edificaciones

Fuente: Edificio calle 26 (Cámara Colombiana de la Infraestructura, 2018)

Fig. 5 Vista exterior del edificio de la Cámara colombiana de la Infraestructura Bogotá Col.

La cogeneración se define como la producción secuencial de energía eléctrica y/o mecánica y de energía térmica aprovechable en los procesos industriales a partir de una misma fuente de energía primaria, una alternativa como método de conservación de energía para la industria, acorde con las políticas de globalización económica regional y con la política internacional orientada a lograr un desarrollo sustentable.

En una planta de generación termoeléctrica se quema normalmente un combustible fósil para producir vapor a alta temperatura y presión, el cual se hace pasar por una turbina para generar energía eléctrica. En este proceso, aún en las plantas más eficientes, se logra la conversión a electricidad de menos del 40% de la energía disponible como calor en el combustible; el resto se descarga a la atmósfera, mediante los gases producto de la

combustión que salen por la chimenea del generador de vapor y en los sistemas de condensación y enfriamiento del ciclo termodinámico.

La mayoría de los procesos industriales y aplicaciones comerciales requieren vapor y calor a baja temperatura. Así, ellos pueden combinar la producción de electricidad y calor para los procesos, aprovechando la energía que de otra forma se desecharía, como ocurre en las centrales termoeléctricas convencionales; a esta manera de aprovechar el calor de desecho se le conoce como cogeneración

Avanzar en eficiencia energética en generación distribuida es una premisa de la política energética que le apuesta a la construcción de edificios energéticamente más eficientes, para permitir un mayor aprovechamiento energético con actuaciones como la reducción en la demanda de edificación, la utilización de sistemas pasivos y la integración de energías renovables.

Con la gestión de micro generación de Gas Natural Fenosa en el Edificio de Cámara Colombiana de Infraestructura-CCI (20.000m^2 de oficinas), ubicado en Bogotá, esta construcción se perfila como uno de los edificios más eficientes de América Latina, con una inversión del proyecto de cerca de 4.400 millones de pesos, una TIR a 18,6%, un periodo de retorno de la Inversión de máximo 5 años.

En la cubierta de la edificación se encuentra instalado un sistema de cogeneración con micro-turbinas alimentadas por Gas Natural, que con una capacidad de generación de 1.1MW provee el 100% de la demanda eléctrica del edificio. Uno de los aspectos más importantes es el aprovechamiento del calor sobrante de la combustión de micro cogeneración por demanda, que mediante un sistema de recuperación de calor y un Chiller de absorción provee el 70% de las 400 toneladas de refrigeración que demanda el edificio para sus necesidades de confort y otorga una eficiencia total superior al 65%. La demanda disminuye en un 25% los kWh mes, con un sistema de absorción para la producción del frío. Así, el costo de generar los kWh que finalmente demanda el edificio representa solo un 40% de los kWh comprados a la red. Aprovechando las ventajas que ofrecen las microturbinas, amigables con el medio ambiente y con su entorno por su nivel de ruido mínimo (65 db a 10 m), solo requiere en promedio 6 horas al año de mantenimiento y genera el total de la energía demandada a precios que pueden llegar a 150 pesos por kWh.

La evidencia de esta eficiencia impulsó a la compañía a adoptar un proyecto similar a nivel interno en Gas-oriente - Bucaramanga. Allí se evidenció un gran potencial de ahorros en mantenimiento de equipos y generación de energía, demandada por una mayor ocupación del edificio. Para este emprendimiento se proyecta un costo de la inversión de 385 millones de pesos, un periodo de pago simple de 4 años y una TIR a 24,1%.

Con base en estas experiencias, Gas Natural Fenosa manifiesta a las Empresas de Servicios Energéticos (ESCOs) y a otros agentes interesados su disposición de trabajar conjuntamente en los proyectos de eficiencia energética que tanta falta le hacen a la industria colombiana y que en el mediano plazo serán motor de la economía en el sector energético.

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS – DESARROLLO DE TRABAJOS

En la Universidad Distrital en el año 2013 fue desarrollada una caracterización energética pero únicamente para la sede de la calle 40, específicamente para el edificio Alejandro Suarez Copete (Pinzon Casallas & Corredor Ruiz, 2013), en el trabajo se dan a conocer cada uno de los usos finales del consumo de energía eléctrica y se realizan algunas recomendaciones para mitigar el consumo de electricidad, se considera que el documento puede servir como guía para desarrollar una caracterización energética en los demás edificios de la Universidad.

Para el año 2014, siguiendo el documento mencionado en el párrafo anterior y el interés de la Universidad Distrital para comenzar a trabajar en un plan de eficiencia energética en pro de dar cumplimiento con las exigencias para la evaluación de desempeño energético de las instalaciones y la eficiencia energética, se contrataron los servicios de consultoría de la entidad “Corpoema” con lo cual se realizó un diagnóstico energético en las diferentes sedes de la Universidad Distrital (CORPOEMA, 2014) esta caracterización energética fue realizada a las sedes de Macarena A, Tecnológica, Vivero y Artes, los resultados obtenidos fueron dejados a disposición de la oficina SGA – PIGA en 2014.

Para el año 2017, la Universidad con los requerimientos de gestión eficiente de energía, evaluación del sistema eléctrico en sus sedes y para conocer el estado de la infraestructura eléctrica y obtener un diagnóstico de la misma contrató los servicios de consultoría de la empresa (NC Ingeniería, Consultoría, Interventoría, 2017) la cual realizó un análisis exhaustivo de las redes eléctricas y el estado de la mismas, hicieron una distribución de consumo por uso final y propusieron recomendaciones técnicas para mejorar la infraestructura eléctrica, cabe destacar del informe que fue desarrollado hace un año y la información es muy cercana a lo propuesto para el desarrollo del plan de mejoramiento de eficiencia energética en el presente trabajo.

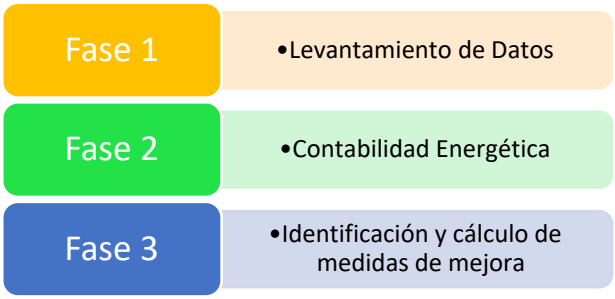
Al finalizar el año 2017, dos estudiantes de ingeniería eléctrica de la Universidad Distrital realizaron una caracterización energética como pasantía para la oficina SGA – PIGA a la sede Macarena A, debido a que en la consultoría realizada por NL Ingeniería no fue tenida en cuenta dicha sede, el desarrollo es muy similar a lo propuesto en 2013 por (Pinzon Casallas & Corredor Ruiz, 2013)

4.2. Marco Teórico

4.2.1. Diagnóstico energético

Es el estudio y análisis del uso de la energía eléctrica en un edificio, proceso o sistema, el objetivo principal es identificar las oportunidades de ahorro de energía eléctrica en las instalaciones eléctricas (Agencia Chilena de La Eficiencia Energética, 2014).

El diagnóstico se desarrolla en tres fases



Fuente: Guía de diagnóstico energético (Agencia Chilena de La Eficiencia Energética, 2014)

Fig. 6 Fases de un diagnóstico energético.

En el caso del diagnóstico de la energía eléctrica se realiza el levantamiento de la información de las instalaciones eléctricas, de los dispositivos, locaciones y el uso de los espacios de la edificación, a continuación, se exponen los aspectos más importantes a tener en cuenta para el análisis:

- Planos del edificio
- Diagramas unifilares
- Facturas de consumo energético
- Horario de funcionamiento de las instalaciones y equipos
- Equipos conectados a la instalación eléctrica.

Adicional a esta información es necesario realizar una visita a las instalaciones y hacer el levantamiento de la información requerida, según el documento de la Agencia de Eficiencia energética de chile[1] se recomiendan tres fases para el diagnóstico energético:

FASE 1. LEVANTAMIENTO DE DATOS

Es el primer paso para el diagnóstico energético, consiste en identificar los diferentes usos de la energía en las instalaciones eléctricas.

La información recopilada debe contener la información característica de la potencia y la tensión, así como las horas de uso del dispositivo.

Se deben establecer los usos finales de la energía, generalmente en un edificio existen los siguientes grupos:

- **Iluminación**
- **Equipos ofimáticos**
- **Motores y bombas**
- **Aires acondicionados**
- **Ascensores**

Registro de los datos de Iluminación

Al hacer la visita a las instalaciones de la edificación se deben identificar los diferentes espacios, los usos y las horas que permanece en servicio, adicionalmente se deben levantar datos sobre el tipo de luminarias usadas dentro de la edificación.

Registro de Equipos ofimáticos

En el grupo de los equipos ofimáticos es necesario establecer que tipos de equipos existen en el edificio, si son equipos portátiles, de mesa, equipos de video, TV e impresoras.

Registro de Motores y bombas

Es necesario hacer una visita a los sistemas de bombeo y sistemas contraincendios, a fin de tomar datos como potencia, tensión, factor de potencia, etc. de la placa característica.

Registro de Aires acondicionados

Generalmente en una edificación se pueden encontrar tres tipos de métodos para acondicionar el aire en un ambiente, estos métodos son:

- Circulación de gas refrigerante
- Circulación de agua fría o caliente
- Ventilación forzada de aire a temperatura ambiente

Para cada uno de los equipos encontrados según la clasificación anterior se registran datos como la capacidad térmica, la potencia eléctrica del equipo y las horas de uso entre otros.

Registro de Ascensores

En la mayoría de edificios hay ascensores donde el consumo de energía depende del nivel de uso del edificio, en el caso de una institución de educación superior o edificio administrativo la frecuencia de uso es alta (alrededor de 14 horas al día), por lo tanto es necesario registrar la potencia de los ascensores y las horas de uso para determinar la energía consumida.

Medición de parámetros

Para realizar un diagnóstico energético a profundidad es necesario utilizar equipos de medición y establecer con anterioridad un plan de toma de medida y registro de variables. Algunos de los equipos más usados para evaluar las variables energéticas se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1 Parámetros y dispositivos usados para la medición

Parámetro	Equipo
Energía y consumo	Analizador de redes
Temperatura	Registrador de temperatura
Iluminancia	Luxómetro

Tomado de: (Agencia Chilena de La Eficiencia Energética, 2014)

Para realizar las medidas es necesario consultar documentos sobre el procedimiento de medida, para el caso de las variables eléctricas generalmente son usados analizadores de redes, luxómetros, termómetros digitales y cámaras termográficas.

EQUIPOS DE MEDIDA

Analizador de redes

Fuente: imagen tomada al dispositivo

Fig. 7 PQA HT 824, equipo analizador de redes, físico del dispositivo, equipo conectado al tablero.

El analizador de redes o PQA tiene la capacidad de registrar eventos en los parámetros eléctricos, así como también hacer seguimiento del comportamiento de las variables en el tiempo.

En el caso del diagnóstico energético son realizados registros de las variables de tensión, frecuencia, distorsión armónica, potencia activa, reactiva y aparente, adicionalmente puede observar si existe configuración de la red instalada; generalmente se instala en los tableros totalizadores de los edificios o en un circuito totalizador secundario según sea el requerimiento.

El tiempo para el registro de variables depende del periodo o ciclo de uso de una instalación o equipo, para un edificio público por ejemplo se puede realizar por una semana completa para comprender y analizar con mayor profundidad el comportamiento de la demanda energética tanto en los días laborales (lunes a viernes), como los fines de semana.

Registrador de Temperatura

Fuente: Kleintools México, tienda en línea.

Fig. 8 Dispositivo electrónico registrador de temperatura.

El registrador de temperatura permite observar la evolución de la temperatura a lo largo de un periodo, es usado en aquellas edificaciones donde es importante hacer uso de los dispositivos intercambiadores de calor y aires acondicionados.

Luxómetro

Fuente: HT Instruments, soporte técnico Web Page

Fig. 9 Luxómetro digital HT Instruments

Suministra información sobre el nivel de iluminación que hay en un espacio permitiendo analizar su conformidad con respecto a los requerimientos de iluminación establecidos por una norma técnica de iluminación, en este caso es necesario investigar que normas rigen tal parámetro.

Otros dispositivos de medición

- Pinzas amperimétricas
- Metro
- Cámara termográfica

FASE 2. CONTABILIDAD ENERGÉTICA

La contabilidad energética es el análisis de todos los suministros de energía, se realiza el reparto del consumo energético en la instalación.

Análisis de los suministros energéticos

Para el caso de los consumos energéticos facturados es necesario conocer cuánto se factura, qué valor tiene la unidad facturada y el total facturado para la edificación en materia de energía eléctrica, los valores que se han de tener en cuenta son:

- Cantidad de energía eléctrica facturada
- Costo de la unidad
- Valor total mensual de la energía

Lo ideal para establecer el comportamiento del consumo energético es mediante la recolección de la información de las facturas correspondientes a los 12 últimos meses, esto permite generar curvas de consumo, comparar con otras variables y generar indicadores de gestión energética.

Lo recomendable para organizar los datos de los recibos es mediante una tabla de registro como la siguiente:

Tabla 2 Ejemplo de numeración de los datos tomados a la factura de energía eléctrica

Periodo de lectura		Consumo de electricidad	
Desde	**Hasta**	**Energía Activa**	**Costo**
28 - Dic - 2017	27- Ene - 2018	91.275	41.073.750
28 - Ene - 2017	27- Feb - 2018	91.275	41.073.750

Tomado de: (Agencia Chilena de La Eficiencia Energética, 2014)

A partir de los registros obtenidos se generan las curvas de demanda energética que permiten comparar el comportamiento del consumo durante todos los meses del año.

Elaboración del Balance energético

El consumo energético de un sistema eléctrico requiere cuantificar el consumo y compararlo con la facturación o demanda energética, para esto se usa lo obtenido en la fase 1 como son las horas de uso de los diferentes dispositivos, espacios y otros que están involucrados con el uso de la energía eléctrica.

Demanda de Potencia

La demanda de potencia de un edificio fluctúa día a día y depende tanto de la ocupación del edificio como de las cargas conectadas y su correspondiente uso diario, generalmente es necesario establecer un factor de carga y un factor de demanda en la instalación.

TIPOS DE BALANCES ENERGÉTICOS

Con el censo realizado a las instalaciones eléctricas y los análisis a la información recolectada se obtiene una discriminación por uso final y el porcentaje de participación en el consumo energético de cada uno de estos.

Balance por uso final

Corresponde a la participación expresada en porcentaje dentro del consumo de energía eléctrica en la edificación con respecto al total. La importancia del análisis se basa en conocer exactamente cuál es el peso relativo de cada uno de los centros de consumo energético en toda la instalación eléctrica.

¿Cómo se realiza?, teóricamente el valor facturado debe ser igual a la suma de la energía consumida por todos los dispositivos en las instalaciones eléctricas al año lo que considera que la desviación no debe ser muy grande, un valor tolerable puede ser el 10% pero en caso de no cumplirse se debe verificar de manera minuciosa la demanda horaria de cada dispositivo.

Balance por suministros

Consiste en desglosar por fuentes de energía utilizadas todo el consumo energético de la instalación. Es decir, se debe dividir el consumo energético total diferenciando el consumo eléctrico y el consumo de combustibles (diésel, gas natural, leña, entre otros).

Balance por usos de una fuente de energía

Consiste en desglosar por centros de consumo todo el consumo energético de la instalación para una determinada fuente energética. Es decir, se debe indicar el porcentaje de consumo de una determinada fuente de energía para cada uso.

Balance por usos total

Consiste en desglosar por centros de consumo todo el consumo energético total de la instalación sin diferencias por fuente energética.

Establecimiento De La Línea Base

A partir de la información obtenida en el balance energético es posible establecer una línea de base energética que tenga en cuenta aquella(s) variable(s) que afecta considerablemente el consumo de electricidad, más adelante se desarrolla la línea de base, pero para esto como primer paso se establecen los indicadores de desempeño energético.

FASE 3. Identificación y cálculo de medidas de mejora de eficiencia energética

La identificación de oportunidades de mejora es la última fase de un diagnóstico energético como resultado se obtiene un listado de acciones a implementar para la reducción del consumo energético y la gestión eficiente de la energía.

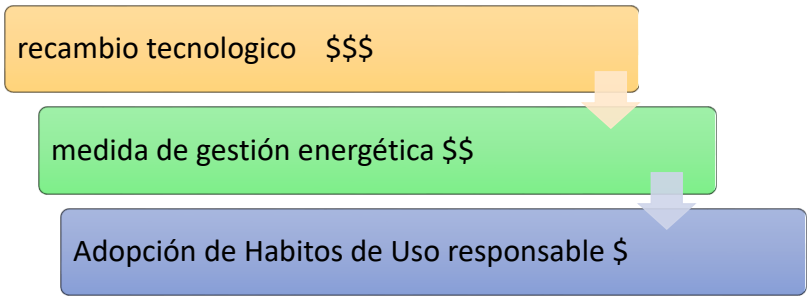
La tarea es identificar las principales medidas para cada uno de los usos finales de la energía que tengan gran participación en el consumo energético, así mismo calcular la mejora de la eficiencia y la disminución del consumo energético implementando las medidas.

Medidas de mejora

Para las medidas de mejora se pueden identificar las acciones que permitan disminuir el consumo por uso final y optimizar el consumo de energía vs el uso real de la misma.

Se pueden considerar algunas medidas que generalmente son tomadas en cualquier proyecto que se relacione con la gestión eficiente y la disminución del consumo energético.

Para evaluar se ordenan de mayor costo a menor costo las acciones a implementar, por ejemplo:



Fuente: (Agencia Chilena de La Eficiencia Energética, 2014)

Fig. 10 Acciones que se pueden tomar para el uso racional de la energía eléctrica

Cada una de las alternativas tiene tanto un costo como una tasa de retorno de acuerdo a la implementación, las inversiones y las metodologías a usar, también se tiene en cuenta el impacto generado por ende se debe realizar una lista de acciones y recomendaciones sustentadas con costos por cada acción.

Cálculo del desempeño y el ahorro energético

El cálculo del desempeño energético se obtiene multiplicando la diferencia entre la potencia antes de implantar las medidas y la final por las horas o tiempo.

$$Eg = (Pi - Pf) * t$$

Tomado de: (Agencia Chilena de La Eficiencia Energética, 2014)

Ahorro económico: se obtiene mediante la resta entre el costo del consumo inicial menos el costo del consumo después de implementada la medida o las medidas.

Inversión: Cuantifica el costo necesario para implementar las medidas planteadas.

Periodo de retorno: este evalúa cuánto tiempo puede tomar el retorno de la inversión realizada en las medidas que buscan disminuir el consumo energético.

4.2.2. Indicadores de Desempeño energético

En muchos países se han implementado las normas ISO que establecen sistemas de gestión a nivel internacional, para la gestión de la energía ha sido creada la ISO 50001 que establece los pasos a seguir para hacer una gestión eficiente de la energía eléctrica, para poder llegar a la gestión energética es necesario definir una Línea de Base energética y unos indicadores de desempeño.

Para el año 2014 fue publicada la norma ISO 50006 que acompaña la norma de gestión energética 50001, creada para establecer la medición del rendimiento energético, de acuerdo a lo establecido por la norma los indicadores de gestión se establecen identificando los principales factores que influyen en la variación de consumo energético.

Los indicadores de desempeño energético suelen ser tales como:

Consumo de electricidad para iluminación en una organización

Permite evaluar la relación del consumo de energía por área iluminada. (W/m2)

Consumo de energía por unidad de superficie

Permite relacionar el consumo de energía por unidad de área construida. (W/m2)

Consumo de electricidad por uso final

Consumo por cada uno de los usos finales de la energía, en este caso es comparado entre los demás existentes en la instalación eléctrica.

Consumo de electricidad por persona

Este permite establecer el consumo energético por persona en la instalación eléctrica de la edificación.

Tabla 3 Indicadores más usados en materia de eficiencia energética

Indicador	Descripción	Unidad
Consumo de energía (total)	Absoluto	kWh, MWh
Consumo de energía (específico)	Energía consumida total/Producción total	kWh/kg
Aportes de la fuente de energía	$\frac{Energía\ aportada\ por\ fuente}{Energía\ total\ Consumida} * 100$	%
Intensidad de la Energía	$\frac{Energía\ consumida\ en\ el\ proceso}{Energía\ total\ consumida} * 100$	%
Eficiencia	$\frac{Potencia\ aprovechada}{Potencia\ Suministrada} * 100$	%
Consumo energético por área	$\frac{Energía\ total\ consumida}{Area\ construida}$	%
Consumo energético por iluminación	$\frac{Potencia\ por\ uso\ final\ de\ iluminacion}{Area\ total\ que\ usa\ la\ iluminacion} * 100$	%
Factor de emisiones	Cantidad de toneladas de CO2 equivalentes	TonCO2
Consumo energético per cápita	$\frac{Energía\ total\ consumida}{Numero\ de\ personas\ en\ la\ edificacion} * 100$	kWh/per-cápita

Tomado de: (Agencia Chilena de La Eficiencia Energética, 2014)

4.2.3. Línea Base

Para plantear la línea base se debe establecer la relación existente entre la energía consumida y una variable influya significativamente en su comportamiento, para tal motivo es necesario identificar la correlación del consumo energético vs la variable considerada (número de personas, el área ocupada o la temperatura según sea el caso).

La base se establece en un periodo de 12 meses entre el consumo energético y la variable que más influya, existen varias metodologías para la estructuración como se exponen en el protocolo internacional IPMVP (EVO) o la guía 14 de (ASHRAE).

Las curvas de tendencia tanto de consumo, de crecimiento poblacional y de eficiencia en el consumo energético pueden dictaminar a qué punto se puede llegar con una intervención, teniendo en cuenta el punto de partida el consumo energético puede ser comparado entre dos periodos, observando la tendencia con la intervención propuesta y el consumo actual, esto evalúa que tan desviado se puede estar del objetivo y realizar ajustes correspondientes mediante gestión energética.

De todo lo anterior se puede decir que se ha conseguido:

- Suministros energéticos analizados
- Balance energético elaborado.
- Línea base establecida

- El proyecto debe definir una línea base por ende se debe crear relación entre el consumo energético y otra variable adicional como puede ser cantidad de personas que hacen uso del recurso, unidades de producción u otras.

Línea de base energética

Definición

Se constituye como una referencia cuantitativa que proporciona la base de comparación del desempeño energético en un período especificado de tiempo. Debe ser normalizada utilizando variables que afecten el uso y/o el consumo de la energía, del mismo modo que corresponde utilizarla para calcular los ahorros energéticos, como una referencia antes y después de implementar las acciones de mejora del desempeño energético. (Albiol Rodríguez & LLoveras Macia, 2010)

Fuente: (Albiol Rodríguez & LLoveras Macia, 2010)

Fig. 11 . Fases de la planificación energética

Establecimiento de líneas de base energéticas*

Pasos a seguir para establecer las líneas base son:

- Determinar el propósito específico para el cual se utilizarán las Líneas de Base energéticas.
- Determinar un período de datos adecuado: el periodo de referencia y el de presentación de informes debe ser lo suficientemente largo como para asegurar la

variabilidad de los patrones. Son de 12 meses para tener en cuenta la relación entre el consumo y las estaciones.

- Recopilación de datos.
- Determinar y comprobar las líneas de base energéticas: para determinar las líneas base, deben medirse y calcularse los diferentes indicadores haciendo uso del consumo de energía, así como de las variables relevantes. Se ha de probar la validez de la línea base para asegurar que es una referencia apropiada.

*Tomado de: (IDAE, 2018)

Actividades Para Establecer Línea Base

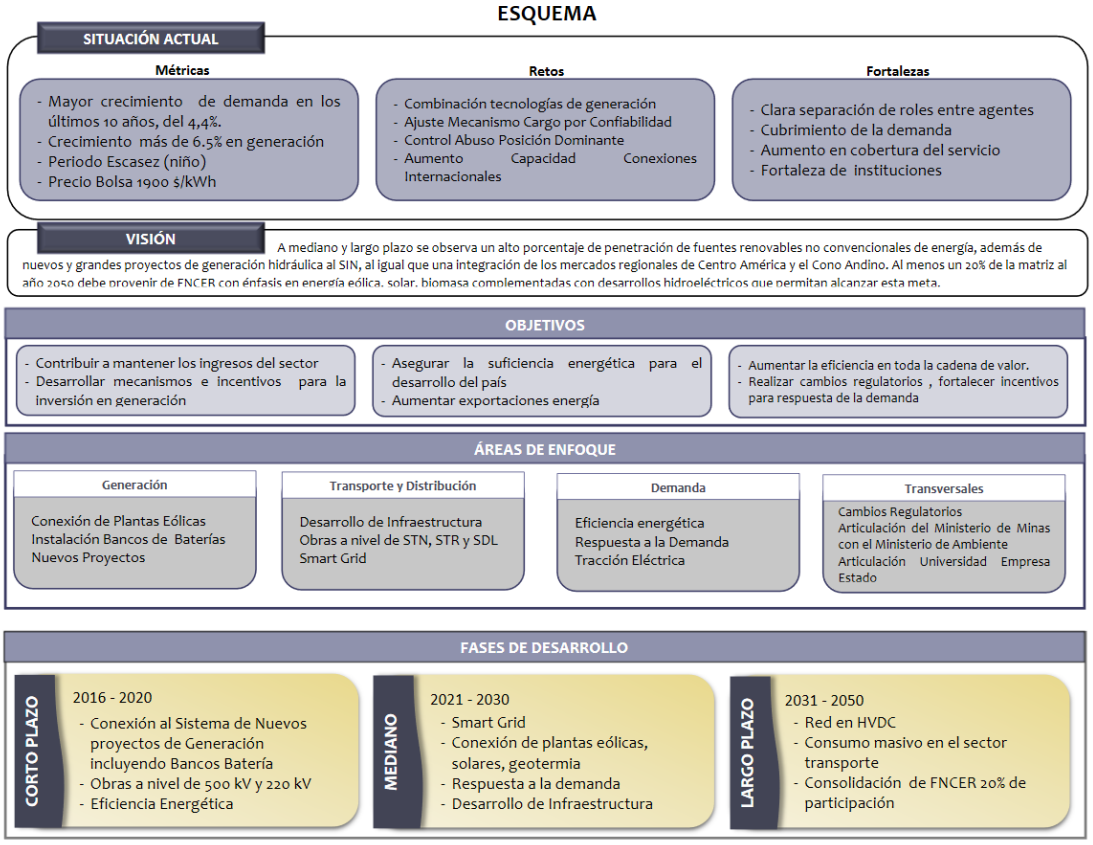
Tabla 4 Actividades para establecer la línea base

Actividad N°	Descripción	Responsables	Documentos y registros
1	Recopilar los datos de facturas de energía del OR y registrar mediante equipos portátiles los consumos y perfiles de demanda.	Personal Experto en el área	Registros obtenidos del equipo y tablas de datos digitalizados de los valores mensuales.
2	Identificar las variables que afectan de manera significativa el consumo energético	Personal Experto en el área	Formato y relación de los indicadores de gestión energética
3	Realizar grafico de dispersión con los datos obtenidos	Personal Experto en el área	Registros y archivos digitales de los indicadores de gestión energética
4	Obtención de la ecuación de relación (Regresión lineal de la gráfica de dispersión obtenida en el numeral 3)	Personal Experto en el área	Registros y archivos digitales en tablas Excel, generación de graficas de tendencia.
5	Revisar la ecuación lineal obtenida $E = mP + E_0$ E= Consumo energético del periodo seleccionado P= Variable significativa del periodo seleccionado m= razón de cambio del consumo de energía eléctrica respecto a la variable significativa E_0= Consumo de energía que no depende de la variable significativa.	Personal Experto en el área	Registros y tablas digitales en Excel.

Fuente: Procedimiento para líneas base de energía (Universidad del Atlantico, 2015)

La anterior tabla describe los pasos para establecer la línea base, este tomado del documento *"Procedimiento para Establecer Líneas Base de Energía"*, Las tareas y las actividades a realizar para establecer una línea base requieren tanto de una buena base de datos históricos como de un buen análisis.

4.2.4. Estructura del mapa de Ruta basados en MAPAS DE RUTA PARA LA MATERIALIZACIÓN DE DOS OBJETIVOS ENERGÉTICOS (CIDET - UPME)



Fuente: Mapa de ruta para el sector Eléctrico, ejemplo (CIDET - IEB , 2015)

Fig. 12 . Estructura del proceso metodológico para la elaboración del Roadmap

La estructuración del mapa de ruta anterior es con base a los objetivos del Plan Nacional Energético, en el documento (CIDET - IEB , 2015) se establece la metodología con la cual ha sido creado el mapa que fue adoptada a su vez de los Mapas de ruta Colombia Inteligente; en la parte superior se describe la situación actual, se establecen los indicadores medibles, los retos y las fortalezas, se plantea una visión, unos objetivos dependiendo de las áreas de enfoque y posteriormente son establecidas las fases de desarrollo, se recuerda que previamente se hizo una revisión al estado actual lo que permite establecer las metas de corto, mediano y largo plazo estableciendo las tareas a llevar a cabo así como las restricciones o barreras que pueden presentarse.

Estructura del mapa de ruta

Para estructurar el mapa de ruta se recomienda seguir los siguientes pasos:

- **Análisis de la situación actual**

En este aspecto se analiza el estado actual del tema que se está abordando, se evalúa cada uno de los ámbitos que afectan el punto de investigación y el objetivo del mapa de ruta. Es importante dar a conocer la variedad, los números, la estadística, los puntos de enfoque que pueden fortalecerse, y aquellos que pueden interferir en las actividades que se han de proponer para el mapa de ruta.

En la situación actual es necesario establecer los indicadores, de los cuales se habla más adelante, los diferentes escenarios y las formas de cómo se desea gestionar.

Factores de Medición

Las métricas o los factores de medición permiten establecer en que situación o condición se encuentra el tema al cual se desea someter el estudio y la implementación, es necesario establecer cada uno de los parámetros a partir de unas líneas base y unos indicadores de gestión que permitirán hacer seguimiento y correcciones.

Establecimiento de fortalezas

El grupo disciplinario encargado de la estructuración del mapa de ruta se encarga de establecer las fortalezas que pueda existir para desarrollarse y las oportunidades que existen y que facilitan el desarrollo de las actividades propuestas en el mapa de ruta.

Establecimiento de Retos

Muchas de las propuestas tienen retos y es necesario tenerlos en cuenta para buscar las alternativas o las soluciones y anticiparse a aquellos, depende de los objetivos y la situación en que se desarrolle puede ayudar a generar más ideas, establecer mejores oportunidades, planear mejor las actividades y desarrollar a cabalidad las tareas para llegar al objetivo del mapa de ruta

Cuellos de Botella

De los retos aparecen los cuellos de botella, sin importar que tanto puedan afectar se llega a un estancamiento del desarrollo en las actividades propuestas evitando el avance hacia otras tareas y actividades que entre si son complementarias o dependientes, aquí se tienen en cuenta aquellas limitaciones regulatorias, de compromiso y sobre todo las oposiciones al cambio o trabas que puedan existir, son complementarias a los retos lo cual exige que en el transcurso de las actividades se establezcan gestiones que agilicen o se adelanten a un posible estancamiento.

Visión

Un mapa de ruta es como el desarrollo de varias actividades que en conjunto apuntan a un mismo objetivo, para esto se debe crear una sinergia entre las personas involucradas con el mismo, se ha de establecer cómo se proyecta cumpliendo los objetivos, lo que ayuda a impulsar el interés de quienes participan dentro del desarrollo el mismo mapa de ruta.

Objetivos

Los objetivos describen a donde se quiere llegar y las herramientas, actividades o tareas que permitan llegar a tales objetivos.

Áreas de Enfoque

Es de interés conocer las áreas en las cuales se pretende trabajar, en muchos de los casos son procesos, actividades o tareas para obtener un producto, en el caso de la estructuración de temas de gestión se evalúan las áreas que podrían impactar en gran medida a la situación deseable establecida tanto en los objetivos como en la meta, esto obtenido de un previo análisis.

Fases de Desarrollo

Las fases de desarrollo se generan de acuerdo al tiempo que comprende el mapa de ruta, en muchos casos es relativo, las fases se establecen en el corto, mediano y largo plazo, dentro de estas se muestran las actividades o tareas a realizar teniendo en cuenta el tiempo requerido por cada actividad en particular, siempre se comienza con lo prioritario que debe estar planeado por parte de las altas directivas para los años siguientes y de esta manera encaminar nuevos programas. Existen casos en los cuales se genera un nuevo mapa de ruta a partir de uno anterior buscando corregir las falencias del anterior.

Definición de Trayectorias

Se definen las trayectorias de acuerdo a las posibilidades o a lo que ha sido determinado como probable durante el estudio o análisis, para cada trayectoria se establece una lista de tareas o actividades por cumplir, se generan las alternativas que podrían darse de acuerdo a cada escenario en las fases de desarrollo.

Análisis de Trayectorias

Cada una de los caminos alternativos o trayectorias se analizan con el fin de observar los retos que pueden existir para desarrollar cada trayectoria.

5. ACTIVIDADES GENERALES REALIZADAS DURANTE LA PASANTÍA

Consulta de la información base del marco teórico

En esta parte se realizó documentación sobre eficiencia energética y diagnóstico energético a nivel mundial, nacional y local, la información recolectada fue evaluada para obtener la base para realizar el levantamiento de datos y la estructuración del mapa de ruta.

Establecimiento del estado actual de las principales sedes de la Universidad

Fue recolectada información de las principales sedes tomadas dentro del trabajo como las más importantes de la Universidad, se consultó la facturación mensual, población y las actividades propias de cada espacio, otra tarea fue el análisis y establecimiento del indicador por área construida para identificar las dos sedes con mayor consumo.

Levantamiento de la información de las sedes – Vivero y Sede Calle 40

Se consultó información en las oficinas de la Universidad como Recursos Físicos y la oficina SGA – PIGA, con la cual se logró establecer los indicadores de consumo energético más relevantes y se identificaron las sedes con el indicador más alto para finalmente comenzar a establecer una radiografía de la situación actual de las sedes.

Por otro lado, para estructurar el mapa de ruta, se hizo necesaria la búsqueda de más información para las sedes Vivero y sede Calle 40, identificadas con el mayor índice de consumo de energía eléctrica por área construida, se realizaron mediciones a partir de los dispositivos de calidad de potencia o PQA, se establecieron los usos de las instalaciones y se consultaron la cantidad de equipos.

Toma de muestras en los tableros de distribución en las sedes Vivero y Calle 40.

En los tableros fueron conectados los equipos PQA que permitieron determinar los perfiles de demanda, así como la distribución del consumo de energía durante una semana, al conectar cada equipo se tuvo en cuenta entre otras cosas el método de conexión y la ubicación de los dispositivos, de este modo fue necesario la consulta de planos de la red interna de las sedes para identificar los puntos de conexión de los dispositivos, las muestras fueron tomadas en ambas sedes en dos periodos diferentes, vacaciones y académico normal.

El diagnóstico energético

Para realizar el diagnóstico energético a las sedes luego de tomar las muestras para crear los perfiles de demanda de ambas sedes se establecieron parámetros individuales a considerar en cada sede y se siguieron las recomendaciones de la “Guía de Diagnostico Energético Para Instituciones de Educación Superior” de la Agencia de la Eficiencia Energética en Chile, de acuerdo a lo anterior en la sede Calle 40 se sumaron las demandas de los tres edificios y estableció un indicador común para toda la sede.

La sede Vivero es una sede particular, en esta funcionan en su gran mayoría salones de clase, laboratorios y Viveros, esta sede cuenta con dos puntos de consumo, uno ubicado hacia los cerros orientales y el otro ubicado al occidente de la Cra 5 este, la ubicación de la sede y la distribución de los edificios requiere de generalizar los consumos.

Estructura del Mapa de Ruta

Para elaborar las acciones y los planes de acción frente a la mejora de la eficiencia energética es requisito levantar datos de todos los circuitos y las instalaciones eléctricas, establecer los porcentajes de cada uso final, la potencia máxima que puede demandar cada dispositivo, generar indicadores y establecer el punto de partida para saber qué acciones tomar frente a la situación encontrada.

En cuanto a la línea base permite ser usada como valor de referencia para determinar que tanto pueden contribuir las acciones de mejora en hábitos de consumo energético, reconversión tecnológica y como contribuye a disminuir el consumo de energía eléctrica en cada una de las sedes, además de proyectar a la Universidad Distrital a un objetivo en común.

El mapa de ruta generado para la oficina SGA – PIGA establece las acciones y recomendaciones que la misma oficina considerará o no pertinente al uso de dicho mapa de ruta, en la siguiente tabla se muestran las actividades realizadas en la pasantía.

Tabla 5 Actividades realizadas en la pasantía

Actividad	Responsables
Diseño de propuesta para proyecto de pasantía SGA - PIGA	Estudiantes Pasantes
Lectura de documentos sobre eficiencia energética, preparación estado del arte	Estudiantes Pasantes
Recopilación de información sobre la Universidad en tema de eficiencia energética	Estudiantes Pasantes
Consulta y digitalización de la información de las facturas de energía consumos de las sedes de la UD y aspectos sobre características de cada una y Elaboración de gráficos, determinación de indicadores a partir de la información obtenida	Estudiantes Pasantes
Identificación de las dos sedes de mayor consumo energético en la Universidad	Estudiantes Pasantes
Preparación de requerimientos para el procedimiento de toma de medidas en las sedes de mayor consumo energético	Estudiantes Pasantes
Toma de medidas en las sedes Calle 40 y Vivero en vacaciones (Finales Junio – Principios de Julio)	Estudiantes Pasantes
Identificación y censo de cargas de uso final en las sedes de Vivero y Calle 40	Estudiantes Pasantes
Análisis y generación de gráficos a partir de la información obtenida de las mediciones	Estudiantes Pasantes
Recolección de información sobre meteorología, comunidad estudiantil y personal de la sedes a diagnosticar	Estudiantes Pasantes
Diagrama de Pareto e identificación de los usos finales de la energía de mayor consumo- Curva duración de la demanda	Estudiantes Pasantes
Preparación de requerimientos para el procedimiento de toma de medidas en las sedes de mayor consumo energético para periodo académico normal	Estudiantes Pasantes

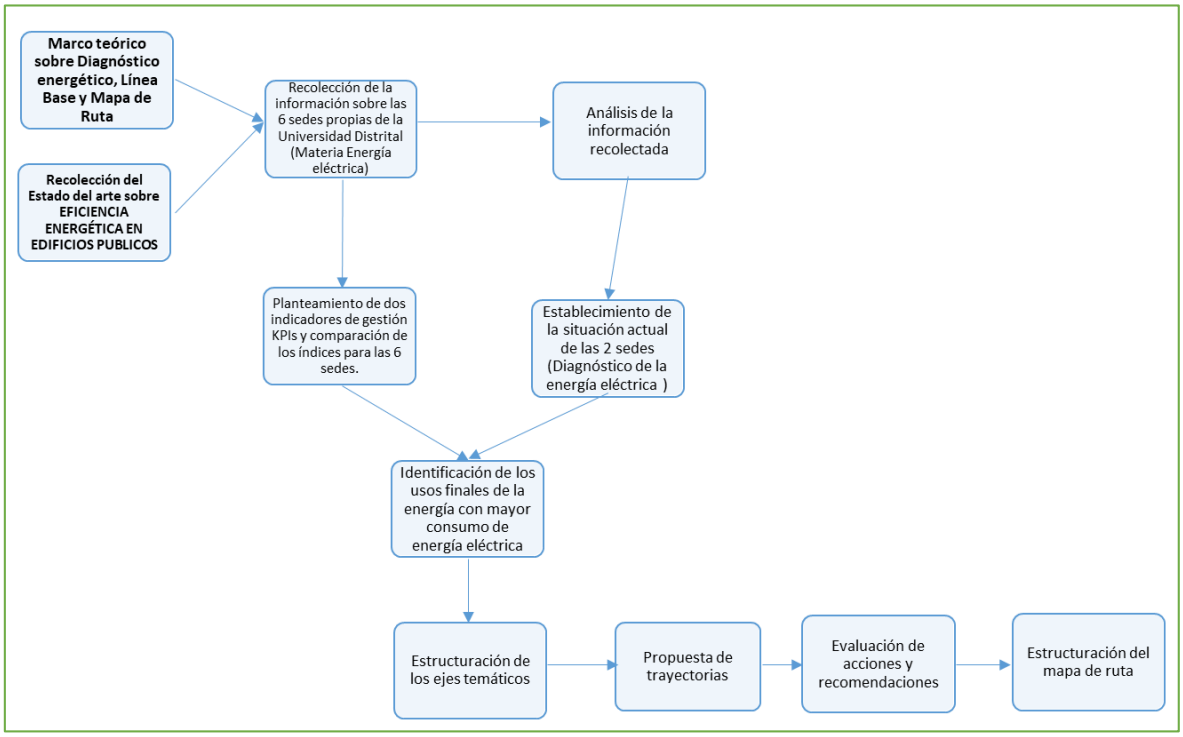
Toma de medidas temporada académica normal en las sedes Vivero y Calle 40. (agosto - septiembre)	Estudiantes Pasantes
Análisis de los datos recopilados en la fase 2 de la toma de medidas en las sedes Vivero y Calle 40	Estudiantes Pasantes
Creación de los perfiles de demanda y establecimiento de las líneas base del consumo de energía eléctrica para las sedes Vivero y Calle 40	Estudiantes Pasantes
Catastro y levantamiento de datos de cada uno de los dispositivos de uso final en las sedes Vivero y Calle 40	Estudiantes Pasantes
Análisis de los datos recopilados sobre los dispositivos de uso final como aires acondicionados, equipos ofimáticos e iluminación.	Estudiantes Pasantes
Comparativos de consumos energéticos facturados y elaboración del diagnóstico energético.	Estudiantes Pasantes
Establecimiento de las medidas de mejora y evaluación de cada medida	Estudiantes Pasantes
Estructuración del mapa de ruta, retroalimentación de la situación actual de las sedes Vivero y Calle 40	Estudiantes Pasantes
Identificación de los ejes temáticos que permiten direccionar las acciones a la mejora de la eficiencia energética	Estudiantes Pasantes SGA – PIGA
Estructura en conjunto a las directivas y evaluación de las posibles alternativas planteadas.	Estudiantes Pasantes
Revisión y finalización del documento informe sobre la propuesta mapa de Ruta	Estudiantes Pasantes Director Interno y Externo

Fuente: Elaboración Propia

6. DESARROLLO DE LA PASANTÍA Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Metodología usada

Para la estructurar el mapa de ruta se siguieron varios pasos los cuales quedan expuestos en el marco teórico, estos pasos son necesarios tanto para plantear los indicadores de gestión energética como para determinar el estado actual de las instalaciones eléctricas en la Universidad.



Fuente: Elaboración Propia

Fig. 13 Diagrama explicativo de los pasos llevados a cabo en la pasantía

Establecimiento del marco teórico

Los documentos consultados para el diagnóstico energético y establecimiento de la línea base para la Universidad Distrital son los siguientes:

Tabla 6 Documentos Consultados para desarrollar el marco teórico del diagnóstico.

Nombre Documento	Año	Observaciones Calidad información (Calidad)	Autores	Dictamen
Determinación de potencial de reducción del consumo energético en el sector servicios en Colombia sede Ingeniería. 23 pág.	2013 (2)	Documento de hace aproximadamente 5 años, únicamente se realiza en la sede de la calle 40 y básicamente muestra los consumos por uso final, además no se dice el tiempo en el cual se realizaron las mediciones correspondientes. (2.5)	UPME, Corpoema	No se tiene en cuenta para usar en el trabajo
Caracterización energética de la facultad Tecnológica, facultad de artes-ASAB, facultad de ciencias y educación-macarena B y facultad de medio ambiente y recursos naturales de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 179 pág.	2014 (2.5)	La medición hecha se realiza solamente por un dia, se encuentran gráficas inadecuadas con respecto al consumo de energía, los análisis en cuanto a gráficas son muy escasos por no decir que nulos. (3)	Corpoema	No se tiene en cuenta para usar en el trabajo
Informe de inventarios de equipos eléctricos y electrónicos. 12 pág.	2015 (3)	El documento determina la cantidad de equipos por uso final, pero de toda la Universidad, es decir no hay una discriminación por sedes, y no se mencionan parámetros eléctricos de los mismos. (2)	Plan Institucional de Gestión Ambiental –PIGA	No se tiene en cuenta para usar en el trabajo
Informe de tendencia del consumo de energía eléctrica en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (2013-2016) 19 pág.	2016 (3.5)	Se presentan algunos indicadores energéticos desde 2013 a 2016 en las principales sedes de la Universidad, lo que puede servir para realizar los correspondientes seguimientos. (4)	Oficina Asesora de Planeación y Control -Sistema de Gestión Ambiental-Plan Institucional de Gestión Ambiental	Se usan algunas partes del documento, pero es necesario realizar modificacion es.
Registros de Mantenimiento de equipos (ascensores, bombas, plantas eléctricas, UPS	2017 (4.3)	Se tienen los diagnósticos y correcciones correspondientes de los equipos. (3.7)	Recursos Físicos	Se usan algunas partes del documento pero es necesario realizar modificacion es.

Informe Análisis de actualización de inventarios de fuentes lumínicas de tipo convencional y de bajo consumo en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 24 pág.	2017 (4.3)	El documento presenta una clasificación del tipo de tecnología empleada en cada sede, además hace un comparativo entre la cantidad de luminarias por tipo de tecnología que se tenían en 2016 vs 2017. (3)	Oficina Asesora de Planeación y Control - Sistema de Gestión Ambiental	Se usan algunas partes del documento pero es necesario realizar modificaciones.
Informe de Usos de la energía eléctrica - Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 24 pág.	2017 (4.3)	El documento tiene información referente a la consultoría realizada en 2017 que más adelante se menciona.(4)	Oficina Asesora de Planeación y Control -Sistema de Gestión Ambiental-Plan Institucional de Gestión Ambiental	El documento definitivamente se usa como referencia y como complemento al trabajo
Desarrollo y apoyo de estrategias de eficiencia energética para la Facultad de Ciencias y Educación- Macarena A de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 113 pág.	2017 (4.5)	Se realiza en la sede Macarena A una caracterización muy similar a la realizada en el edificio Suarez Copete del año 2013. Las mediciones realizadas se hicieron durante 4 días entre las 7 y las 20 horas. (4)	Joan Sebastián Silva & Julián David Carreño. (Estudiantes)	El documento definitivamente se usa como referencia y como complemento al trabajo
Contrato de consultoría 0975 diagnóstico y evaluación infraestructura eléctrica sedes Universidad Distrital. 526 pág.	2017 (4.5)	Se encuentran cuadros de carga por piso, aunque falta la información concerniente de la sede macarena A. Las mediciones de Potencia se realizan por 2 días y en algunos casos los fines de semana. (4)	Nelsy Lidia Cruz Suárez. REPRESENTANTE LEGAL DE CONSULTORÍA	El documento definitivamente se usa como referencia y como complemento al trabajo
Facturas de Energía Eléctrica	2017 (4.5)	Se tiene buena información, aunque hace falta la facturación de todo el mes de marzo. (4.5)	Recursos Físicos	Necesarias en el desarrollo
Inventario de Equipos (plantas, motobombas, ascensores, subestaciones, aires	No se sabe	No se sabe que tan actualizada sea la información al respecto	Recursos Físicos	No se puede usar información sin datos de año
Inventario de equipos Eléctricos y Electrónicos	No se sabe	No describe la fecha de creación de la base de datos del inventario ni es mencionada la potencia de los equipos.	Recursos Físicos	No se puede usar información sin datos de año

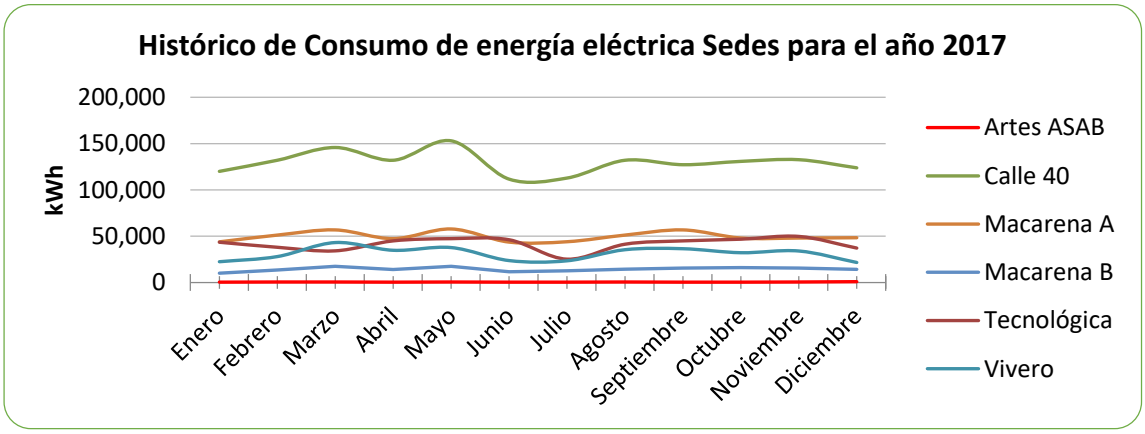
Fuente: Elaboración Propia

En la tabla anterior se asigna una calificación de 0 a 5 a cada documento dependiendo de la calidad y contribución al trabajo actual, el código de colores también hace referencia a la calificación.

Diagnóstico energético

De acuerdo con los requerimientos establecidos por la oficina SGA – PIGA se siguen los lineamientos planteados en la norma NTC ISO 50001 para la gestión energética.

Los seguimientos a las 6 sedes propias de la Universidad fueron realizados a partir de los registros de la facturación mensual en la que se puede observar la evolución del consumo energético con históricos desde 2015, en la siguiente figura se muestra el comportamiento del consumo de energía eléctrica para el año 2017.

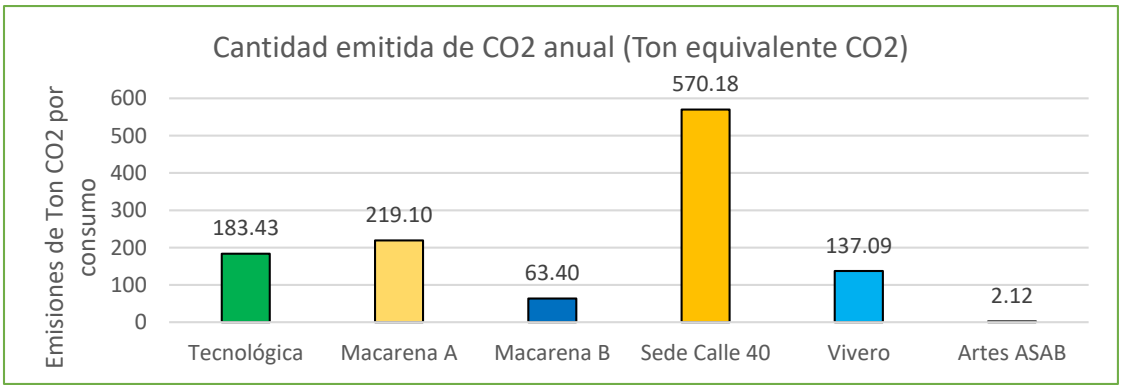


Fuente: Elaboración Propia

Fig. 14 Consumo de energía eléctrica facturado año 2017 para las principales sedes de la Universidad Distrital

Como se puede observar en la gráfica anterior la sede calle 40 está por encima de las demás sedes, mientras que la sede ASAB se encuentra en la parte inferior, la gráfica no sirve para discriminar cuales sedes se deben escoger para realizar el estudio, pues se deben tener en cuenta otros factores que influyen en la determinación, por tal motivo se procede a comparar el consumo de las distintas sedes con la superficie construida o área útil de cada sede y de esta manera evaluar aquellas que representan el mayor consumo de electricidad anual por medida de superficie lo que corresponde a un indicador de carácter global (kWh-año /m^2)..

Emisión de CO2 por consumo energético en las 6 sedes



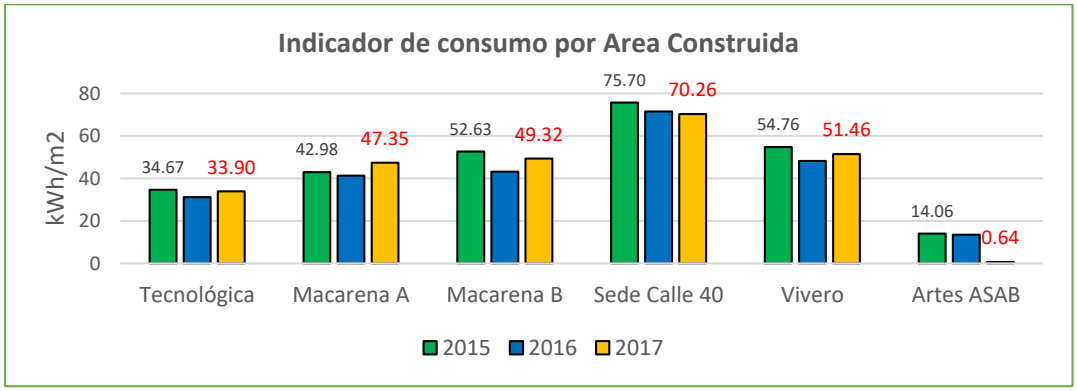
Fuente: Autores

Fig. 15 Cantidad de CO2 emitida al año en toneladas por sede para el año 2017

La emisión de CO2 está directamente relacionada al consumo por ende se establece a partir de esta información que la sede Macarena A y Calle 40 son las dos sedes que tienen el mayor índice de emisión de gases, así también son las dos sedes que más consumen electricidad.

Identificación de las dos sedes con mayor índice de consumo energético

Para determinar las dos sedes se usaron los indicadores y valores representativos en materia del consumo de energía eléctrica, después de un análisis se concluyó a partir del indicador de consumo energético por área construida que las dos sedes a las cuales se debe realizar el diagnóstico energético son las sedes de la Calle 40 con un índice de consumo por área construida de 70.26 kWh/m2 y la sede Vivero con el índice de consumo de energía eléctrica por área construida de 51.461 kWh/m2.



Fuente: Autores

Fig. 16 Indicador kWh/m2-año demandado por sede para los años 2015, 2016 y 2017

El indicador de consumo energético por área construida nos arroja el resultado ordenado de las sedes Calle 40 y Vivero como aquellas que poseen un consumo energético por área construida mayor a todas las demás, cabe destacar que la sede ASAB posee el menor indicador de consumo energético por metro cuadrado con un valor de 0.6423 kWh/m2

ESTRUCTURACIÓN DEL MAPA DE RUTA

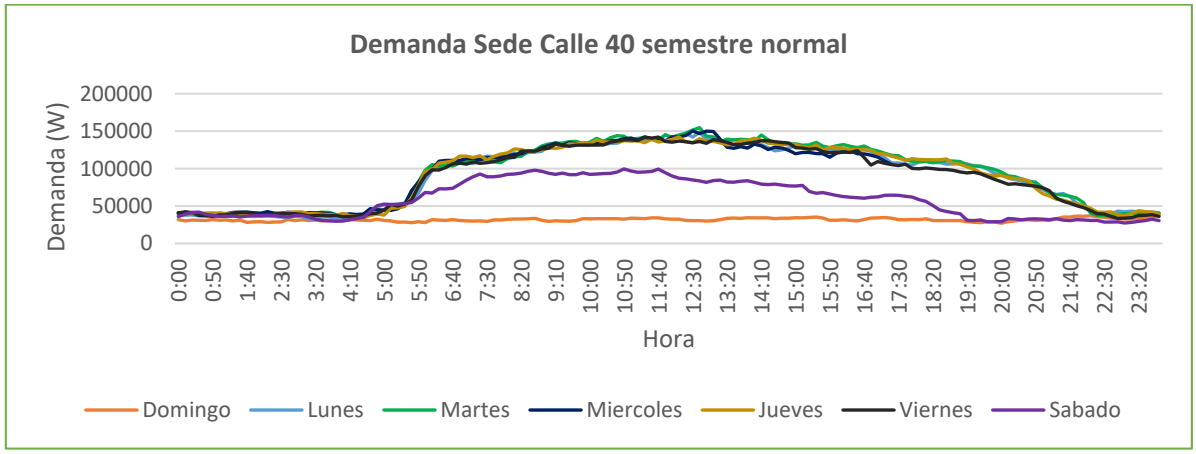
Para estructurar el mapa de ruta se estableció la situación actual de las sedes vivero y calle 40 con mayor profundidad en cuanto a número de personas, perfiles de demanda y catastro de los dispositivos eléctricos existentes en cada una de ellas.

Situación actual

En la situación actual es necesario revisar cómo se encuentra cada una de las sedes, se consultaron las facturas de energía, los diagramas unifilares, los planos de los edificios, el área construida, entre otras.

También fueron determinados los perfiles de demanda de la sede Vivero y Calle 40, en estos se evidenció el comportamiento para los diferentes días de la semana, se realizaron dos etapas de muestras, una tomada en vacaciones y la otra en el desarrollo normal de las actividades académicas en ambas sedes.

Perfiles de demanda



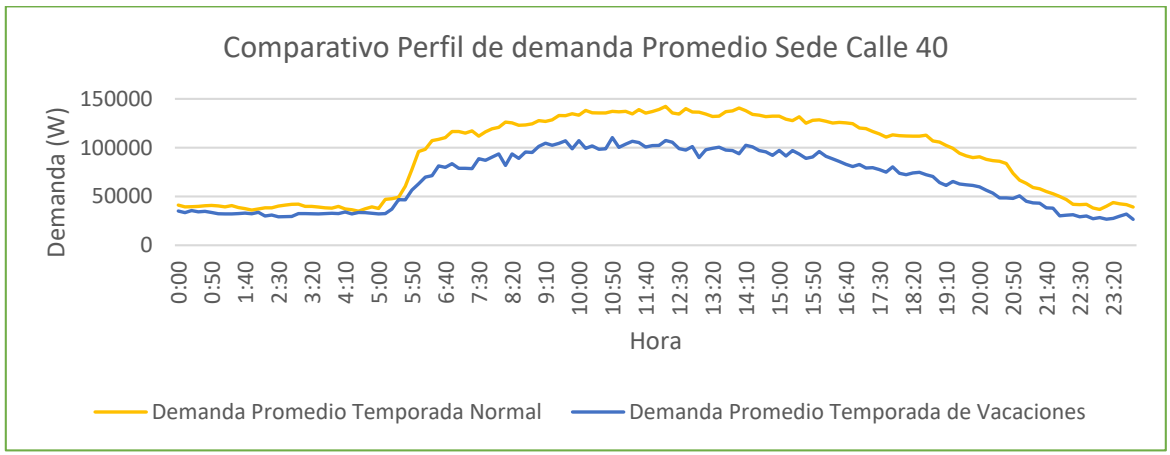
Fuente: Elaboración propia

Fig. 17 Perfil de demanda sede Calle 40 periodo 2018-3

Para la sede Calle 40 se obtuvo un perfil de demanda como lo muestra la figura anterior, en este caso fue necesario tomar las medidas en los tres edificios existentes en la sede como son, Alejandro Suarez Copete, Administrativo Y Sabio Caldas, las muestras fueron tomadas a finales de junio e inicios de julio, tiempo en el cual se desarrollaban cursos intersemestrales pero que comparado con la actividad normal de la universidad no es tan representativa, motivo por el cual se requirió realizar una segunda medición llevada a cabo entre los meses de agosto y septiembre.

Cabe destacar de la gráfica anterior la homogeneidad de la curva para los días entre semana (lunes a viernes), mientras que los días sábado y Domingo presentan comportamientos diferentes a lo largo del día.

A continuación, se presenta una gráfica comparativa entre cada uno de los perfiles de demanda determinados por las mediciones realizadas

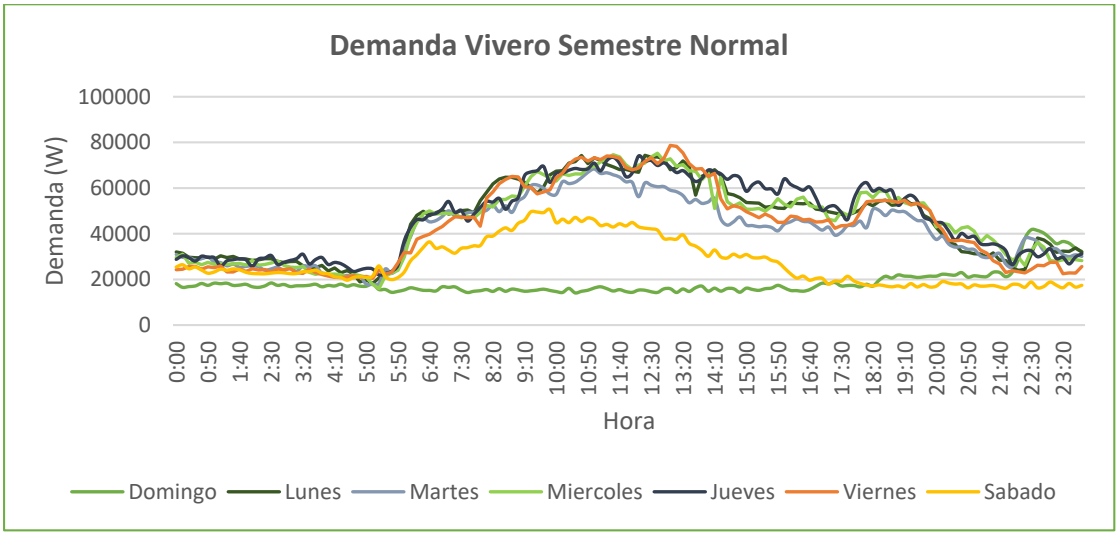


Fuente: Elaboración propia

Fig. 18 Perfil promedio de demanda para temporada normal (2018-3) y Vacaciones (2018-2) en Sede calle 40

Para temporada de vacaciones se registró una demanda máxima promedio en los días hábiles de 110,3 kW mientras que para los registros obtenidos en temporada académica normal alcanzó hasta los 142,80 kW dando una diferencia de aproximadamente de 32,5 kW, significa que para temporada normal hay un aumento de 32,5 kW lo que representa aproximadamente el 29.46% de aumento en la demanda máxima promedio comparada con la temporada de vacaciones (Ver Fig. 18).

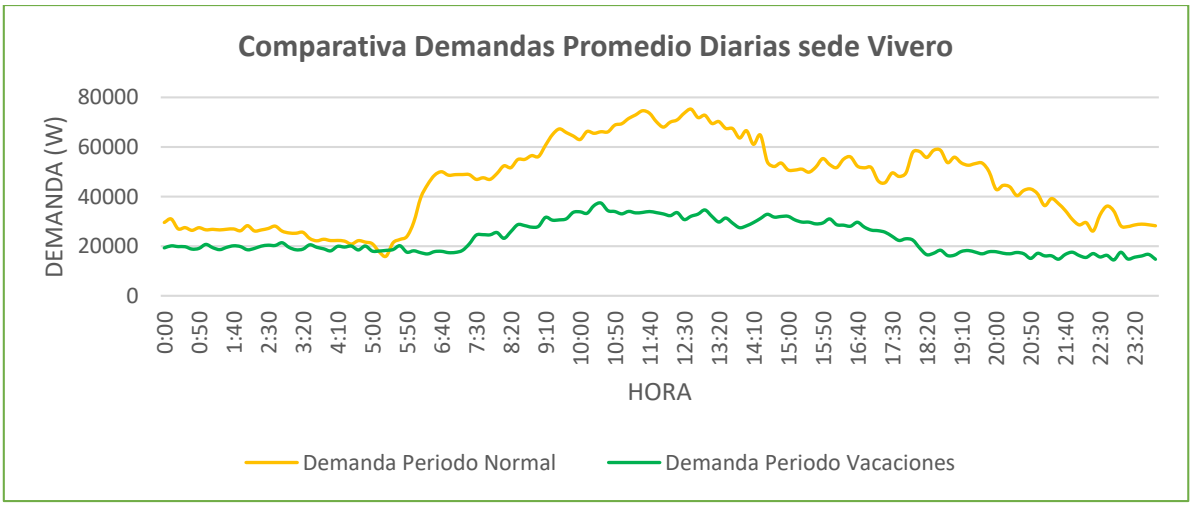
PERFILES DE DEMANDA PARA LA SEDE VIVERO



Fuente: Elaboración propia

Fig. 19 Perfil de demanda sede Vivero periodo académico norma 2018-3.

En la figura anterior se muestra el comportamiento de la demanda para un semestre normal en la sede Vivero, de acuerdo a lo anterior se observa que la curva del día domingo no presenta variaciones significativas respecto a los demás perfiles registrados, la demanda se encuentra aproximadamente entre los 15 y 18 kW, mientras que la tendencia de los días lunes a viernes es muy similar.

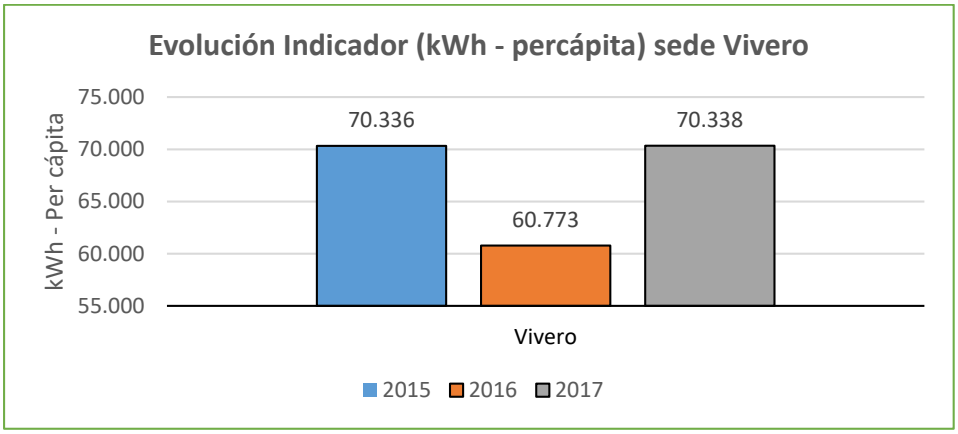


Fuente: Elaboración propia

Fig. 20 Perfil de demanda periodo de vacaciones vs periodo académico normal para días hábiles.

La comparativa de la demanda del periodo de vacaciones vs periodo académico (ver Fig. 20) muestra cómo se comportan los dos perfiles de demanda, para el perfil de demanda de vacaciones se llega hasta los 37,426 kW mientras que para la demanda típica en temporada académica se llega hasta los 75,290 kW esto quiere decir que la demanda máxima del periodo normal llega a ser 2.02 veces la demanda máxima de temporada de vacaciones esto se ve influenciado tanto por el número de estudiantes que se encuentran estudiando y las áreas ocupadas dentro de la Universidad principalmente.

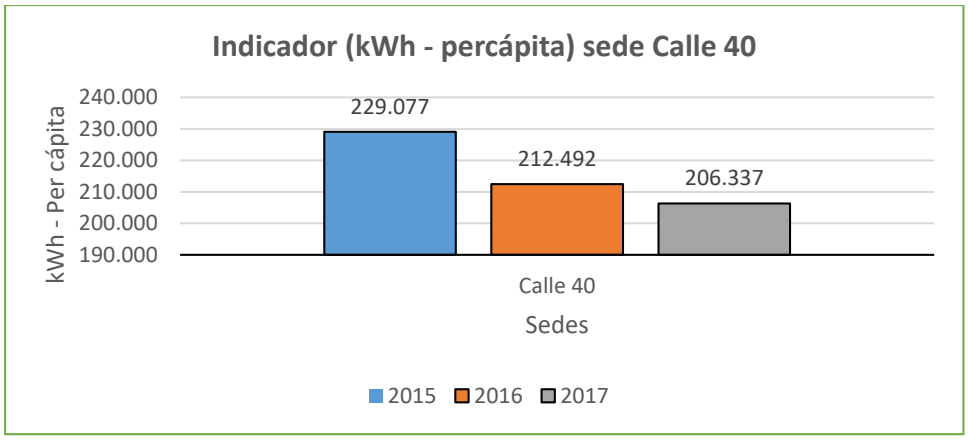
Indicador de consumo de energía eléctrica por área construida



Fuente: Elaboración propia

Fig. 21 Indicador de consumo de energía eléctrica percápita sede Vivero de 2015 a 2017

Los estimativos de consumo energético por persona para la sede vivero fueron menores para el año 2016, este comportamiento de debió principalmente a que en el primer semestre del año se desarrolló un paro estudiantil que impactó en la disminución del consumo energético.



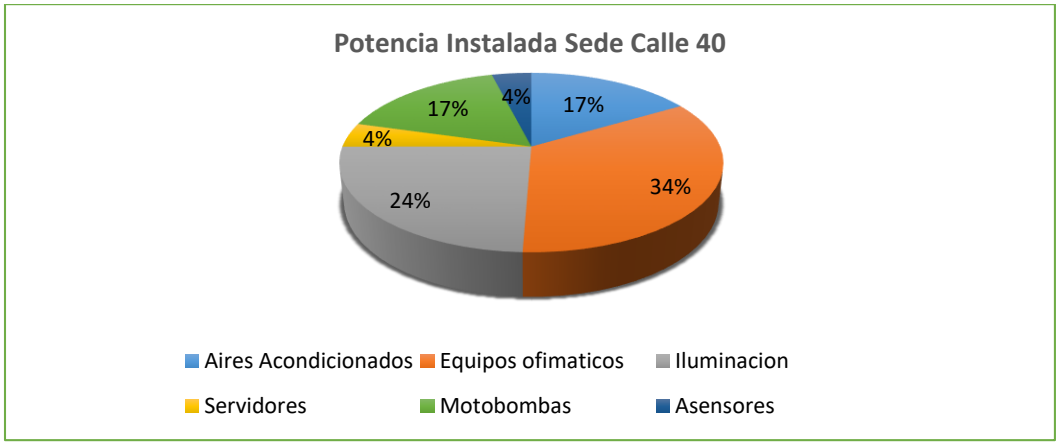
Fuente: Elaboración propia

Fig. 22 Indicador de consumo de energía eléctrica percápita sede Vivero de 2015 a 2017

Para la sede Calle 40 en los tres últimos años ha venido disminuyendo el indicador en un 10% aproximadamente, se supone que esto se debe a que han sido cambiadas algunas luminarias de la sede Calle 40 y por modificaciones a las instalaciones de los edificios.

Distribución de los usos finales de la energía

Dentro del diagnóstico fue determinada la distribución de potencia por uso final de la energía en las instalaciones eléctricas tanto de la sede vivero como la sede Calle 40, la siguiente figura muestra un resumen de la distribución para la sede Calle 40.

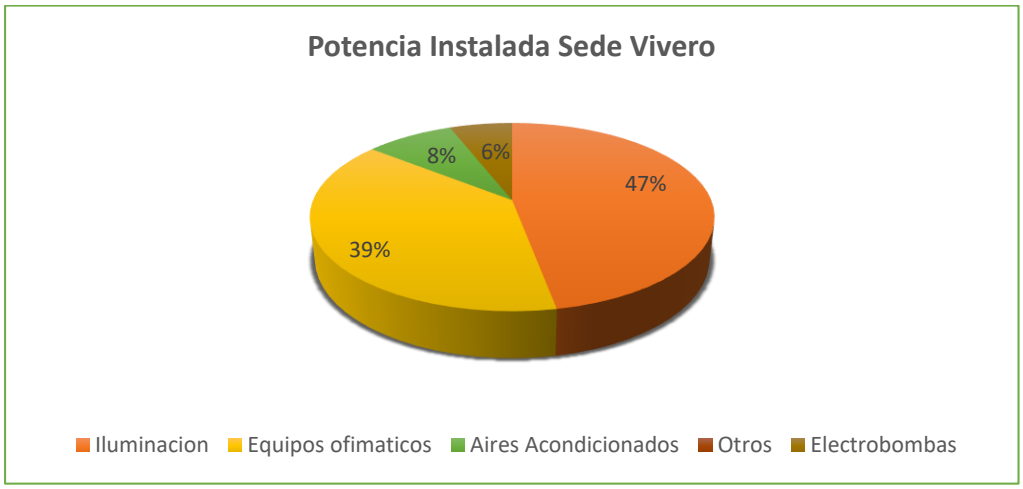


Fuente: Autores

Fig. 23 Distribución de la carga instalada por uso final sede Calle 40

Los usos finales con mayor participación lo constituyen los equipos ofimáticos y la iluminación con el 58%, aunque en cuanto al consumo de energía va a depender de las horas de funcionamiento de cada uso final.

Para la sede vivero la iluminación representa el uso final con mayor participación en la potencia instalada de la sede seguido por los equipos ofimáticos que sumados representan el 86% de participación como se puede observar en la siguiente figura.



Fuente: Análisis de datos Recolectados

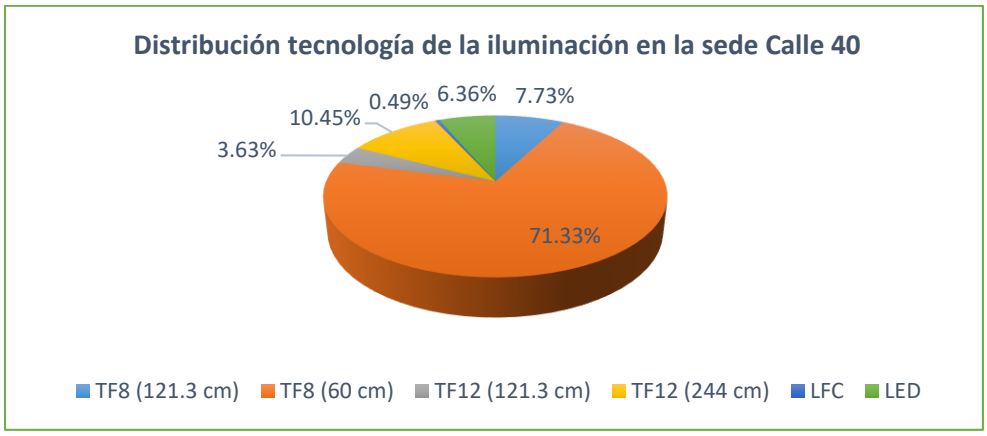
Fig. 24 Distribución de la carga instalada por uso final sede Vivero

IDENTIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS CON MAYOR CONSUMO DE ENERGÍA

Las áreas de enfoque representadas por los usos finales de la energía que tienen mayor consumo energético en ambas sedes son Iluminación, equipos ofimáticos y los aires acondicionados, esto fue determinado por las horas de uso de los dispositivos.

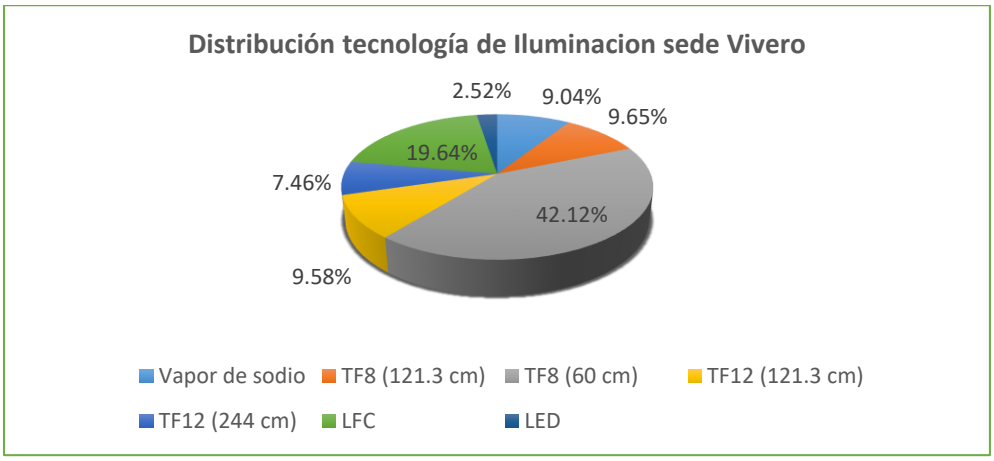
Iluminación

La siguiente figura muestra los tipos de iluminación y los porcentajes de cada una en las instalaciones eléctricas, estos datos obtenidos a partir del censo realizado en cada una de las dos sedes de la Universidad.



Fuente: Elaboración propia

Fig. 25 Distribución de la iluminación por tipo de tecnología en la sede Calle 40



Fuente: Elaboración propia

Fig. 26 Distribución de la iluminación por tipo de tecnología en la sede Vivero

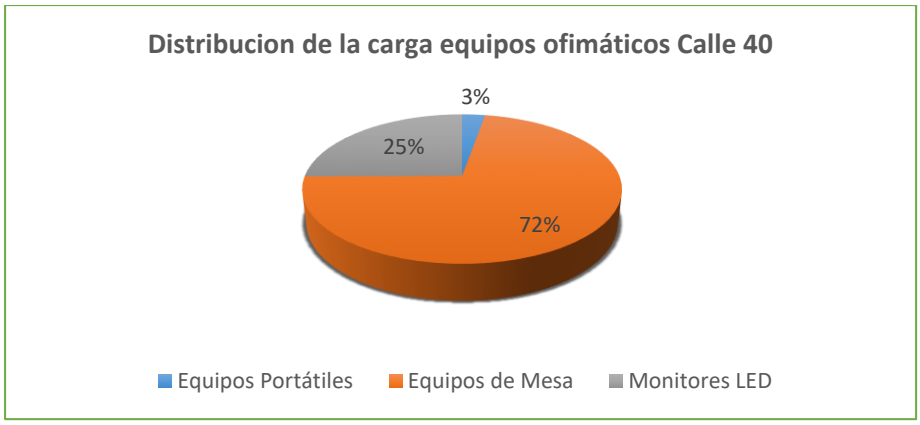
La iluminación en ambas sedes es relevante dentro del consumo total, en las figuras anteriores se observan los tipos de iluminación existente para ambas sedes, se concluye que la demanda de la tecnología fluorescente representa un alto porcentaje en las dos sedes, para la sede Calle 40 y Vivero la tecnología más representativa la constituye el tubo

fluorescente de referencia **TF8 60 cm** con el **71,33%** y el **42,12%** respectivamente de toda la iluminación existente.

Equipos Ofimáticos

Los equipos ofimáticos para las dos sedes tienen una participación considerable por ende se hizo una descripción de los equipos existentes para establecer los tipos de dispositivos que hacen parte del sector y la potencia que consumen en la matriz establecida para el análisis.

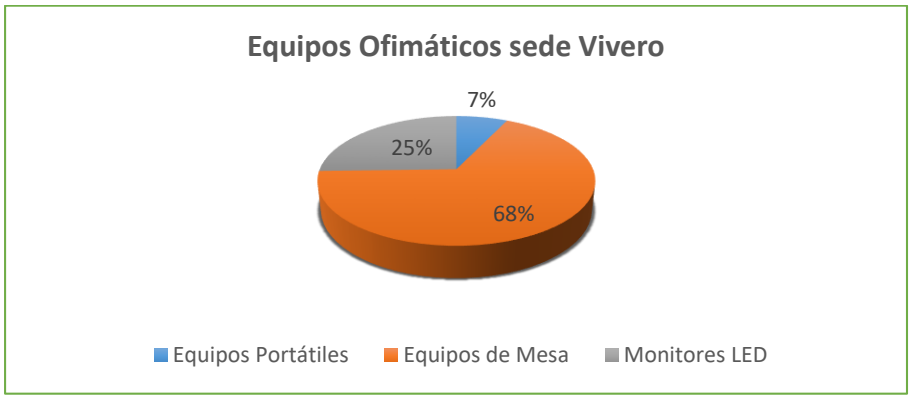
Para los equipos ofimáticos se obtuvo la siguiente información:



Fuente: Autores

Fig. 27 Distribución de la potencia instalada de equipos ofimáticos en la sede Calle 40

En el análisis de las cargas de equipos ofimáticos para las sedes se observó que la mayor participación corresponde a los computadores de mesa teniendo en cuenta que estos consumen más electricidad que los de Formato de Forma Reducido o los Small Form Factor, los formatos Mini Tower consumen alrededor de 350 W mientras que los SFF consumen aproximadamente **250 W** y los SFF mini consumen tan solo **65W**, a partir de allí se consideró que un estudio del uso de los equipos puede determinar si es posible hacer sustitución gradual de los equipos de cómputo.



Fuente: Autores

Fig. 28 Distribución de la potencia instalada de equipos ofimáticos en la sede Vivero

Los equipos ofimáticos de la sede Vivero tienen la característica similar a la de la sede Calle 40, el 68% de todos los equipos son equipos de mesa, los equipos portátiles tan solo son el 7%, así demuestra que es necesario evaluar cuantos equipos son usados en toda su capacidad y cuales están sobredimensionados para las áreas donde fueron instalados.

Aires Acondicionados***

Para los aires acondicionados se identificaron varias marcas, entre ellas marcas como Liebert, LG, Faccinium, Blueline, estos dispositivos utilizan circulación de líquido refrigerante y circulación por medio de ventilación forzada, la mayoría de ellos funciona.

En la sede Calle 40 existe un sistema de aire acondicionado de ventilación forzada que prácticamente no está en funcionamiento, este aire no fue tenido en cuenta dentro del estudio y el análisis de las cargas en la sede, de tenerse en cuenta justamente sería el uso final de mayor consumo dentro de la sede de la Universidad.

En la sede Vivero para el tema de los aires acondicionados solo existen para los equipos de cómputo, en este caso el equipo es un aire acondicionado de precisión el cual se encarga de mantener la temperatura del recinto a 20 °C, la potencia máxima del equipo es de **8 kW.**

****En los Anexos se muestran los registros fotográficos.*

SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTA DEL MAPA DE RUTA

El desarrollo de la propuesta de mapa de ruta se basa en el documento *"Mapas de ruta para la Materialización de objetivos energéticos*" (CIDET - IEB , 2015) de este modo son identificadas las fortalezas, retos y objetivos.

Fortalezas

Para la Universidad Distrital se hace importante como institución de educación superior establecer actividades encaminadas al buen uso de los recursos energéticos de sus instalaciones. Por lo tanto, para impulsar la investigación y tecnología, es necesario tener en cuenta las siguientes fortalezas:

- La Universidad cuenta con un gran potencial de ahorro energético en usos finales como la iluminación y los equipos de oficina.
- Hay capital humano idóneo para impulsar proyectos de eficiencia energética en las instalaciones de la universidad.
- Se presentan condiciones factibles para la posibilidad de cambio de usuario regulado a no regulado (caso calle 40).

Retos

Dentro de objetivo de reducción del consumo energético y el mejoramiento de la eficiencia energética se estudian los siguientes retos:

- Reducción del consumo de energía eléctrica por área construida.
- Aplanamiento de la curva de demanda eléctrica.

- Participación del mayor número de personas que conforman la comunidad académica en acciones, propuestas y recomendaciones encaminadas al uso eficiente de energía eléctrica.
- Impulso de manera intensiva del desarrollo e implementación de fuentes no convencionales de energía.
- Implementación de un sistema de medición y control avanzado para realizar seguimiento a indicadores de gestión energética. A su vez crear un observatorio de energía cuyas funciones se enmarquen en todo lo que tiene que ver con la calidad de energía eléctrica.
- Sustitución total de la iluminación tradicional por tecnología avanzada y reciente como es el caso de la tecnología Led.
- Certificación de los edificios de acuerdo a estándares internacionales convirtiéndolos en ejemplo a seguir a nivel institucional.

Cuellos de botella

En materia del desarrollo de las actividades con objeto de mejorar la eficiencia energética en las instalaciones de mayor consumo se establecen los probables cuellos de botella.

- Falta de incentivos para el desarrollo de proyectos de energías renovables.
- Alta Inversión en reconversión tecnológica.
- Resistencia al cambio en los hábitos de consumo de energía eléctrica.
- Retrasos en las acciones y decisiones críticas encaminadas a la eficiencia energética.
- Desconocimiento del tema de eficiencia energética por la mayor parte de la comunidad académica.

Visión

El crecimiento de la Universidad Distrital tanto en materia de infraestructura como en el desarrollo de las actividades académicas obliga a establecer tanto una visión en el mapa de Ruta que obligue a todas aquellas personalidades involucradas a participar de una u otra forma en el mejoramiento de la eficiencia energética por esto se establece la siguiente visión al año 2030.

La Universidad Distrital se proyecta para el año 2030 como una institución de educación superior líder en los procesos de gestión eficiente de la energía eléctrica, reconocida por sus instalaciones sostenibles y personal calificado en el tema de eficiencia energética.

A partir de la anterior visión se espera llegar a materializar en forma considerable las normas ISO 50001 e ISO 50006 para los procesos y la gestión de la eficiencia energética.

Objetivos

Al proponer el establecimiento de políticas que encaminen a la Universidad Distrital como líder en procesos de gestión eficiente de la energía y el constante mejoramiento, se establecen los siguientes objetivos:

- Gestionar a partir de un sistema de seguimiento y control el consumo energético en los usos finales de la energía que tenga mayor impacto en la matriz energética de la Universidad.

- Adecuar las instalaciones eléctricas de mayor consumo con la finalidad de que cumplan con los reglamentos RETIE, RETILAP y RETIQ.
- Fortalecer los programas y planes establecidos por el sistema de gestión ambiental (SGA) desde la alta dirección para lograr una sinergia que facilite el desarrollo de los mismos.
- Gestionar la apertura de un espacio académico o curso para estudiantes, docentes y personal administrativo que permita capacitar en el tema de eficiencia energética.

Áreas de enfoque

En los análisis de la situación actual de las dos sedes con mayor consumo energético e indicadores de gestión energética se determinaron los usos finales de la energía los cuales tenían mayor consumo energético, en ambas se destaca tanto la iluminación, los equipos ofimáticos y los aires acondicionados, para mejorar la eficiencia energética y disminuir el consumo se establecen estas como las áreas de enfoque para estructurar el mapa de ruta.

Tabla 7 Areas de Enfoque para mejorar la eficiencia energética en las sedes Vivero y Calle 40.

Iluminación	Equipos ofimáticos	Aires acondicionados
- Reconversión a tecnología LED. - Instalación de dispositivos de control automático como sensores de presencia, foto sensores, etc. - Disminución de la cantidad de luminarias por interruptor. - Aprovechamiento en gran medida de la luz natural.	- Mantenimiento frecuente para que los dispositivos operen de manera óptima. - Aplicación de los modos de ahorro de energía en todos los equipos electrónicos. - Sustitución de computadores de escritorio pertenecientes a oficinas que pueden tener características superiores a las que requiere el personal que labora en la sede administrativa.	- Mantenimiento periódico para prevenir fallas y pérdidas de eficiencia. - Seguimiento del consumo eléctrico de cada uno de los aires. - Rediseño del sistema de aires y estudio para la sustitución paulatina de equipos que estén próximos a terminar su vida útil.

Fuente: Autores

Fases de desarrollo

Para desarrollar cada una de las actividades es necesario determinar prioridades y plazos, cada una de las actividades a realizar va encadenada dentro de todo el ámbito del proceso, para llegar al objetivo del tema del mejoramiento de la eficiencia energética en las dos sedes se plantean las siguientes fases:

- **Años 2019 – 2021 (Corto Plazo)**

Se establece que para esta fase es necesario realizar un estudio a las instalaciones eléctricas de las sedes, una revisión y adecuación a las mismas y finalmente realizar estudios de distribución de la iluminación.

Para desarrollar el sistema de gestión y supervisión automática por medio de sistemas de computación es necesario adecuar las instalaciones por uso final e instalar dispositivos de

telecontrol, medida y registro por ende se establecen cuáles y como han de ser modificados los circuitos en los tableros de distribución.

Actividades transversales recomendadas:

- Estudiar las alternativas para impulsar las actividades y los planes creados por la oficina SGA - PIGA, tener un plan para hacer el refortalecimiento de las políticas de eficiencia energética.
- Establecer los planes informativos para personal administrativo.
- Contratación de personal idóneo para realizar las actividades de verificación de las instalaciones eléctricas y el estudio de la iluminación.
- Dar prioridad a los planes de sustitución tecnológica en la iluminación y los estudios de viabilidad.

➢ **Años 2022 – 2025 (Mediano Plazo)**

Los requerimientos de conceptos técnicos y recomendaciones por parte de personal calificado en el tema de las instalaciones eléctricas de la Universidad permiten realizar las adecuaciones necesarias; para el año 2022 las ejecuciones y adecuaciones adicionales a los sistemas de iluminación e implementación de los dispositivos de medida deben estar ejecutados.

Para los años 2018 y 2020 los proyectos de implementación de FNCER son fortalecidos como también los estudios que tengan relación con la gestión de la eficiencia energética dentro de la Universidad.

Adicionalmente se sugieren realizar las siguientes actividades complementarias

- Impulsar proyectos de investigación respecto a las FNCER y los sistemas de medición por medio de SCADA en tema de gestión de la energía eléctrica y sistemas autónomos de control de iluminación para las instalaciones eléctricas de la universidad.
- Vincular a los estudiantes interesados en proyectos que requiera la oficina SGA-PIGA para desarrollar las actividades planteadas.
- Integrar a la comunidad estudiantil y administrativa de la Universidad a desarrollar actividades informativas sobre hábitos de consumo y uso racional de la energía en la Universidad.

➢ **Años 2026 – 2030 (Largo plazo)**

La culminación y evaluación de las actividades son la prioridad para hacer reajustes necesarios en las acciones planteadas con anterioridad; sin una verificación adecuada no se puede llegar a culminar con éxito los objetivos, el ciclo PHVA se aplica con más rigurosidad en esta etapa del proceso.

Las siguientes acciones son recomendadas (Actividades Transversales):

- Fortalecimiento del desarrollo científico con lo cual se promueve la participación de gran parte de la comunidad estudiantil en proyectos de FNCER.

- Maduración del sistema SCADA implementado en la primera etapa lo que exige tener mejorado tanto el sistema de medida y el sistema de comunicaciones como los sistemas de computación.
- Implementar un protocolo de mantenimiento para equipos de aire acondicionado y cambiar aquellos que lo requieran por equipos de mayor eficiencia.
- Disponer de un plan de mantenimiento preventivo para las electrobombas y los ascensores, así como también los sistemas de control de la iluminación y de medida.

El siguiente esquema resume las acciones para el mapa de ruta, en la parte superior aparece la situación actual donde describe las cifras importantes sobre las áreas a intervenir como son la iluminación, el aire acondicionado y los equipos ofimáticos, así como también los retos y las fortalezas. En la segunda parte aparece la visión en la que se establece como se proyecta la Universidad al implementar las acciones propuestas en el mapa de ruta, seguido aparecen los objetivos donde describen a donde se quiere llegar mediante las acciones y finalmente aparecen las áreas de enfoque acompañadas de las fases de desarrollo a corto, mediano y largo plazo.

SITUACION ACTUAL

MÉTRICAS

El consumo de energía eléctrica tanto para la sede vivero como para la calle 40 está representado aproximadamente en un 80% por los Aires Acondicionados, equipos ofimáticos e iluminación

La iluminación con tecnología LED para la sede calle 40 es de 6.36% mientras que para la sede vivero es de apenas el 2.52%.

Los equipos que predominan en el grupo de los equipos ofimáticos son los computadores de mesa con un 72% de participación.

RETOS

Reducción del consumo de energía eléctrica por área construida.

Implementación de un sistema de medición y control avanzado para realizar seguimiento a indicadores de gestión energética

Sustitución total de la iluminación tradicional por tecnología avanzada y reciente como es el caso de la tecnología Led.

Certificación de los edificios de acuerdo a estándares internacionales convirtiéndolos en ejemplo a seguir a nivel institucional.

FORTALEZAS

Gran potencial de ahorro energético en usos finales como la iluminación y los equipos de oficina.

Capital humano idóneo para impulsar proyectos de eficiencia energética en las instalaciones de la universidad.

Condiciones factibles para la posibilidad de cambio de usuario regulado a no regulado (caso calle 40).

VISION

La Universidad Distrital se proyecta para el año 2030 como una institución de educación superior líder en los procesos de gestión eficiente de la energía eléctrica, reconocida por sus instalaciones sostenibles y personal calificado en el tema de eficiencia energética.

OBJETIVOS

Gestionar a partir de un sistema de seguimiento y control el consumo energético en los usos finales de la energía que tenga mayor impacto en la matriz energética de la Universidad.

Adecuar las instalaciones eléctricas de mayor consumo con la finalidad de que cumplan con los reglamentos RETIE, RETILAP y RETIQ.

Gestionar la apertura de un espacio académico o curso para estudiantes, docentes y personal administrativo que permita capacitar en el tema de eficiencia energética.

Fortalecer los programas y planes establecidos por el sistema de gestión ambiental (SGA) desde la alta dirección para lograr una sinergia que facilite el desarrollo de los mismos.

Áreas de Enfoque

Aires Acondicionados

Mantenimiento periódico para prevenir fallas y pérdidas de eficiencia.

Seguimiento del consumo eléctrico de cada uno de los aires.

Rediseño del sistema de aires y estudio para la sustitución paulatina de equipos que estén próximos a terminar su vida útil.

Equipos Ofimáticos

Mantenimiento frecuente para que los dispositivos operen de manera óptima.

Aplicación de los modos de ahorro de energía en todos los equipos electrónicos.

Sustitución de computadores de escritorio pertenecientes a oficinas que pueden tener características superiores a las que requiere el personal que labora en la sede administrativa.

Iluminación

Reconversión a tecnología LED.

Instalación de dispositivos de control automático como sensores de presencia, foto sensores, etc.

Disminución de la cantidad de luminarias por interruptor.

Aprovechamiento en gran medida de la luz natural.

Fases de Desarrollo

CORTO

2019 – 2021

Estudiar las alternativas para impulsar las actividades y los planes creados por la oficina PIGA, tener un plan para hacer el refortalecimiento de las políticas de eficiencia energética.

Establecer los planes informativos para el personal perteneciente a las actividades administrativas.

Contratación de personal idóneo para realizar las actividades de verificación de las instalaciones eléctricas y el estudio de la iluminación.

Dar prioridad a los planes de Sustitución tecnológica en la iluminación con los correspondientes estudios de viabilidad.

MEDIANO

2022 – 2025

Impulsar proyectos de investigación respecto a las FNCER y los sistemas de medición por medio de SCADA en tema de gestión de la energía eléctrica y sistemas autónomos de control de iluminación para las instalaciones eléctricas de la universidad.

Vincular a los estudiantes interesados en proyectos que requiera la oficina SGA- PIGA para desarrollar las actividades planteadas.

Integrar a la comunidad estudiantil y administrativa de la Universidad a desarrollar actividades informativas sobre hábitos de consumo y uso racional de la energía en la Universidad.

LARGO

2026 - 2030

Fortalecimiento del desarrollo científico con lo cual se promueve la participación de gran parte de la comunidad estudiantil en proyectos de FNCER.

Maduración del sistema SCADA implementado en la primera etapa lo que exige tener mejorado tanto el sistema de medida y el sistema de comunicaciones como los sistemas de computación.

Implementar un protocolo de mantenimiento para equipos de aire acondicionado y cambiar aquellos que lo requieran por equipos de mayor eficiencia.

Disponer de un plan de mantenimiento preventivo para las electrobombas y los ascensores, así como también los sistemas de control de la iluminación y de medida.

Trayectoria Eje Temático Reconversión Tecnológica

En este eje se busca sustituir tecnología que se considera obsoleta para el año 2030 pero para poder realizar lo anterior es necesario contar con prioridades y estudios previos en cuanto al análisis de cada una de las acciones a realizar.(Ver Fig. 29)

2019-2021

- Evaluación y diagnóstico del estado de la iluminación y las instalaciones eléctricas de la Universidad.
- Seguimiento de los sistemas de aires acondicionados en materia de planes de mantenimiento y sustitución de equipos por vida útil.
- Evaluación de los equipos de cómputo que se encuentren sobredimencionados para las tareas asignadas dentro de las funciones administrativas de la universidad.
- Creación del cronograma para el plan de sustitución de luminarias en las sedes Vivero y Calle 40.
- Establecimiento de los puntos de medición para la implementación de los medidores inteligentes piloto dentro de las instalaciones eléctricas de la universidad.

2022-2025

- Adecuaciones y mejoras de las instalaciones eléctricas de acuerdo a las recomendaciones generadas por el diagnóstico del estado de la iluminación y las instalaciones electricas.
- Sustitución gradual de los sistemas de iluminación en cada una de las sedes de acuerdo al cronograma planteado.
- Establecimiento de los cronogramas de mantenimiento y sustitución cuando sea necesario de los equipos de aire acondicionado.
- Cambio gradual de los equipos de oficina que mediante el diagnóstico de la primera fase fueron considerados como sobredimensionados.
- Adecuación de los circuitos y puesta en marcha de los medidores considerados como piloto dentro de la universidad.

2026-2030

- Adecuaciones estructurales de acuerdo a los requerimientos necesarios para la implementación de un sistema de gestión de la energía.
- Desarrollo de los programas de mantenimiento prestablecidos con anterioridad a todos los equipos eléctricos.
- Seguimiento al plan de sustitución de luminarias y correctivos necesarios a las modificaciones planteadas.
- Finalización de la implementación del sistema de gestión energética.
- Preámbulo para la certificación energética de edificios de la universidad.

Fuente: Autores

Fig. 29 Acciones para la Trayectoria 1

En esta alternativa se propone tanto las actividades para realizar el ajuste y cambio tecnológico, aquí se definen varias actividades en tres etapas específicas, en la primera etapa se propone realizar estudios a las instalaciones de la Universidad, evaluar el uso de los equipos ofimáticos y realizar un estudio sobre el estado de la iluminación en las dos sedes, tanto en la Calle 40 como en la sede Vivero.

Para una segunda etapa se plantea que a partir de la información obtenida en la primera se lleve a cabo un cronograma tanto de mantenimiento de los equipos como también la sustitución de acuerdo a un cronograma establecido previamente en iluminación por sistemas LED y la implementación de un sistema de gestión energética.

En la tercera etapa las acciones para implementar el sistema de gestión de energía eléctrica, es necesario implementar el sistema, pero considerando también lo necesario en cuanto a la adecuación de los circuitos para instalar los equipos de medida, esto estableciendo que los circuitos disponibles son iluminación, tomas regulados y alumbrado general.

Trayectoria 2 Cambio en los hábitos de consumo y vinculación de la comunidad académica.

Fuente: Autores

Fig. 30 Acciones para la Trayectoria 2

En la trayectoria 2 se propuso acciones siguiendo el eje temático de las políticas y el establecimiento de los planes para vincular a los estudiantes de ingeniería y en general de la Universidad Distrital para impulsar tanto la investigación como los planes y programas

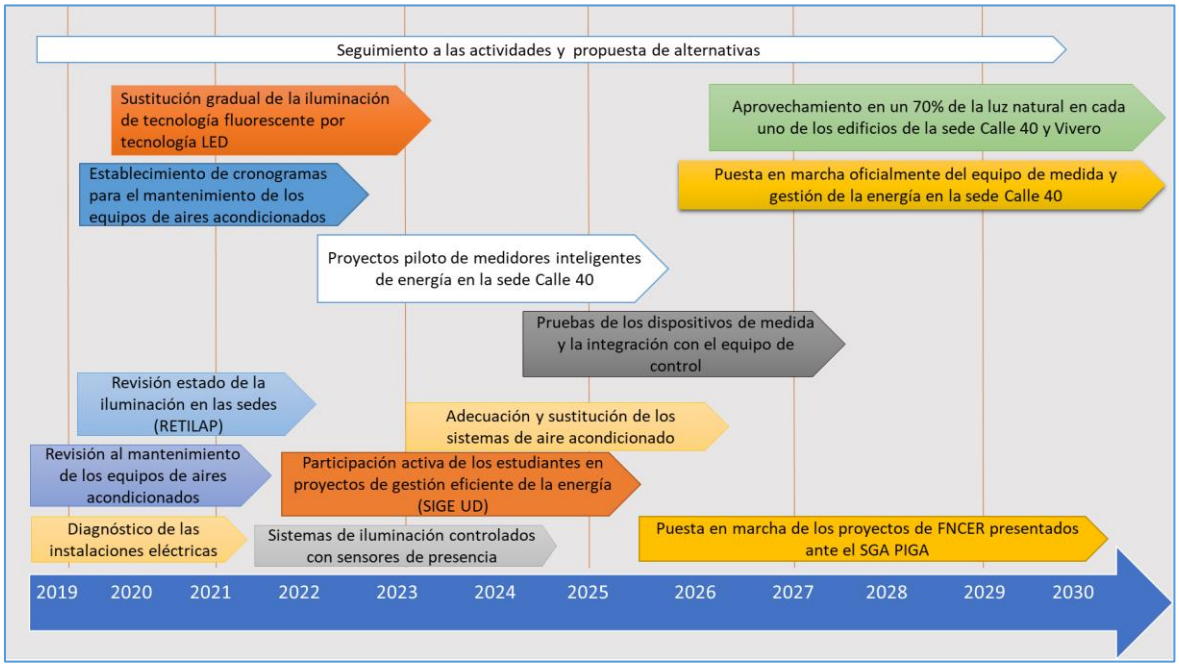
con el objetivo de mejorar la eficiencia energética, se considera mucho más difundir el uso racional de la energía, la mejora y cambio de los hábitos de consumo, así como también vincular la comunidad académica a la oficina SGA - PIGA con el fin de seguir este mapa de ruta.

En la primera etapa se revisan tanto los planes y programas de la oficina con respecto al uso racional de la energía, promover mediante una materia o cátedra que aborde el tema del buen uso de la energía eléctrica en la Universidad, también son propuestos junto con los estudiantes realizar el estudio y la evaluación de la iluminación existente en cada uno de los espacios de la Universidad.

En la segunda etapa se propone tener en cuenta los cronogramas de mantenimiento de los equipos, la cantidad de equipos, estudiar la alternativa de una reconversión tecnológica e implementar sistemas de gestión energética.

En la tercera etapa se plantea poner en marcha los proyectos de fuentes de energía no convencionales presentados por los estudiantes de la Universidad, se considera la conciencia de la comunidad y la práctica de cada una de las recomendaciones dadas en el plan de gestión energética creado por la oficina SGA – PIGA , otras de las consideraciones son la evaluación y la corrección de todas las acciones así como también la implementación del sistema de gestión energética que permite hacer gestión de la energía eléctrica en tiempo real y corroborar con la facturación mensual cuanto se puede ahorrar.

Estructura final del mapa de Ruta.



Fuente: Autores

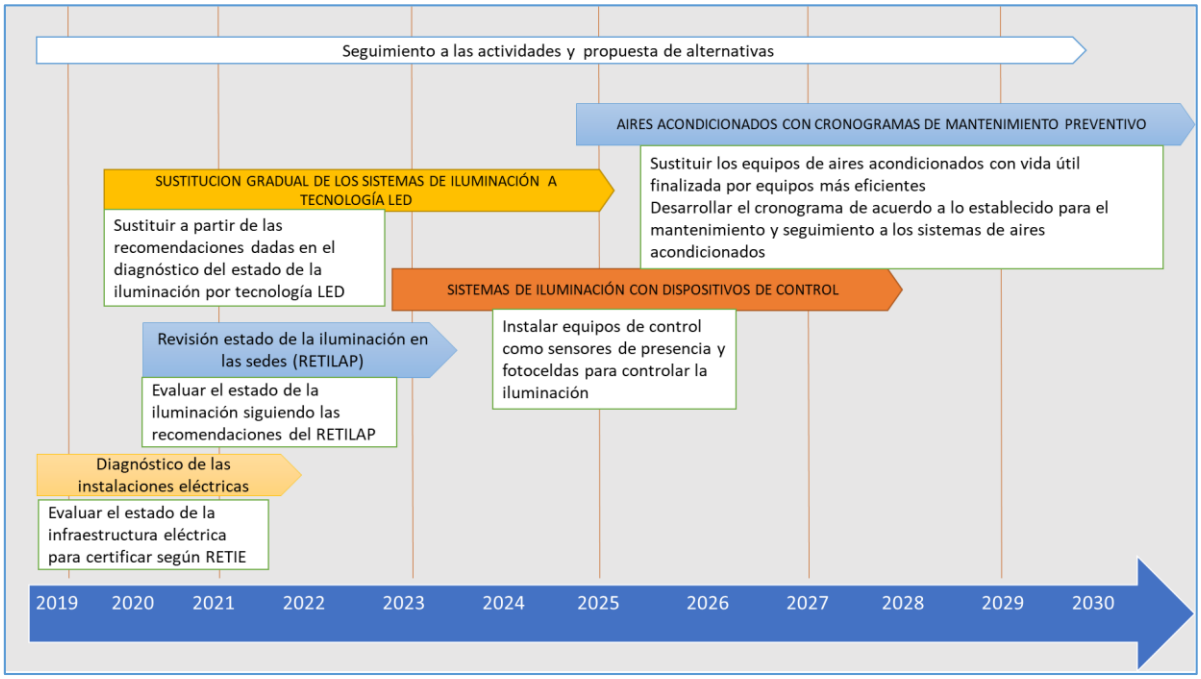
Fig. 31 Mapa de ruta Propuesto

De acuerdo a las acciones recomendadas fue establecido el mapa de ruta anterior, para este mapa se consideran los siguientes ejes estratégicos los cuales permitirán llegar al

objetivo de mejorar la eficiencia energética en las instalaciones de mayor consumo de la Universidad, sedes Calle 40 y sede Vivero.

Los ejes estratégicos del mapa de ruta se establecen en dos grupos importantes, el primer grupo considera la reconversión tecnológica y la instalación de un sistema de gestión de la energía eléctrica.

Eje Estratégico de la reconversión tecnológica y la implementación de un sistema de gestión de la energía eléctrica

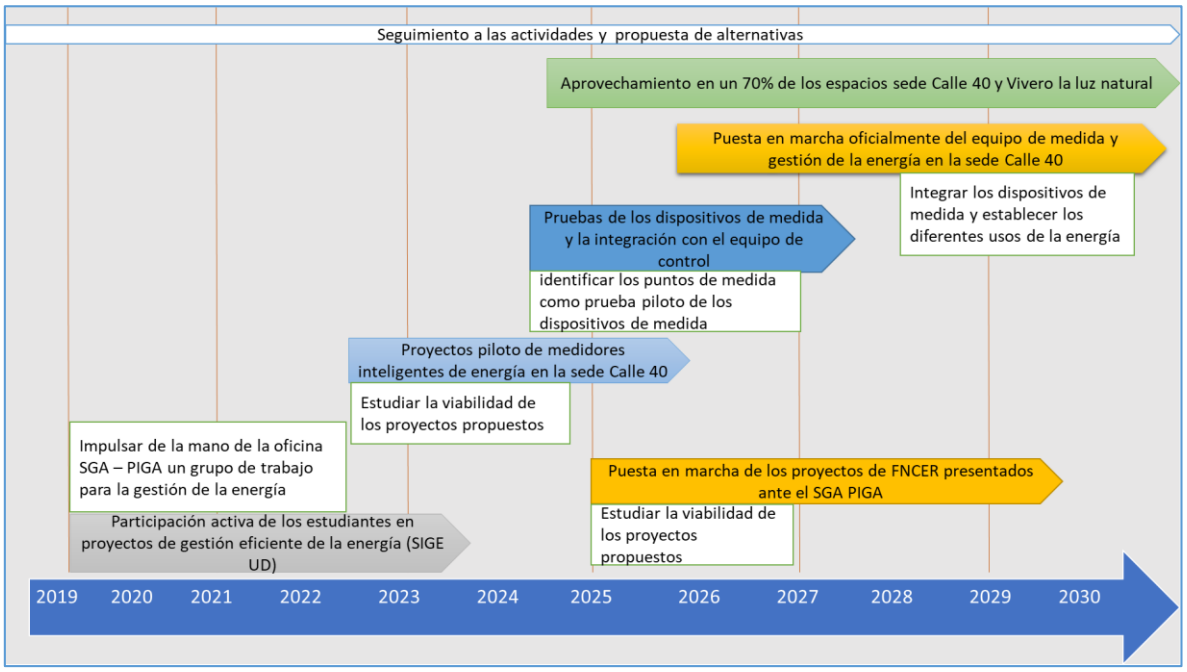


Fuente: Autores

Fig. 32 Mapa de ruta – Eje estratégico ***Reconversión tecnológica e implementación del sistema de seguimiento y control al consumo energético***

En el eje anterior se plantea la reconversión tecnológica que requiere de una inversión de recursos y la disposición de las altas directivas para aprobar los planes y proyectos y de igual modo facilitar los recursos para poder realizarlos, se considera que lo anterior complementado con el cambio de los hábitos de consumo contribuiría en gran medida a la mejora del consumo de energía eléctrica y el buen uso de los recursos.

Eje Estratégico de la promoción del uso racional de la energía y la vinculación del talento humano en los proyectos de la gestión eficiente de la energía y la adopción de hábitos de uso responsable.



Fuente: Autores

Fig. 33 Mapa de ruta – Eje estratégico ***Promoción y vinculación a programas de la gestión de la energía***

En este eje se trabaja más con la parte del talento humano y la comunidad académica, la intensión de promover los proyectos que estén enfocados en el uso eficiente de la energía y la vinculación a la oficina SGA – PIGA para direccionar a la Universidad al objetivo de disminuir el consumo de energía eléctrica y mejorar la eficiencia energética, en este caso se estudian las posibilidades de crear un grupo para desarrollar el Sistema Integral de la gestión Energética que trabaje de la mano con la oficina SGA – PÏGA .

7. CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE LA PASANTIA Y APORTES

Para el desarrollo de la pasantía se plantearon varias alternativas para cumplir con la **propuesta de mapa de ruta para el mejoramiento de la eficiencia energética en las instalaciones eléctricas de mayor consumo de la Universidad Distrital,** el seguimiento fue llevado a cabo por la oficina SGA – PIGA y la docente directora.

Los objetivos de la pasantía son:

Objetivo General

> ***Proponer un mapa de ruta para el mejoramiento de la eficiencia energética de las instalaciones eléctricas de mayor consumo de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.***

Para poder cumplir el objetivo general propuesto en la pasantía se deben cumplir los objetivos específicos que a continuación se mencionan, el seguimiento es hecho por la oficina SGA – PIGA.

Objetivos Específicos

- ***Elaborar el estado del arte y marco teórico de la eficiencia energética en edificios públicos.***

Este objetivo requirió de la recopilación de información acerca de la eficiencia energética en edificios públicos a nivel mundial, uno de ellos y que más interesaron fueron los casos de España los cuales mostraban herramientas para mejorar la eficiencia energética.

Por otro lado, la información para elaborar el mapa de ruta se extrajo tanto del documento "Mapa de Ruta Redes Inteligentes Colombia", como de "Mapa de Ruta para definir Objetivos Energéticos" (CIDET - IEB , 2015)

Para el diagnóstico energético se siguieron las recomendaciones dadas por el documento publicado por la Agencia Chilena De Eficiencia Energética llamado *Desarrollo de Diagnósticos Energéticos Para Instituciones De Educación Superior* (Agencia Chilena de La Eficiencia Energética, 2014)

- ***Caracterizar la demanda de energía eléctrica en las instalaciones de mayor consumo, de la Universidad Distrital.***

Para caracterizar la demanda fue usada la información facilitada por las diferentes dependencias y oficinas de la Universidad en colaboración con la oficina SGA – PIGA, fue entregada la información recopilada tanto de los usos finales de la energía, se realizaron registros con equipos PQA instalados en los diferentes tableros de distribución dentro de las sedes y de allí se obtuvieron las curvas de los perfiles de demanda, así como la distribución de las cargas de las sedes Vivero y Calle 40.

Fue hecho el seguimiento del cumplimiento de las caracterizaciones energéticas por separado para ambas sedes y finalmente se establecieron los indicadores de acuerdo a la norma NTC 50001 y la ISO 50006:2014 las cuales dan pautas tanto para la gestión de la energía como los métodos para plantear los indicadores energéticos.

- ***Formular acciones y recomendaciones enfocadas a la Gestión eficiente de Energía Eléctrica en los puntos de mayor consumo de energía eléctrica de la Universidad.***

Para formular las acciones y recomendaciones se estudiaron alternativas y se evaluaron mediante los ejes temáticos, las áreas de enfoque y el objetivo principal, el cumplimiento del objetivo específico anterior permite desarrollar las tareas y actividades que llevan a cumplir este objetivo, sin lugar a dudas las acciones planteadas requieren identificar los puntos que tienen mayor consumo de energía eléctrica y luego consultar y establecer las posibles alternativas para cada uno de los puntos de mayor consumo, en el trabajo se exponen tanto los diferentes usos finales de la energía como también las acciones y recomendaciones para cada una de ellas.

- ***Diseñar y socializar el mapa de ruta para el mejoramiento de la eficiencia energética en la Universidad Distrital.***

El objetivo en sí es estructurar el mapa de ruta a partir del diagnóstico hecho para cada una de las sedes, punto donde se establece el estado actual de las instalaciones eléctricas, se establecen trayectorias y finalmente los ejes temáticos para llegar al objetivo general de mejorar la eficiencia energética en las instalaciones eléctricas de mayor consumo de la Universidad Distrital.

Socializar y dar a conocer los beneficios que trae la implementación del mapa de ruta en la Universidad y hacia donde se quiere ir en materia de la gestión eficiente de la energía. La socialización de la propuesta se da frente a una parte de la comunidad en la Universidad interesada en el tema y para la oficina SGA – PIGA mostrando interés en cada una de las acciones y proponiéndose como la dependencia que hace seguimiento y control además de crear planes y programas que vayan en dirección al mapa de ruta propuesto.

8. CONCLUSIONES

En el desarrollo de la pasantía la buena disposición y colaboración de las diferentes dependencias permitieron que el desarrollo de la mayoría de tareas propuestas y cronogramas se cumplieran a cabalidad.

La universidad paga un alta suma de dinero por consumo de energía eléctrica, en especial la sede calle 40, de acuerdo a una estimación realizada a partir de las mediciones hechas y comparadas con la facturación mensual se observó que hay una gran diferencia con lo cual puede pensarse que existen falencias en los medidores de energía, motivo por el cual se deben revisar inmediatamente.

Los perfiles de demanda creados muestran el comportamiento de la demanda de potencia de una instalación, para un edificio público el régimen horario es diferente al que se puede presentar en un edificio residencial. En algunos casos el tiempo de medición requerido para crear dichos perfiles es de 48 horas, sin embargo, para nuestro caso se decidió conectar los equipos durante una semana para observar el comportamiento de cada día.

La información acerca de los mapas de ruta sobre eficiencia energética es escasa, para estructurarlo fue necesario tomar como ejemplo uno de los mapas creados por la UPME, si bien en la parte de la eficiencia energética no existe información al respecto las acciones y recomendaciones fueron dadas de acuerdo a los conceptos ingenieriles y de trabajo de campo que se pueden hacer dentro de la Universidad, el desarrollo del mapa de ruta es único y exclusivo para la Universidad Distrital, para otra institución de educación superior han de ser realizados todos los pasos descritos en este informe.

La estructuración de un mapa de ruta en el tema de eficiencia energética es una tarea compleja que exige realizar seguimientos rigurosos al comportamiento del consumo de electricidad y las variables que lo afectan directamente, además de conocer de manera detallada cómo, cuándo y en qué se usa la energía eléctrica; requiere del compromiso de la alta dirección hacia abajo para que su implementación tenga éxito.

El planteamiento de las líneas base requiere de información histórica de consumo y de aquellas variables importantes que afectan dicho consumo, dentro del estudio y análisis para estructurar el mapa de ruta se quiso determinar la relación del consumo energético vs la variable temperatura, pero desafortunadamente no fue posible debido a que la información por parte de las estaciones meteorológicas de la Universidad es escasa para el periodo de tiempo estudiado (2015 a 2017).

Los documentos sobre las caracterizaciones energéticas fueron de gran ayuda para realizar la caracterización energética de las sedes caso de estudio, el documento generado mejora algunas de las cosas debido a la exigencia del análisis para estructurar mapa de ruta en cuanto a planteamiento de la situación actual y la creación de la línea base.

En la identificación del estado actual de las instalaciones eléctricas como en los usos finales de la energía fue necesario realizar un censo y un catastro a todas las instalaciones tanto de la sede Vivero como la sede Calle 40, muchas de las instalaciones no contaban con la iluminación adecuada, muchos de los espacios no cumplen con la cantidad de lúmenes adecuados y establecidos por el RETILAP, algunas de las instalaciones como tomacorrientes y cajas de interruptores termo magnéticos no están debidamente protegidos

contra la humedad ni bien ubicados y la sectorización de los circuitos es importante en los sistemas de iluminación.

9. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

SEDE 40

Se hace prioritario la instalación Sistemas de control de iluminación, sensores de presencia en las luminarias de los pasillos y salones además de dispositivos foto sensores que limiten el uso de la energía eléctrica para iluminar donde no es necesario.

Seguimiento a los aires acondicionados, un establecimiento de los cronogramas de mantenimiento, así como el reacondicionamiento de las temperaturas de referencia y el mejoramiento de los espacios donde es usado el aire.

Los equipos de bombeo deben ser adecuados con variadores de velocidad para disminuir gradualmente el impacto energético al iniciar su arranque.

La iluminación debe ser sectorizada, muchos de los espacios tienen un gran número de lámparas asociadas a un solo interruptor.

La mayoría de los aires acondicionados deben ser sometidos a mantenimiento, revisión de las partes mecánicas para verificar su estado y el ajuste de la activación de los dispositivos sensores para la curva de respuesta del mismo.

Cambio de la tecnología de iluminación para los edificios, en algunos sitios han sido instalados luminarias led esto aportando a disminuir el consumo y aprovechar eficientemente la energía eléctrica, aunque no se viene realizando con mayor fuerza.

La distribución lumínica para los pasillos debe estudiarse ya que en algunos sitios hay iluminación natural suficiente, pero se encuentran encendidas las luminarias.

La sede calle 40 tiene un consumo de energía eléctrica importante, motivo por el cual se debe evaluar la gran posibilidad de convertirse en cliente no regulado según los criterios de la resolución CREG 131 de 1997.

Realizar un seguimiento por parte de la oficina encargada en los sistemas de medición por parte de la empresa CODENSA, es necesario tomar mediciones en los tableros generales y comparar la energía consumida vs la energía facturada por el operador de red en este caso CODENSA.

Instalar membranas para controlar la incidencia de la luz solar en algunos de los espacios, estos facilitarían tanto el uso del espacio como el confort de las personas que hacen uso de los salones y espacios para desarrollar actividades tanto académicas como administrativas.

VIVERO

En la sede Vivero son usados bombillos de vapor de sodio para iluminación arquitectónica que generan tanto el deslumbramiento en las personas como un gran el consumo de energía eléctrica, de esta manera se recomienda la sustitución de las lámparas de vapor

de sodio por tecnología LED que permite tanto mejorar la iluminación como disminuir el consumo de energía.

Acondicionamiento de los espacios con colores claros y redistribución de la iluminación en espacios que no cumplen con RETILAP, en muchos de los espacios de la sede Vivero es posible encontrar salones y en general espacios donde el color tanto del techo como las paredes no contribuye a reproducir bien la iluminación, además es necesario realizar un estudio fotométrico en cada uno de los espacios ya que los niveles de iluminación son muy precarios.

Los equipos de bombeo deben ser adecuados con variadores de velocidad para disminuir gradualmente el impacto energético al iniciar su arranque.

La iluminación, aunque es un poco más sectorizada comparada con la sede calle 40 requiere de más adecuaciones para generar un mayor ahorro.

El aire acondicionado debe ser sometido a mantenimiento para revisión del estado de las partes mecánicas y el ajuste de la activación de los dispositivos sensores para la curva de respuesta del mismo.

Cambio de la tecnología de iluminación para los edificios, en algunos sitios han sido instalados luminarias led esto aportando a disminuir el consumo y aprovechar eficientemente la energía eléctrica, aunque no se viene realizando con gran fuerza.

Referencias

A2PBEER. (21 de Abril de 2016). *Affordable and Adaptable Public Buildings Through Energy Efficient Retrofitting*. Obtenido de http://www.a2pbeer.eu/retrofitting-strategies/strategy-1-university-campus

AEIPRO. (mayo de 2018). *AEIPRO - IPMA*. Obtenido de https://www.aeipro.com/files/congresos/2010madrid/ciip10_0046_0057.2764.pdf

Agencia Chilena de Eficiencia Energética. (12 de Enero de 2016). *Programa de Eficiencia Energética en Edificaciones.* Recuperado el 21 de Abril de 2018, de PEEEP: http://www.peeep.cl/proyectos/dataee/web/inicio/queEsPeeep

Agencia Chilena de La Eficiencia Energética. (2014). *Desarrollo de Diagnosticos energéticos para Instituciones de Eduscación Superior.* Santiago de Chile: AChEE.

Albiol Rodríguez, J., & LLoveras Macia, J. (2010). *Nueva Guía Metodológica de Road Mapping Para Proyectos de Innovación.* Madrid: Universidad de Catalunya.

Asociacion Nacional de Empresas de Eficiencia Energética. (22 de Agosto de 2018). *ANESCO CHILE AG*. Obtenido de http://www.anescochile.cl/que-es-eficiencia-energetica/

Boletin Oficial del Estado. (21 de Abril de 2018). *Agencia Estatal Boletín del Estado*. Obtenido de BOE: https://www.construible.es/2017/09/04/jornada-rehabilitacion-energetica-edificios-publicos-traves-tecnologias-adaptables-asequibles

Cámara Colombiana de la Infraestructura. (22 de agosto de 2018). *INFRAESTRUTURA.ORG*. Obtenido de http://www.infraestructura.org.co

CIDET - IEB . (2015). *Mapas de Ruta Para la Materialización de Objetivos Energéticos.* Bogotá D.C: UPME.

CIRCUITOR. (21 de Abril de 2018). *Edificios de la Administración Pública Caso de Exito.* Obtenido de Circuitor.es: http://circutor.es/docs/CE_ICAEN_SP.pdf

Comisión de regulación de Energía Y Gas. (24 de Marzo de 2018). *CREG*. Obtenido de CREG: http://www.creg.gov.co/html/Ncompila/htdocs/Documentos/Energia/docs/resolucion_creg_0131_1998.htm

CORPOEMA. (2014). *Caracterización energética de la Facultad Tecnológica, ASAB, Facultad de Ciencias de la Educación - Macarena B y Facultad de Medio Ambiente de la Universidad Distrital.* Bogotá, Colombia: Universidad Distrital.

Galion V, S. (10 de Marzo de 2011). *Memorias de Seminario Sobre Eficiencia Energética*. Obtenido de UPME COL: http://www.upme.gov.co/Docs/Seminarios/2011/EEE/8%20SERGIO%20GALLON.pdf

Gaviria, L. (24 de Enero de 2011). *Proyecto Arquitectonico San Vicente de Paul*. Recuperado el 21 de Abril de 2018, de Memorias Seminario Inernacional (S3IEA): http://www.upme.gov.co/Docs/Seminarios/2011/EEE/7%20LUIS%20GAVIRIA.pdf

Gobierno de España. (21 de Abril de 2018). *Agencia Estatal - Boletín Oficial del Estado*. Obtenido de Acuerdo Plan de Activación de la Eficiencia Energética en España: http://www.boe.es/boe/dias/2010/01/26/pdfs/BOE-A-2010-1235.pdf

IDAE. (2018 de Abril de 2018). *Instituto Para la diversificación y ahorro de la energía*. Obtenido de Eficiencia Energética Edificios Públicos: http://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/edificacion/edificios-publicos.

Ministerio de Vivienda Colombia. (10 de Marzo de 2015). *Guia de Construcción Sostenible 2015*. Obtenido de Presidencia de la República: http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioVivienda/ANEXO%201%200549%20-%202015.pdf

NC Ingeniería, Consultoría, Interventoría. (2017). *Contrato Consultoría 0975 Diagnóstico Y Evaluación Infraestructura Eléctrica Sedes Universidad Distrital.* Bogotá D.C: -.

Pinzon Casallas, J. D., & Corredor Ruiz, A. (2013). *Caracterización Energética Para el Edificio Suarez Copete de la Universidad Francisco José de Caldas.* Bogotá: Universidad Distrital.

Santelices, G. (10 de Marzo de 2016). *Desafíos en Eficiencia Energética*, 1. Recuperado el 21 de Abril de 2018, de Ministerio de Energía -Gobierno de Chile: http://www.minenergia.cl/archivos_bajar/ucom/publicaciones/EE_Desafios_minenergia.pdf

Silva, J. S., & Carreño, J. D. (2017). *Desarrollo y Apoyo de Estrategias de Eficiencia Energética Para la Facultad de Ciencias de La Educación (Macarena A) de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.* Bogotá DC: -.

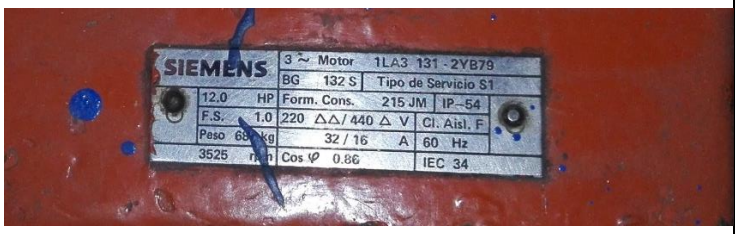
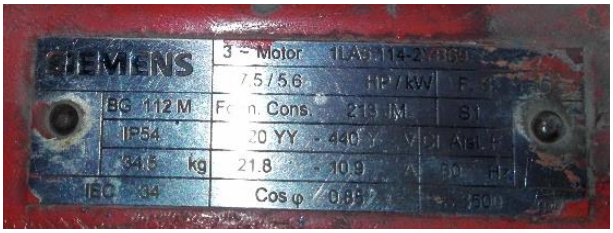
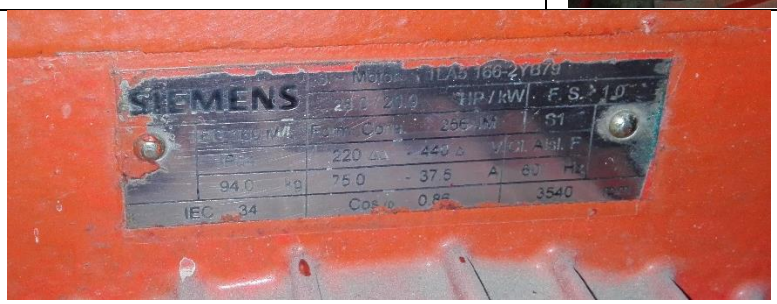
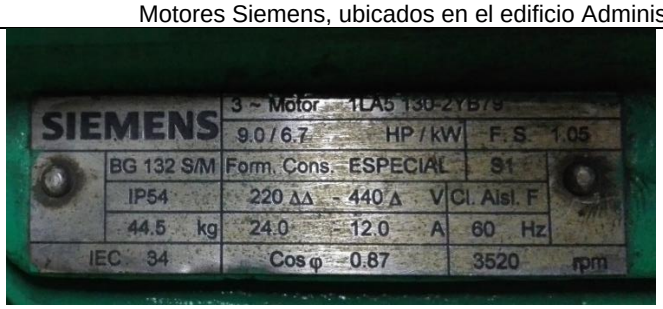
Sistema de Gestión de Gestión Ambiental; PIGA. (2016). *Caracterización Energética Biblioteca Cental "Aduanilla de Paiba".* Bogotá, Colombia.

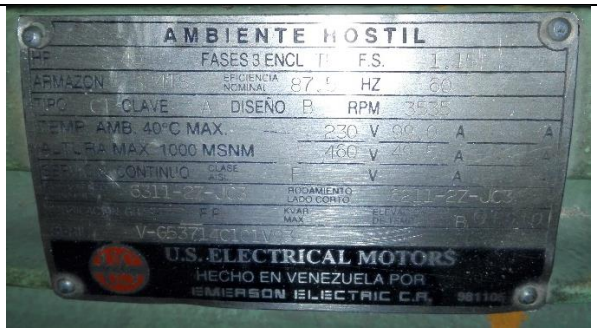
Universidad del Atlantico. (2015). *Procedimiento Para Elabrorar Líneas de Energía.* Barranquilla COL: UA (Universidad del Atlántico).

Universidad Distrital. (21 de mayo de 2018). *Inicios de la Universidad Distrital*. Obtenido de Universidad Distrital: www.udistrital.edu.co

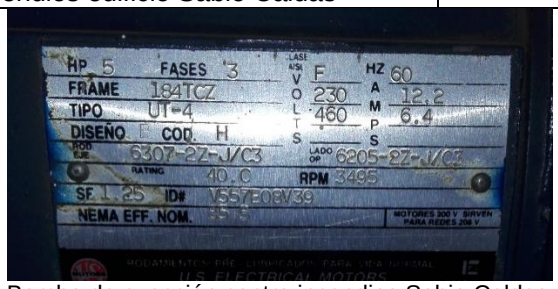
Anexos

Tabla 8 Registro fotográfico de las placas características de los equipos electromecánicos de la sede Calle 40.

Motores sede Calle 40	
	
Motores Siemens, ubicados en el edificio Alejandro Suarez Copete (cuarto de Bombas)	
 Bombas Edificio Administrativo	
 Bomba contra incendios Administrativo	
Motores Siemens, ubicados en el edificio Administrativo (Cuarto de Bombas)	
 Motores impulsores Ed sabio Caldas	



Bomba contra incendios edificio Sabio Caldas

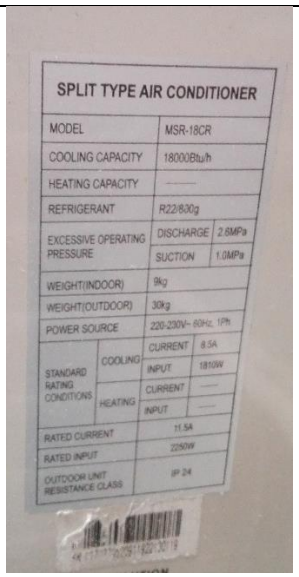


Bomba de eyección contra incendios Sabio Caldas.

Motores Ubicados en el Edificio Sabio Caldas. (Cuarto de Bombas y conta incendio)

Aires acondicionados sede Calle 40

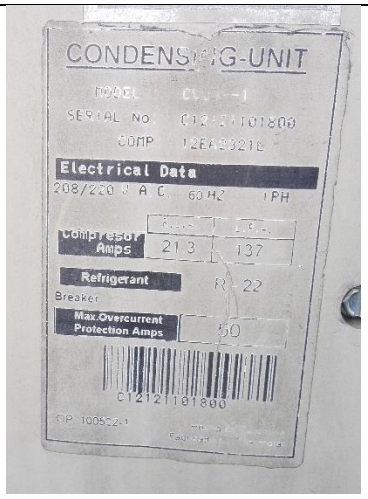
Oficina CECAD



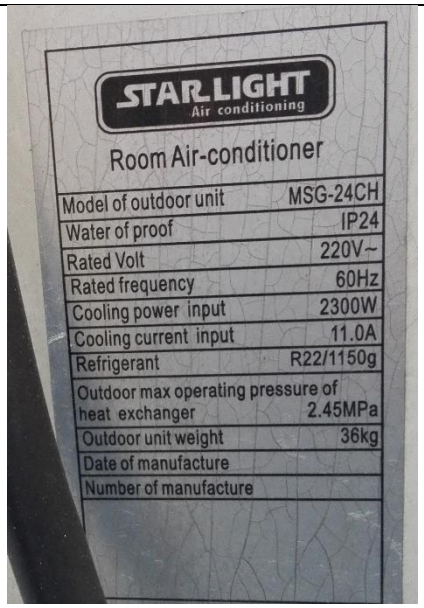
Oficina CECAD

Oficina GICEM

Oficina CECAD



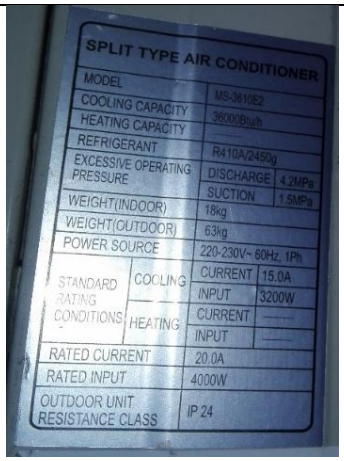
Oficina Asesora de sistemas



Oficina asesora de sistemas

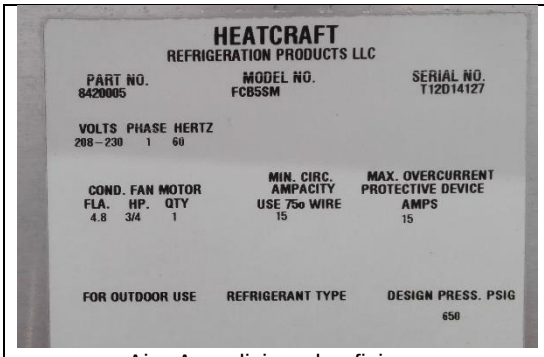
Red UDNET

Aires acondicionados ubicados en el edificio Suarez Copete

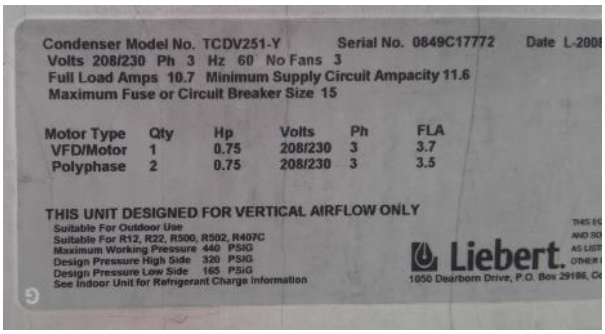


Oficina RITA

Aire acondicionado Auditorio



Aire Acondicionado oficinas



Aire Acondicionado oficinas

Aires Acondicionados Instalados en edificio Sabio Caldas

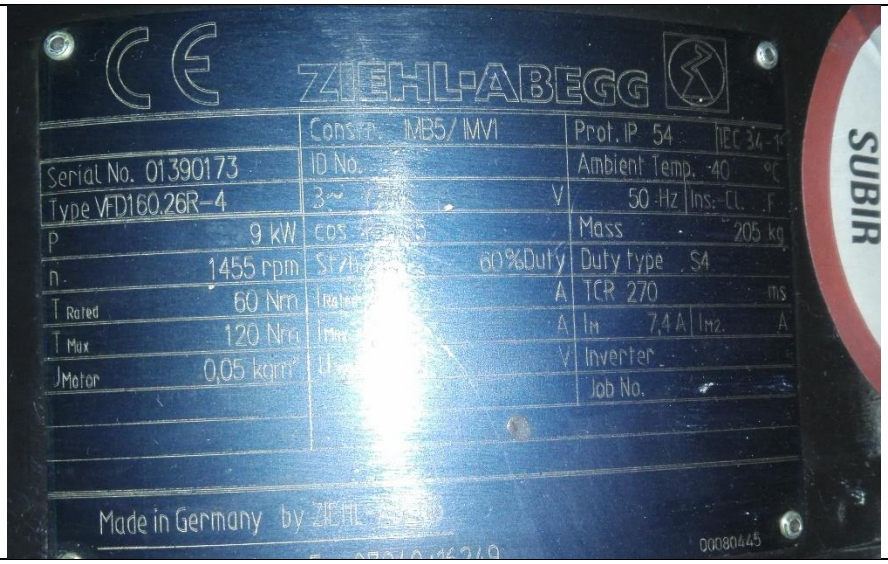
Aires Acondicionados Calle 40

Aires Acondicionados Edificio Administrativo (rectoría)

Motores Ascensores Sede Calle 40

Motores Marca Thyssen Krupp ascensores del edificio Administrativo

Motores Ascensores Sede Calle 40

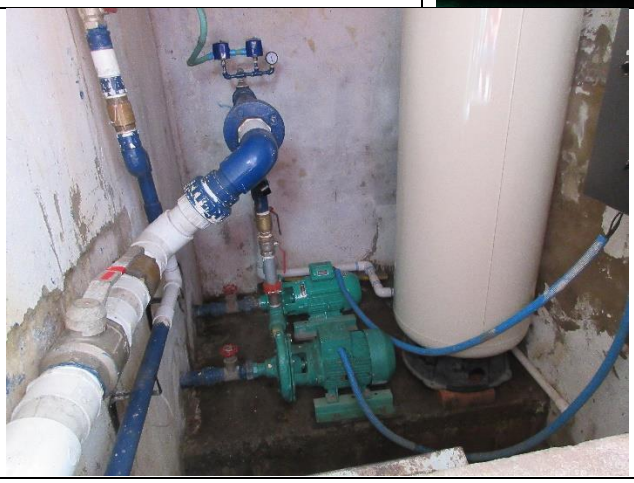


Motor marca Ziehl Abegg ascensor del edificio Sabio Caldas

Tablas de registros fotográficos de los dispositivos electromecánicos de la Sede Vivero

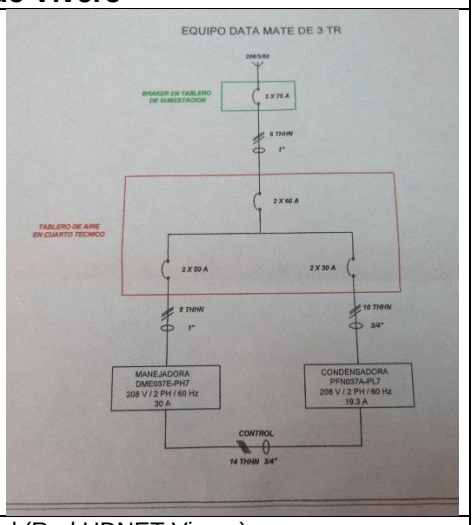
Tabla 9 registro fotográfico de las placas características de los equipos sede Vivero

Motores sede vivero



Bombas que alimentan el edificio Natura de la sede Vivero.

Aires Acondicionados sede Vivero

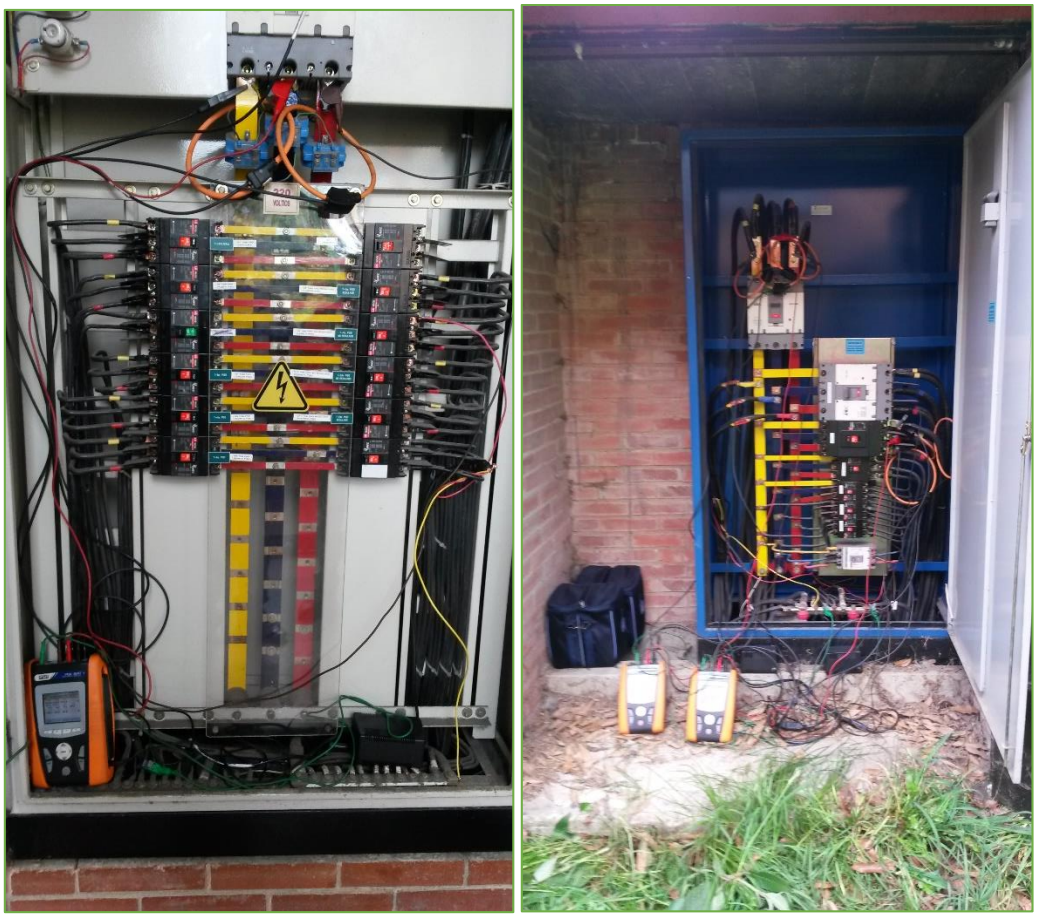


Aire acondicionado de precisión Cuarto de Red (Red UDNET Vivero)

Tabla 10 Los datos de los diferentes sistemas de aire acondicionado en la sede Calle 40

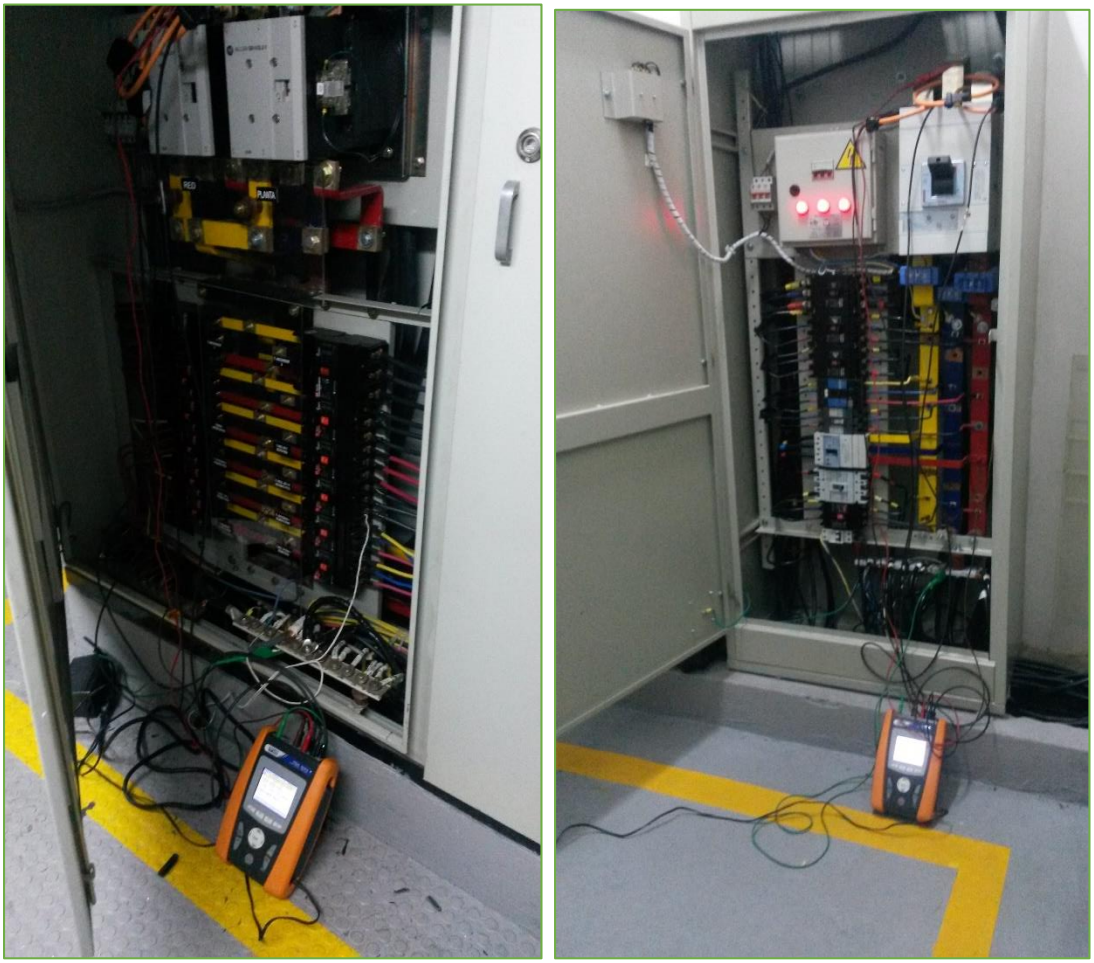
NOMBRE DEL ELEMENTO	UBICACIÓN	CANT	Potencia Nominal (kW)
Sistema a de aire acondicionado tipo mini Split. Marca EVERWELL de 3TR	(CECAD, SISTEMAS)	2	3.25
Sistema de aire acondicionado tipo mini Split. Marca STAR LIGHT de 1.5TR y 2TR	(ACCESSGRID, SISTEMAS)	2	2.25
Sistema de aire acondicionado tipo mini Split. Marca LG de 1.6TR	(CECAD , ASAB ARTES y RECTORIA)	2	1.85
Sistema lavador de aire y ventilación mecánica Marca. AFL UML1150, Hp:2.25Kw V:220 A:9.6	(Ed. Sabio Caldas Terraza – Piso 8)	9	2.25
Sistema de ventilación mecánica Marca. Faccinium l 460, Hp:0.75Kw-1/2-2.20 V:220 A:9.6	(Sótanos 1-3 Auditorio, Conferencias y Biblioteca)	6	0.75
Sistema de aire acondicionado de semiautomático de 3 TR. Marca Aireflex data.	(SISTEMAS)	1	
Sistema de aire acondicionado de precisión de 12 TR LIEBERT DS	(CECAD DOCTORADO)	1	28
Sistema de aire acondicionado minisplit Marca Blueline 3 TR	(Sabio Caldas Sótano 3, Alejandro Suárez Copete Piso 2)	2	4

Fuente: Análisis de Datos Recopilados



Fuente: Imágenes Tomadas

Fig. 34 Conexión de los equipos PQA en los tableros de la sede Vivero



Fuente: Imágenes Tomadas

Fig. 35 Conexión de los equipos PQA en los tableros de la sede Calle 40 (Izq. ***tablero Edificio Administrativo****, Der.* ***Tablero edificio Alejandro Suarez Copete****)*

Fuente: Imágenes Tomadas

*Fig. 36 Conexión de los equipos PQA en los tableros de la sede Calle 40 (**Edificio Sabio Caldas**)*