

MARÍA ISABEL GARCÍA FAJARDO

ESTUDIO DEL POTENCIAL DE AHORRO ELÉCTRICO EN EL SECTOR DE  
SANTO DOMINGO DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA

Universidad del Cauca  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones  
Trabajo de grado  
Área: Instrumentación y Control  
Popayán  
2014

**ESTUDIO DEL POTENCIAL DE AHORRO ELÉCTRICO EN EL SECTOR DE  
SANTO DOMINGO DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA**



**Trabajo de Grado**

**María Isabel García Fajardo**

Director: Mg. Juan Fernando Flórez Marulanda.

Universidad del Cauca  
**Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones**  
**Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control**  
**Línea de I+D en Automatización**  
**Ingeniería en Automática Industrial**  
Popayán, Mayo de 2014

**Hoja de Aprobación**

---

---

---

**Director** \_\_\_\_\_  
**Ing. Mag. Juan Fernando Flórez Marulanda**

**Jurado** \_\_\_\_\_

**Jurado** \_\_\_\_\_

**Fecha de sustentación:**

---

## **AGRADECIMIENTOS**

## **RESUMEN**

Teniendo en cuenta la iniciativa del Comité de Gestión Ambiental de la Oficina de Planeación y Desarrollo Institucional de la Universidad del Cauca, de promover un proyecto que represente beneficios ambientales y económicos para el alma mater, en el presente proyecto de grado se realiza el estudio del potencial de ahorro energético en el sector Santo Domingo, que está comprendido por los edificios: El Carmen, Santo Domingo, Casa Rosada y la Unidad de Salud. Con el fin de proponer medidas de ahorro de energía soportadas sobre una evaluación económica que permita visualizar la relación costo-beneficio en el sector Santo Domingo. Se diseñó un procedimiento detallado para la captura y análisis de información referente al consumo energético actual del sector, identificando potenciales de ahorro y finalmente consignando las medidas de ahorro energético.

# CONTENIDO

<b>RESUMEN.....</b>	<b>I</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>1 GENERALIDADES.....</b>	<b>2</b>
1.1 DESARROLLO SOSTENIBLE EMPRESARIAL (SOSTENIBILIDAD EMPRESARIAL) .....	3
1.1.1 Sostenibilidad Ambiental .....	4
1.2 SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL (SGA).....	4
1.2.1 Norma Técnica Colombiana ISO 14001 .....	5
1.3 SISTEMAS DE GESTIÓN DE ENERGÍA .....	6
1.3.1 Norma Técnica Colombiana ISO 50001 .....	7
1.3.2 Requisitos del Sistema de Gestión de la Energía [13].....	8
1.4 PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA [13].....	9
1.4.1 Revisión energética .....	10
1.5 PANORAMA NACIONAL E INTERNACIONAL DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA .....	12
1.5.1 Eficiencia Energética a nivel internacional .....	12
1.5.2 Eficiencia Energética a nivel nacional .....	14
1.6 ¿POR QUÉ LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA? .....	16
1.6.1 Selección del sector caso de estudio .....	17
<b>2 DISEÑO PROCEDIMENTAL PARA EL ESTUDIO DEL CONSUMO ENERGÉTICO .....</b>	<b>19</b>
2.1 ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN.....	20
2.1.1 Identificación y reconocimiento del edificio .....	20
2.1.2 Medición y recopilación de datos .....	22
2.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	31
2.2.1 Análisis de equipos consumidores de energía eléctrica .....	31
2.2.2 Consumos históricos .....	33
2.2.3 Encuestas hábitos de consumo.....	35
2.3 IDENTIFICACIÓN DEL POTENCIAL DE AHORRO .....	35
2.4 PROPUESTAS DE MEDIDAS DE AHORRO .....	36
<b>3 APLICACIÓN DE LA GUIA AL CASO DE ESTUDIO .....</b>	<b>37</b>
3.1 ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN.....	37
3.1.1 Identificación y reconocimiento del edificio .....	37
3.1.2 Medición y recopilación de datos .....	40
3.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	54
3.2.1 Análisis de equipos consumidores de energía eléctrica .....	54
3.2.2 Consolidado y análisis consumos históricos .....	60
3.2.3 Análisis encuestas hábitos de consumo.....	65
3.3 IDENTIFICACIÓN DEL POTENCIAL DE AHORRO .....	66
3.3.1 Lámparas ahorradoras & lámparas Leds .....	67
3.3.2 Potencial de ahorro energético.....	68
3.4 PROPUESTAS DE MEDIDAS DE AHORRO .....	68
3.4.1 Cambio de luminaria actual por lámparas más eficientes.....	68
3.4.2 Análisis Costo - Beneficio.....	77
3.4.3 Mejora hábitos de consumo energético [36] [37] [38] .....	83
3.4.4 Recomendaciones generales .....	85
<b>4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>86</b>
4.1 CONCLUSIONES .....	86
4.2 RECOMENDACIONES: .....	87
<b>5 BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>88</b>

## LISTA DE GRAFICAS

GRÁFICA 1. DISTRIBUCIÓN POR GRUPOS DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EL CLAUSTRO EL CARMEN. FUENTE PROPIA .....	55
GRÁFICA 2. DISTRIBUCIÓN POR GRUPOS DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN LA UNIDAD DE SALUD. FUENTE PROPIA. ....	55
GRÁFICA 3. DISTRIBUCIÓN POR GRUPOS DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN LA CASA ROSADA. FUENTE PROPIA. ....	56
GRÁFICA 4. DISTRIBUCIÓN POR GRUPOS DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN LA FACULTAD DE DERECHO. CLAUSTRO SANTO DOMINGO. FUENTE PROPIA. ....	57
GRÁFICA 5. DISTRIBUCIÓN POR GRUPOS DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EL ÁREA ADMINISTRATIVA. CLAUSTRO SANTO DOMINGO. FUENTE PROPIA. ....	57
GRÁFICA 6. DISTRIBUCIÓN POR GRUPOS DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EL CLAUSTRO SANTO DOMINGO. FUENTE PROPIA. ....	58
GRÁFICA 7. DISTRIBUCIÓN POR EDIFICIOS DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EL SECTOR SANTO DOMINGO. FUENTE PROPIA. ....	59
GRÁFICA 8. DISTRIBUCIÓN POR GRUPOS DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EL SECTOR SANTO DOMINGO. FUENTE PROPIA. ....	59
GRÁFICA 9. CONSUMO ENERGÉTICO MENSUAL DE LOS DOS ÚLTIMOS AÑOS EN EL SECTOR SANTO DOMINGO. FUENTE PROPIA. ....	60
GRÁFICA 10. COMPARACIÓN CONSUMOS MENSUALES DE LOS AÑOS 2012 Y 2013 EN EL SECTOR SANTO DOMINGO. FUENTE PROPIA. ....	61
GRÁFICA 11. COMPORTAMIENTO TARIFA CONSUMO MENSUAL DEL SECTOR SANTO DOMINGO. FUENTE PROPIA. ....	62
GRÁFICA 12. COMPARACIÓN TARIFA Y CONSUMOS MENSUALES DEL SECTOR SANTO DOMINGO. FUENTE PROPIA. ....	63
GRÁFICA 13. CONSUMO MENSUAL DE ENERGÍA REACTIVA EN EL SECTOR SANTO DOMINGO. FUENTE PROPIA. ....	63
GRÁFICA 14. COMPARACIÓN CONSUMO ENERGÉTICO ACTUAL Y CONSUMO ENERGÉTICO CON CAMBIO DE LUMINARIAS DE CADA EDIFICIO DEL SECTOR SANTO DOMINGO. FUENTE PROPIA. ....	76
GRÁFICA 15. COMPARACIÓN CONSUMO ACTUAL Y CONSUMO CON CAMBIO DE LUMINARIAS. FUENTE PROPIA .....	76

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. MODELO DE SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA FUENTE TOMADA DE [12] .....	8
FIGURA 2. PROCESO DE PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA. FUENTE TOMADA DE [13] .....	10
FIGURA 3. FASES DEL PROCEDIMIENTO PROPUESTO PARA EL ESTUDIO DEL CONSUMO ENERGÉTICO. FUENTE PROPIA. ....	20
FIGURA 4. FORMATO ENCUESTA DOCENTES Y ADMINISTRATIVOS. FUENTE PROPIA. ....	29
FIGURA 5. FORMATO ENCUESTA ESTUDIANTES. FUENTE PROPIA. ....	30
FIGURA 6. MAPA EDIFICIOS DEL SECTOR SANTO DOMINGO .....	37
FIGURA 7. CLAUSTRO SANTO DOMINGO.....	38
FIGURA 8. CLAUSTRO EL CARMEN.....	38
FIGURA 9. CASA ROSADA.....	39
FIGURA 10. UNIDAD DE SALUD .....	40
FIGURA 11. NIVEL DE ILUMINACIÓN EN OFICINAS. FUENTE [36] .....	82

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. DATOS GENERALES DEL SECTOR. FUENTE PROPIA. ....	21
TABLA 2. EQUIPOS CONSUMIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA. FUENTE [31].....	24
TABLA 3. CONSUMOS HISTÓRICOS DEL SECTOR. FUENTE PROPIA. ....	25
TABLA 4. CONSUMOS HISTÓRICOS DEL SECTOR SANTO DOMINGO. ....	47
TABLA 5. TARIFAS CONSUMO MENSUAL DEL SECTOR SANTO DOMINGO .....	48
TABLA 6. CONSUMO DE ENERGÍA REACTIVA EN EL SECTOR SANTO DOMINGO .....	49
TABLA 7. RESULTADOS ENCUESTAS A ADMINISTRATIVOS Y DOCENTES DEL SECTOR SANTO DOMINGO. FUENTE PROPIA. ....	51
TABLA 8. RESULTADOS ENCUESTAS A ESTUDIANTES DEL SECTOR SANTO DOMINGO. FUENTE PROPIA. ....	53
TABLA 9. CONSUMO ENERGÉTICO ESTIMADO DE CADA EDIFICIO. FUENTE PROPIA .....	58
TABLA 10. COMPARATIVO LUMINARIAS FLUORESCENTES Y LUMINARIAS LED. FUENTE [32] [34].....	69
TABLA 11. CONSUMO ENERGÉTICO MENSUAL SEGÚN EL TIPO DE LUMINARIA EN EL SECTOR SANTO DOMINGO. FUENTE PROPIA.....	70
TABLA 12. EQUIVALENCIA LUMINARIA ACTUAL Y LUMINARIA LED. FUENTE PROPIA. ....	72
TABLA 13. COMPARACIÓN CONSUMOS LUMINARIA ACTUAL Y CONSUMOS LUMINARIAS LED. FUENTE PROPIA. .....	74
TABLA 14. AHORRO ENERGÉTICO EN ILUMINACIÓN EN LOS EDIFICIOS DEL SECTOR SANTO DOMINGO. FUENTE PROPIA. ....	74
TABLA 15. COMPARACIÓN CONSUMOS MENSUALES. FUENTE PROPIA.....	75
TABLA 16. CÁLCULO DEL COSTO LUMINARIA ACTUAL. FUENTE PROPIA. ....	78
TABLA 17. CÁLCULO INVERSIÓN LUMINARIA LED. FUENTE PROPIA. ....	79
TABLA 18. COSTO CONSUMO ENERGÉTICO Y MANTENIMIENTO ANUAL DE LUMINARIA ACTUAL. FUENTE PROPIA. ....	79
TABLA 19. RELACIÓN COSTO BENEFICIO DE CADA EDIFICIO. FUENTE PROPIA. ....	81

## LISTA DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1. ENERGÍA CONSUMIDA AL DÍA POR EQUIPO .....	32
ECUACIÓN 2. ENERGÍA CONSUMIDA AL MES POR EQUIPO.....	32
ECUACIÓN 3. POTENCIA TEÓRICA EQUIPOS (INDUCTORES).....	32
ECUACIÓN 4. PROMEDIO CONSUMO MENSUAL .....	34
ECUACIÓN 5. CONSUMO ANUAL KWH .....	34
ECUACIÓN 6. COSTO CONSUMO ANUAL .....	34
ECUACIÓN 7. AHORRO ANUAL CON CAMBIO DE LUMINARIAS.....	80
ECUACIÓN 8. CÁLCULO TIEMPO RECUPERACIÓN INVERSIÓN .....	80



## INTRODUCCIÓN

El consumo de los recursos naturales energéticos ha representado a lo largo de la historia un pilar fundamental del desarrollo social y tecnológico de la humanidad, percibiéndose una continua actualización en los métodos tanto de explotación como de aplicación con el fin de dar satisfacción a las necesidades de la sociedad.

Se tiene la percepción de que el consumo continuo de los recursos energéticos proporciona una mejor calidad de vida, existiendo un consumo indiscriminado de los mismos, ignorando el alto costo medio ambiental que se está pagando y que a la larga es irreversible. El uso irracional de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) es el mayor causante de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y por ende, del cambio climático, la amenaza ambiental más grande actualmente.

Una de las estrategias actualmente aplicadas es la de llevar a cabo la revisión del consumo de energía en los procesos industriales, edificios de oficinas o residenciales, y en general en todo sitio que consuma energía eléctrica.

Es así como en el desarrollo del presente proyecto se diseña un procedimiento para realizar el estudio del potencial de ahorro energético para aplicar al sector Santo Domingo que incluye el claustro Santo Domingo, el claustro El Carmen, la Unidad de Salud y la Casa Rosada, se realiza un censo de carga, se analiza el consumo histórico y según el potencial de ahorro se proponen medidas de reducción del consumo energético teniendo en cuenta la relación costo-beneficio. Se proporciona así una herramienta que hacia el futuro permita extenderla al resto de las instalaciones de la Universidad del Cauca.

# 1 GENERALIDADES

Durante el transcurso del desarrollo social y tecnológico de la humanidad se ha identificado al uso de los recursos naturales como su base principal, pues de la buena gestión de los recursos naturales depende la vida del ser humano en el planeta. Los artículos que hacen parte de la vida cotidiana son derivados de la naturaleza ya sean provenientes de recursos naturales renovables o no renovables. Lamentablemente estos recursos naturales no son imperecederos, y se está llegando a un punto en que el crecimiento económico, desarrollo social y tecnológico no pueden ser sostenibles si se continúa con los patrones de consumo y producción actuales [1].

Debido a la dependencia casi total de un modelo energético basado en el carbón, el gas y el petróleo, actualmente se perciben alteraciones en el clima efectos desastrosos para la vida en el planeta, y un alto costo medio ambiental que se está pagando y que a la larga es irreversible, pues no solo se trata de la disminución considerable de dichos recursos, sino del notable aumento en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) principales responsables del calentamiento global. El efecto invernadero es un fenómeno natural para la vida en la tierra, pero el uso indiscriminado de combustibles fósiles, la contaminación de las grandes industrias, la quema y tala de bosques, entre otras actividades, generan mayores concentraciones de Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y Metano ( $\text{CH}_4$ ) que alteran el comportamiento natural del efecto invernadero y generan aumentos en la temperatura media global, de la atmosfera terrestre y de los océanos [2].

La meta actual es propender por una relación con el medio equilibrada entre la conservación del medio ambiente y el desarrollo social y tecnológico. En las últimas décadas se ha encontrado que es posible mantener cierto grado de bienestar sin agotar los recursos naturales, a esto se le denomina desarrollo sostenible. Con el interés de disminuir y controlar los efectos negativos que se

están presentando con la contaminación del medio ambiente, a raíz de las innumerables actividades industriales, se observa en los últimos años un mayor compromiso de las naciones y empresas con el desarrollo sostenible y la gestión ambiental [3].

### **1.1 Desarrollo Sostenible Empresarial (Sostenibilidad Empresarial)**

Debido a que el desarrollo económico, industrial y tecnológico va en aumento, es necesario establecer relaciones armónicas entre la sociedad, la economía y la naturaleza para disminuir los costos socioculturales y ambientales. Por esta razón, se plantea el concepto de Desarrollo Sostenible Empresarial (DSE). Esta idea surgió en 1987, en el informe de Brundtland, realizado por la Comisión mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas (ONU). Posteriormente, a partir junio de 1992, en la conferencia organizada por la ONU sobre Medio Ambiente y Desarrollo, denominada Primera Cumbre de la Tierra, la cual se llevo a cabo en Rio de Janeiro, Brasil, se comenzó a difundir el concepto de DSE como el desarrollo empresarial centrado en la preservación del medio ambiente y el consumo racional de los recursos naturales no renovables, teniendo en cuenta tres aspectos fundamentales: el medioambiente o ecológico, el económico y el social o social-político [4].

Con lo anterior, se identifican tres principales características del Desarrollo Sostenible Empresarial:

- La Sostenibilidad Social, que tiene en cuenta la calidad de vida laboral, la seguridad y salud laboral, desarrollo del capital humano, la protección de los derechos humanos, no discriminación, transparencia, integridad y justicia, contribución al desarrollo de las sociedades en las que opera y las responsabilidad sobre el producto.

- Sostenibilidad Ambiental, que tiene en cuenta el uso eficiente de los recursos naturales, la minimización de los impactos de la organización en los sistemas naturales, reducción y reutilización de los materiales (reciclaje), el cambio climático, protección de la biodiversidad y fomentar el desarrollo de tecnologías limpias.
- Sostenibilidad Económica, que tiene en cuenta el valor económico directo generado y distribuido, los impactos económicos indirectos, la cobertura de los compromisos sociales de la empresa, manejo de riesgos en los precios y el negocio, relación con inversionistas, proveedores y clientes, y la presencia en el mercado.

### **1.1.1 Sostenibilidad Ambiental**

Dentro de los aspectos legales y normativos que se deben tener en cuenta para la sostenibilidad empresarial en cuanto a la parte ambiental, se encuentran las normas internacionales Sistemas de Gestión Ambiental ISO 14001 y Sistemas de Gestión de la Energía ISO 50001. La primera, establece los criterios necesarios para que las organizaciones puedan establecer un sistema de gestión ambiental eficaz minimizando los impactos ambientales, y la segunda, tiene como objetivo ayudar a las organizaciones en el uso eficiente de la energía, a reducir el consumo energético, obteniendo beneficios económicos y ambientales [5].

## **1.2 Sistemas de Gestión Ambiental (SGA)**

Para mitigar los efectos negativos hacia el medioambiente a causa de la contaminación producida por empresas e industrias, organizaciones como *International Organization for Standardization* (ISO) suministra herramientas prácticas que benefician a la empresa que las aplica, a la sociedad y al medio ambiente. ISO proporciona herramientas y directrices estratégicas que ayudan a las empresas a obtener beneficios económicos, sociales y sobre todo ambientales. Entre estas herramientas se encuentran los Sistemas de Gestión Ambiental.

Un sistema de gestión ambiental es la parte del sistema de gestión de la organización o empresa donde se incluye: estructura organizacional, actividades de planificación, responsabilidades, prácticas, procedimientos, procesos y recursos para desarrollar, implantar, alcanzar, analizar críticamente y mantener una política ambiental para identificación de mejorías para la prevención y reducción los impactos ambientales generados por la empresa y la mejora del comportamiento ambiental [6]

### **1.2.1 Norma Técnica Colombiana ISO 14001**

La NTC ISO 14001 es una adaptación para Colombia de la norma internacional ISO 14001, su presentación oficial se realizó en 1996 llevando hasta el momento una actualización en el año 2004. Esta norma establece los requisitos necesarios para un sistema de gestión ambiental, requisitos que una vez implantados, afectan todos los aspectos de la gestión de una organización, como la mejora del comportamiento ambiental y las oportunidades de beneficio económico [7].

La NTC ISO 14001 está diseñada para conseguir un equilibrio entre el mantenimiento de la rentabilidad y la reducción de los impactos ambientales, va enfocada a cualquier organización, de cualquier tamaño o sector, que esté buscando reducir los impactos en el ambiente y cumplir con la legislación en materia ambiental.

Entre los beneficios que obtienen las organizaciones al implementar un sistema de gestión ambiental se encuentra no solo el impacto en la rentabilidad debido a los ahorros que se producen por una adecuada y racional utilización de los medios (energía, insumos, etc.) sino que es el primer paso para satisfacer las demandas de la sociedad. Además, obtener el certificado de gestión ambiental es un elemento diferenciador que contribuye a mejorar la imagen de una empresa comunicando y demostrando su compromiso con el entorno, ya que los clientes comprometidos con el medio ambiente prefieren hacer negocios con empresas que comparten la misma idea [8].

### **1.3 Sistemas de Gestión de Energía**

Dentro de los requisitos planteados por las organizaciones y empresas para disminuir los efectos negativos hacia el medio ambiente, se encuentra la reducción del consumo de recursos energéticos. El consumo energético mundial aumenta en proporciones alarmantes, y aunque es claro que sin fuentes energéticas abundantes no hubiera sido posible mantener el ritmo de crecimiento socioeconómico y tecnológico mundial y alcanzar el grado de calidad de vida actual, el uso extensivo de las fuentes energéticas, basadas principalmente en el uso de los recursos fósiles (carbón, gas natural, petróleo y sus derivados), es el principal responsable del aumento en las emisiones de CO<sub>2</sub> [9].

Como respuesta a los cambios climáticos, actualmente se están tomando estrategias que implican reforzar el ahorro energético o uso eficiente de la energía y apoyar las tecnologías energéticas con bajas o nulas emisiones de CO<sub>2</sub>, como el uso de energías renovables (eólica, solar, geotérmica, hidroeléctrica, biocombustibles) [10].

La necesidad de promover el uso eficiente de la energía dentro de las organizaciones las llevó a plantear sus propios “modelos de gestión” de energía, buscando motivar e incentivar una nueva cultura organizacional de uso eficiente de la energía, lo que actualmente se conoce como eficiencia energética. Con el fin de unificar estos modelos de gestión de energía la ISO plantea en su norma ISO 50001 los Sistemas de Gestión de la Energía (SGE) [6].

Un sistema de gestión de la energía, es un conjunto de elementos interrelacionados mutuamente que permiten establecer e implementar una política energética, definir unos objetivos y metas energéticas, e implementar los procesos y procedimientos necesarios para alcanzar dichos objetivos.

### **1.3.1 Norma Técnica Colombiana ISO 50001**

El 24 de Enero de 2012 en Colombia, se hace el lanzamiento de la Norma Técnica Colombiana ISO 50001 adecuación de la norma internacional ISO 50001. Esta norma específica los requisitos de un Sistema de Gestión de la Energía, facilita a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética y el uso y consumo de la energía, dando las pautas para desarrollar e implementar una política energética, establecer objetivos, metas y planes de acción que tengan en cuenta los requisitos legales [6].

La NTC ISO 50001 se basa en el ciclo de mejora continua: Planificar – Hacer – Verificar – Actuar (PHVA). El Ciclo de Mejora Continua PHVA fue desarrollado en la década de 1920 por Walter Shewhart y más adelante fue popularizado por W. Edwards Deming. De ahí que el Ciclo de Mejora Continua también sea conocido como el Ciclo de Deming [11].

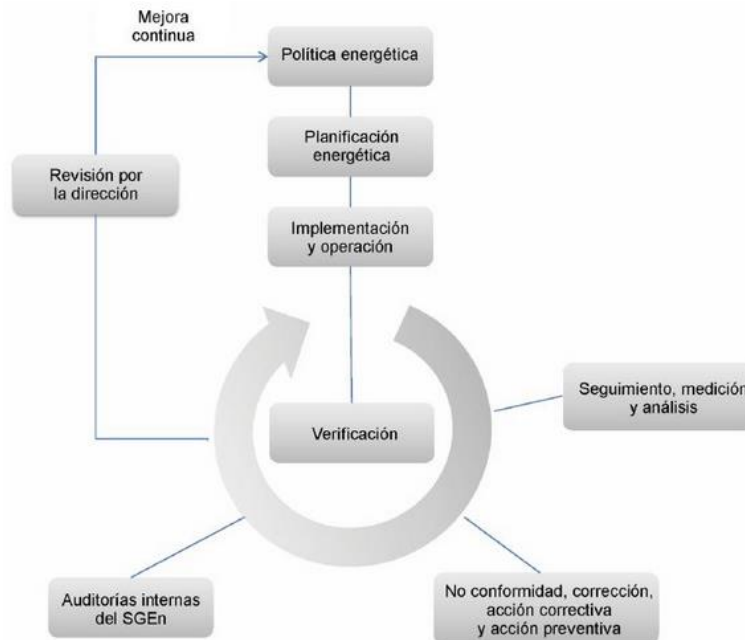
En cuanto a la gestión de la energía, el enfoque del ciclo de mejora continua se presenta de la siguiente manera [12]:

- Planificar: Parte de la realización de la revisión energética, establecer la línea de base, los indicadores de desempeño (IDE), los objetivos, las metas y los planes de acción necesarios para lograr los resultados que mejoraran el desempeño energético de acuerdo con la política energética de la organización.
- Hacer: Implementación de los planes de acción de la gestión de la energía.
- Verificar: Seguimiento y medición de los procesos y de las características clave de las operaciones que determinan el desempeño energético en relación a las políticas y objetivos energéticos e informar sobre los resultados.

- Actuar: toma de acciones para mejorar continuamente el desempeño energético y el sistema de gestión de la energía.

En la Figura 1 se presenta el modelo de gestión de la energía para la norma internacional ISO 50001 teniendo en cuenta el ciclo de mejora continua PHVA.

Figura 1. Modelo de Sistema de Gestión de la Energía Fuente tomada de [12]



Al igual que las anteriores normas NTC ISO 9001 y NTC ISO 14001, la norma NTC ISO 50001 es aplicable a organizaciones de todo tipo y tamaño, independiente de sus condiciones físicas, sociales, culturales, e incluso del tipo de energía utilizada. Una organización puede decidir integrar esta norma con otros sistemas de gestión, incluyendo aquellos relacionados con calidad, seguridad ocupacional y medio ambiente y salud.

### 1.3.2 Requisitos del Sistema de Gestión de la Energía [13]

La norma NTC ISO 50001 especifica los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía con el fin de permitir a la organización alcanzar una mejora continua en su desempeño energético.



Los requisitos que especifica la NTC ISO 50001 son referentes al consumo de la energía e incluyen la medición, documentación e información, las prácticas para el diseño y adquisición de equipos, sistemas, procesos y personal que contribuyen al desempeño energético. Estos requerimientos tienen en cuenta los requisitos generales, la responsabilidad de la dirección, establecimiento de una política energética y realización de una planificación energética, donde se estudie el consumo de energía de la organización mediante una revisión energética. Posteriormente la realización de la implementación, verificación y revisión por la dirección.

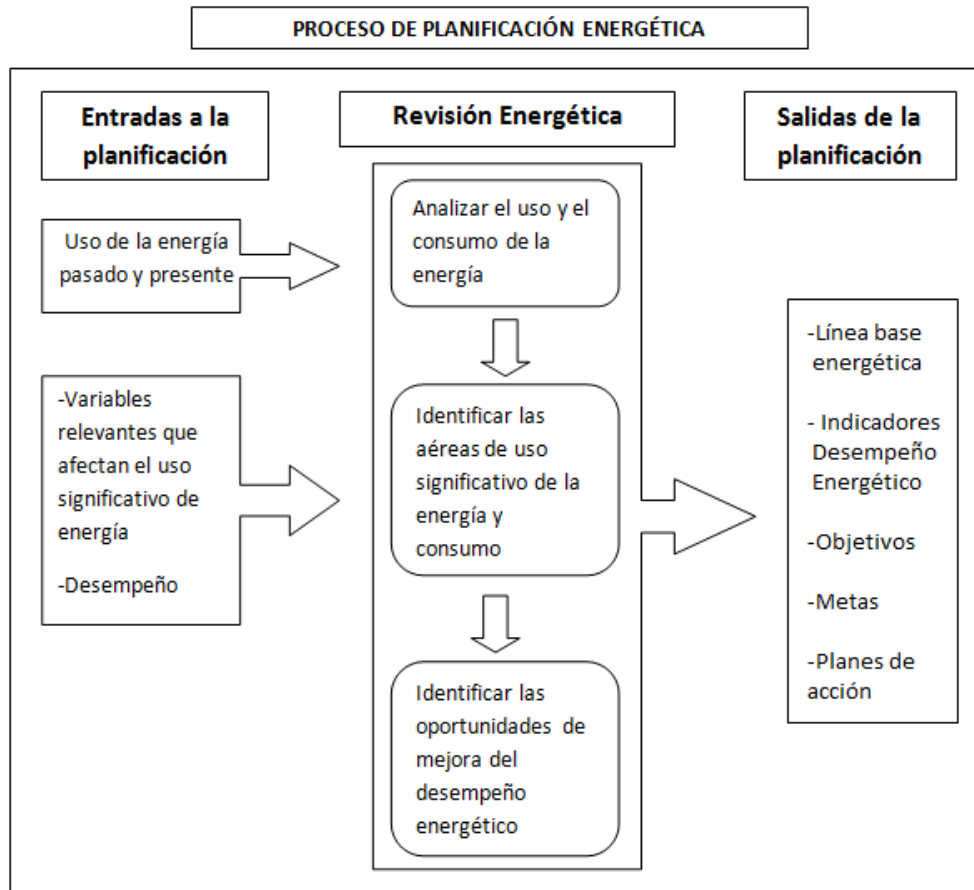
#### **1.4 Planificación Energética [13]**

De acuerdo a NTC ISO 50001 la organización debe llevar a cabo un proceso de Planificación Energética, la cual debe ser coherente con la política energética y debe conducir a actividades que mejoren de forma continua el desempeño energético. También debe incluir la revisión de las actividades de la organización que puedan afectar el desempeño energético.

Una vez establecida la política energética de la organización se debe tener una visión general de la realidad de la organización en cuanto al consumo energético que presenta, para así establecer una(s) línea(s) de base energética que representa el punto de partida, y es mediante esta línea de base energética que se deben medir los cambios en el desempeño energético una vez se haya implementado los sistemas de gestión de la energía.

Los resultados obtenidos durante la revisión energética permiten a la organización establecer los objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción para la gestión de la energía, los cuales deben ser coherentes con la política energética. La Figura 2 ilustra el proceso de la Planificación Energética.

Figura 2. Proceso de Planificación Energética. Fuente tomada de [13]



### 1.4.1 Revisión energética

De acuerdo a la NTC ISO 50001 la revisión energética de una organización es el procedimiento principal y más importante para llevar a cabo una Planificación Energética. Se basa principalmente en una apropiada medición y observación del desempeño energético real de la organización, identificación de las fuentes de energía y evaluación de los consumos de energía pasados y actuales, con el fin de determinar las instalaciones, equipos, sistemas y procesos que afecten significativamente al consumo de energía para finalmente establecer y registrar posibles oportunidades de mejora del desempeño energético.

Al realizar una revisión energética se debe documentar detalladamente los procedimientos realizados y los resultados obtenidos durante el proceso, con el fin de proporcionar información necesaria para establecer la línea de base, los indicadores de desempeño, los objetivos y metas energéticas y finalmente los planes de acción. Una buena documentación también permite que la revisión energética pueda ser actualizada a intervalos de tiempo definidos por la organización o en respuesta a cambios mayores en instalaciones, equipos, sistemas o procesos.

La revisión energética debe cumplir tres pasos fundamentales: análisis del uso y consumo de energía, identificación de áreas de uso significativo de energía y consumo, e identificación de oportunidades de **mejora** del desempeño energético.

#### **1.4.1.1 Análisis del consumo energético**

Para visualizar la situación real de consumo de energía en una instalación o edificio, es de gran utilidad realizar un censo de carga, el cual permite identificar dónde, cómo y cuanta energía eléctrica se consume en una edificación, saber cuánto consume cada aparato eléctrico y cuanto aporta al recibo de energía eléctrica. Para esto se debe identificar claramente los procesos y actividades que se llevan a cabo, tener en cuenta la fuente de energía, tipo y distribución de la instalación, registros de consumos anteriores (lecturas de recibos de energía), número de empleados, horarios de trabajo, hábitos de consumo de los empleados y principalmente se debe realizar un inventario detallado de los equipos consumidores de energía [14].

#### **1.4.1.2 Áreas de uso significativo**

Una vez realizado el análisis del consumo energético dentro de las instalaciones de la organización, se identifican las áreas o sectores que presentan el mayor consumo energético. Esto se realiza, examinando las características específicas de consumo de cada sector, teniendo en cuenta el coste de las facturas de los meses anteriores recolectadas durante el análisis del consumo energético.

### **1.4.1.3 Oportunidades de mejora del desempeño energético**

Finalmente se examinan las posibles oportunidades de mejora del desempeño energético, estas incluyen desde la sustitución de equipos, eliminación de procesos innecesarios, utilización de energía renovable hasta el cambio de hábitos por parte de los empleados de la organización.

## **1.5 Panorama nacional e internacional de la Eficiencia Energética**

Existen innumerables razones por las cuales gobiernos, organizaciones y personas en general se están preocupando por tratar de disminuir los efectos negativos del consumo de los combustibles fósiles, la contaminación y el agotamiento de los recursos naturales. Por esta razón, se observa cada vez más en el mercado, desde electrodomésticos hasta equipos industriales que presentan un bajo consumo de energía, desarrollo de proyectos en empresas que promueven el uso eficiente de la energía y el agua, tanto en sus procesos como entre sus empleados y organizaciones que generan normas o pautas que proporcionan herramientas a empresas y entidades en general para desarrollar procesos de uso eficiente de la energía.

### **1.5.1 Eficiencia Energética a nivel internacional**

En la actualidad, la Eficiencia Energética se ha convertido en un tema de gran importancia para las naciones, por lo que continuamente se están llevando a cabo acciones de prevención y correctivas para mitigar el impacto negativo hacia el medio ambiente, desde la conformación de normas internacionales, planteamiento de métodos para el uso eficiente de la energía en distintos sectores productivos, hasta el desarrollo de tecnología amigable con el medio ambiente.

#### **1.5.1.1 Normatividad**

A nivel internacional existen organizaciones que presentan proyectos, artículos y planes para el mejoramiento de la eficiencia energética en las empresas,

industrias y hogares, como la International Organization of Standardization (ISO) y la Efficiency Valuation Organization (EVO) organización cuyo objetivo es desarrollar y promover el uso de protocolos estándar, métodos y herramientas para cuantificar y gestionar el beneficio y riesgo asociado a las transacciones comerciales en el uso final de la Eficiencia Energética, las energías renovables y el uso eficiente del agua. El *“Protocolo Internacional de Medida y Verificación (IPMVP), Volumen 1: Conceptos y Opciones para Determinar el Ahorro de Energía y Agua”*, protocolo desarrollado por EVO además de que permite desarrollar y difundir herramientas para cuantificar el resultado de los proyectos de eficiencia energética, ofrece un marco flexible de opciones de Medida y Verificación que permiten a los profesionales diseñar un Plan de Medida y Verificación en cada proyecto particular [15]. Por otro lado, Schneider Electric, Siemens y Panasonic fabricantes de equipos tecnológicos, le apuntan al desarrollo de tecnologías limpias y mediante guías prácticas, promueven el uso eficiente de energía en la instalación de sus equipos [16].

#### **1.5.1.2 Guías y trabajos internacionales realizados a tenor**

España es uno de los países europeos con mayor índice de consumo energético, pero también es el país donde la Eficiencia Energética está en auge, se están aplicando estrategias desde el 2004 materializadas en Planes de Acción para el Ahorro y la Eficiencia Energética: Plan 2005-2007, Plan 2008-2012, Plan 2011-2020. Todos estos planes se basan en la gestión y la financiación conjunta entre la administración general del estado y las comunidades autónomas [17].

Por otra parte, se encuentran variedad de guías para el uso eficiente de energía, como la *“Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Oficinas y Despachos”* desarrollada por la dirección general de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid (España), la cual determina los procedimientos necesarios para llevar a cabo auditorias energéticas reconociendo las ineficiencias de los sistemas principales de consumo energético en oficinas y despachos, tales como iluminación, calefacción y aire acondicionado, ascensores, motores y de quipos

como fotocopiadoras, computadores, entre otros. Poder llevar a cabo un inventario de los equipos existentes, la potencia nominal de cada uno de ellos, su forma y frecuencia de utilización, permite establecer si modificando el régimen de funcionamiento de determinados equipos se puede disminuir el valor del consumo energético actual [18].

La “*Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Oficinas*” publicada por la World Wildlife Fund for Nature (WWE España) define procedimientos generales para el uso eficiente de energía, está especialmente dirigida a los responsables de oficinas de PYMES y ONG [19].

En Latinoamérica, México promueve el uso eficiente de la energía con guías para el diseño y construcción de viviendas con base en la arquitectura bioclimática, la cual se fundamenta en el análisis de los distintos climas del país para determinar las condiciones y requerimientos de climatización y así obtener finalmente mayor ahorro de energía [20]. En Chile se han desarrollado guías como la de auto diagnóstico desarrollada por la Fundación Chile en conjunto con el Programa País de Eficiencia Energética y la Comisión Nacional de Energía, la cual está diseñada para que el usuario sea capaz de comprender y cuantificar su consumo de energía. Los principales temas que se abordan en el desarrollo de esta guía son el análisis de las instalaciones, análisis de facturas, sistemas eléctricos y térmicos, y finalmente determina los posibles planes de acción a aplicar [21].

### **1.5.2 Eficiencia Energética a nivel nacional**

El panorama de la Eficiencia Energética en Colombia es prometedor. En los últimos años el estado, las universidades y organizaciones en general se están concientizando del uso eficiente de los recursos energéticos, promoviendo y desarrollando planes y proyectos en pro del ahorro de energía en empresas, industrias, organizaciones y edificaciones en general.

#### **1.5.2.1 Normas y leyes nacionales**

Antes del lanzamiento de la NTC ISO 50001, el congreso de Colombia aprobó la Ley 697 de 2001, mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la

energía y se promueve la utilización de energías renovables alternativas, creándose el Programa de Uso Racional y Eficiente y demás formas de energía no convencionales “PROURE” que tiene un plan de acción al 2015 con visión al 2020 [22], diseñado por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) del Ministerio de Minas y Energía [23]. Aquí se plantea el término “Sistema de Gestión Integral de la Energía” como el conjunto de procedimientos y actividades estructuradas que integra los componentes del sistema organizacional de la empresa, para alcanzar el consumo mínimo de energía [24].

### **1.5.2.2 Guías y trabajos nacionales realizados a tenor**

UPME en conjunto con la Universidad del Atlántico, la Universidad Autónoma de Occidente y Colciencias desarrolló la “Guía para la implementación de Sistemas de Gestión de la Energía”, la cual permite obtener el modelo específico para cualquier empresa, independiente de su nivel de desarrollo y del sistema de gestión organizacional que tenga implementado, con el fin brindarle a las empresas unos modelos a seguir para la administración eficiente de sus recursos energéticos y minimizar el impacto ambiental que produce el uso de la energía en los procesos productivos [24].

“Diseño de una Estrategia para la Revisión Energética de la Clínica Nuestra Señora del Rosario”, es un trabajo de grado realizado en la Universidad Autónoma de Occidente de la ciudad de Cali, Valle del Cauca, el cual tiene en cuenta los ítems contenidos en la NTC ISO 50001 para mejorar la gestión de la energía en la clínica. El trabajo se basa en la metodología planteada para la Revisión Energética, se realiza el análisis y diagnóstico energético a las instalaciones de la clínica y se proponen estrategias de ahorro de energía en áreas específicas que representan un mayor consumo de energía eléctrica [25].

A nivel local, la Compañía Energética del Occidente, empresa prestadora de servicios públicos, está desarrollando un proyecto dentro de sus instalaciones (edificios administrativos, oficinas comerciales, almacén, laboratorios y subestaciones) denominado “Plan de Eficiencia Energética para la Compañía

Energética de Occidente”, el cual consiste en implementar una serie de medidas definidas sobre un diagnóstico elaborado técnicamente y soportado sobre una evaluación económica, basado no solo en acciones técnicas sino también en implementación de medidas que contribuyan a la mejora de hábitos de consumo, expresando así su compromiso con el uso racional y eficiente de la energía, dando ejemplo a los clientes [26].

Los planes, normas y guías mencionadas anteriormente ofrecen modelos de procedimientos generales necesarios para que una organización haga un uso eficiente de los recursos energéticos, pero no brindan las orientaciones precisas de cómo realizar un estudio del consumo energético total de una organización ni mucho menos permiten derivar propuestas de mejoramiento basadas en la relación costo-beneficio.

## **1.6 ¿Por qué la Universidad del Cauca?**

La Universidad del Cauca institución pública de educación superior ubicada en la ciudad de Popayán, cuenta con variedad de sectores y edificaciones donde funcionan sus dependencias académicas, investigativas y administrativas. Cuenta básicamente con edificios de laboratorios, clases, oficinas, zonas deportivas, casas museo, fincas, sedes en Santander de Quilichao, entre otras.

La actual administración (2012-2015) de la Universidad del Cauca, en la Oficina de Planeación y Desarrollo Institucional mediante el Comité de Gestión Ambiental, tiene la iniciativa de entablar un proyecto que represente beneficios ambientales y económicos para el alma mater, como lo es minimizar el consumo de energía eléctrica. La iniciativa parte de monitorias y estudios previos que evidencian consumos de energía elevados en algunas instalaciones, pero debido a dificultades a la hora de identificar las áreas de mayor consumo, por la no discriminación del consumo de energía eléctrica por edificios, no ha sido posible establecer medidas efectivas para el uso eficiente de la energía y, principalmente que sean económicamente viables [27].



### **1.6.1 Selección del sector caso de estudio**

La Universidad del Cauca actualmente cuenta con nueve (9) facultades que prestan el servicio de formación en pregrado y posgrado en diferentes áreas del conocimiento. Estas facultades académicas se encuentran distribuidas en distintos sitios de la ciudad de Popayán y son las siguientes:

- Facultad de Artes
- Facultad de Ciencias Agropecuarias
- Facultad de Ciencias de la Salud
- Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas
- Facultad de Ciencias Humanas y Sociales
- Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación
- Facultad de Derecho, Ciencias Políticas y Sociales
- Facultad de Ingeniería Civil
- Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Además de las facultades nombradas anteriormente, la Universidad del Cauca posee otros edificios e instalaciones como: la Casa José María Arboleda Llorente, Casa Caldas, Casa Museo Mosquera, Casa Rosada o edificio de Posgrados, el claustro El Carmen, el claustro Santo Domingo, el Panteón de los Próceres y la Unidad de Salud [28].

Cada uno de estos edificios genera un porcentaje del total de consumo de energía eléctrica de la Universidad del Cauca, que es cancelado a las dos empresas prestadoras del servicio energético en el Cauca: Compañía Energética de Occidente y Empresa Municipal de Energía Eléctrica S.A. (EMEESA). La distribución de los consumos entre las instalaciones que pertenecen a la Universidad es un poco compleja, ya que las facturas de cobro no llegan por cada edificio, en algunos sectores existe un sólo medidor para más de un edificio [29].

Anualmente la Universidad del Cauca presenta un consumo aproximado de 758219,73 KWh, y existen sectores que se destacan por un mayor consumo de energía, pero que por la complejidad de los procesos que allí se desarrollan y la no diferenciación del consumo por edificios no es posible identificar oportunidades de mejora energética, aun así la Universidad del Cauca presenta variedad de oportunidades de mejoramiento. El sector de Tulcán, es el que presenta mayor consumo de energía eléctrica pues además del complejo deportivo de Tulcán, incluye las instalaciones y edificios de la facultad de Ingeniería Electrónica, Ingeniería Civil, Ciencias Contables, Ciencias de la Salud y la Facultad de Educación. Por todo este sector llega una única factura de cobro, lo que implica que para el análisis de consumo por instalación o edificio es necesario realizar un censo de carga en cada una de estas edificaciones, siendo ésta una tarea larga y dispendiosa [30].

El sector Santo Domingo comprende los siguientes edificios: El claustro Santo Domingo, el claustro El Carmen, la Casa Rosada y la Unidad de Salud. Para estas cuatro instalaciones existe un solo medidor de energía eléctrica, por lo tanto llega una única factura de cobro que es cancelada a EMEESA. El proyecto se realiza a nivel de piloto en este sector pero la metodología planteada se puede extender a futuro en cualquiera de los otros sectores de la Universidad del Cauca.

## **2 DISEÑO PROCEDIMENTAL PARA EL ESTUDIO DEL CONSUMO ENERGÉTICO**

Partiendo de la información presente en la NTC ISO 50001 donde se especifican los requisitos para la implementación de Sistemas de Gestión de la Energía [13], y teniendo en cuenta los trabajos realizados, a nivel local el “Plan de Eficiencia Energética para la Compañía Energética de Occidente” desarrollado durante el 2012 y 2013 [26], a nivel nacional el trabajo de grado “Diseño de una Estrategia para la Revisión Energética de la Clínica Nuestra Señora del Carmen” desarrollado en la Universidad Autónoma de Occidente en 2013 [25] y a nivel internacional la “Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Oficinas” publicada por WWF (World Wildlife Found for Nature) España en conjunto con el Gobierno de España en Diciembre de 2008 [19], se observa que para realizar el estudio del consumo energético en las instalaciones de una edificación, existen diversas metodologías, aún así, se identifican procedimientos similares dentro de ellas como:

- Realización de inventario de equipos consumidores de energía
- Estimación de consumos energéticos
- Análisis de datos e identificación de posibles puntos de ahorro
- Estudio y selección de medidas de reducción
- Elaboración de un plan de acción

De acuerdo a lo anterior se propone un procedimiento para realizar el estudio del potencial de ahorro energético en el sector Santo Domingo, consistente en cuatro fases: Análisis de la instalación, análisis de la información, identificación del potencial de ahorro y propuestas de medidas de ahorro (Figura 3):

Figura 3. Fases del procedimiento propuesto para el estudio del potencial de ahorro eléctrico. Fuente propia.



Cada una de estas fases contiene procedimientos específicos que pueden variar según las características del edificio y los servicios que allí se presten. A continuación se detallan cada una de estas fases y sus diferentes componentes.

## 2.1 Análisis de la Instalación

Realizar un correcto análisis del consumo de energía en la instalación permite que los resultados obtenidos al final del proyecto sean reales y confiables, por esta razón se debe examinar con anticipación las variables que influyen directamente en el consumo de energía para prevenir pérdida de información valiosa o acumulación de datos innecesarios.

### 2.1.1 Identificación y reconocimiento del edificio

Es necesario reconocer las secciones en las que se encuentra subdividido cada edificio, estos son: salones, oficinas, baños, cafeterías, bibliotecas, pasillos, etc, con el fin de identificar la ruta adecuada para la realización del inventario de equipos, para reducir las probabilidades de pasar por alto algunas secciones o la no realización de un correcto inventario de equipos consumidores de energía y perder información necesaria para el desarrollo del proyecto. Para esto es recomendable contar con mapas o planos del edificio, verificar si están actualizados y realizar previamente el reconocimiento del edificio con el fin de obtener la mayor información sobre los procesos que se llevan a cabo, las divisiones del edificio, equipos existentes y en general toda información que implique consumo de energía eléctrica.

Por otra parte, se debe tener contacto permanente con el encargado de mantenimiento de las instalaciones eléctricas, para obtener información acerca de cambios recientes en las redes eléctricas, daños en el sistema de iluminación, corroborar el estado actual de luminarias, motores, etc.

- Datos generales del sector

Como no se va a realizar el estudio del potencial de ahorro eléctrico a toda la Universidad del Cauca sino a un solo sector, se debe especificar cuáles son las instalaciones que pertenecen a este sector e identificar sus principales características, ya que el reconocimiento que se haga de cada una de las instalaciones es fundamental para el desarrollo de las siguientes actividades y etapas del proceso. Por esta razón se propone la Tabla 1 para documentar ésta información.

Tabla 1. Datos generales del sector. Fuente propia.

<b>DATOS GENERALES DEL SECTOR</b>				
<b>Ubicación</b>				
<b>Edificios</b>				
<b>Empresa prestadora del servicio</b>				
<b>Número de medidores</b>				
<b>DATOS GENERALES DEL EDIFICIO</b>				
<b>Nombre</b>	<b>Edificio 1</b>	<b>Edificio 2</b>	<b>.....</b>	<b>Edificio n</b>
<b>Dirección</b>				
<b>Actividad</b>				
<b>Características del edificio</b>				
<b>Número de oficinas/salones</b>				
<b>Horarios</b>				
<b>Tipo de energía utilizada</b>				
<b>Realización de mantenimiento periódico a las instalaciones eléctricas del edificio</b>				
<b>Observaciones</b>				

Con la Tabla 1 se recoge información general del sector, sin tener en cuenta el consumo energético como tal de cada edificio. El número de edificios varía según el sector en el cual se va a realizar el estudio del consumo energético.

### **2.1.2 Medición y recopilación de datos**

Para llevar a cabo el estudio del potencial de ahorro eléctrico en el sector Santo Domingo, es primordial contar con información detallada del consumo mensual de energía en dicho sector. Para esto es necesario conocer el comportamiento de los equipos consumidores de energía y cuanto aportan al consumo total del sector, conocer el historial de consumo de los últimos meses y conocer sobre los hábitos de consumo por parte de los empleados, profesores, estudiantes y personas en general que ingresan a diario a las instalaciones.

Esta información se obtiene mediante un censo de carga eléctrica, el cual no solo va a permitir recopilar la información detallada anteriormente, sino que va a permitir estimar el consumo individual de los edificios que pertenecen al sector Santo Domingo.

#### **2.1.2.1 Observación de instalaciones eléctricas y características de diseño del edificio**

Durante el proceso de recolección de información, es de gran importancia observar el estado de las instalaciones eléctricas y las características de diseño del edificio, para ello se debe observar y verificar lo siguiente:

- El estado de los interruptores y toma corrientes.
- La distribución de las luminarias en las áreas de trabajo y si existe independencia de los circuitos de iluminación.
- Si la iluminación en los puestos de trabajo es focalizada o general.
- Cuantos interruptores hay por determinado número de luminarias en las áreas de trabajo.
- Si existe mas de un puesto de trabajo con una sola luminaria o por el contrario un puesto de trabajo con exceso de lamparas.

- Existencia de sensores que activen la iluminación.
- Si existen las condiciones de infraestructura que permitan aprovechar la iluminación natural (ventanas, claraboyas, etc).
- Cómo es la distribución de los puestos de trabajo en oficinas.

Todos estos aspectos generalmente se pasan por alto al llevar a cabo la recolección de información en un censo de carga, que generalmente se limita solo a la información del consumo energético de los equipos eléctricos. Tener en cuenta los aspectos descritos anteriormente facilita el planteamiento de futuras medidas de ahorro energético.

### **2.1.2.2 Inventario de equipos consumidores de energía eléctrica**

El inventario de equipos consumidores de energía eléctrica existentes en el edificio, es de gran utilidad para estimar el consumo energético del edificio, ya que los tipos de equipos, cantidad y horas de uso influyen directamente en la demanda energética. El inventario se debe realizar visitando cada una de las oficinas, salones, pasillos, y demás secciones del edificio, identificando la cantidad y el tipo de equipos que consumen energía, la potencia de consumo, el número de horas por día que permanecen en uso y en las condiciones en las que se encuentran.

Se debe tener en cuenta la información que entreguen los empleados directos e indirectos acerca de la periodicidad en el uso de determinado equipo. En el caso de que existan equipos de reserva para sustituir en caso de daños o de mantenimiento, solo se debe inventariar el equipo que está en uso.

Para realizar el inventario de equipos se plantea la Tabla 2, que recoge la información necesaria para analizar el consumo de energía de los equipos existentes en el edificio.

Tabla 2. Equipos consumidores de energía eléctrica. Fuente [31]

<b>(NOMBRE EDIFICIO)</b>									
<b>Nombre del Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Grupo</b>	<b>Potencia Equipo (Watts)</b>	<b>Potencia consumida (Watts)</b>	<b>Utilización (h/día)</b>	<b>Utilización (día/mes)</b>	<b>Consumo Día (E=P*t)</b>	<b>Consumo Mes (KWh)</b>
<b>Consumo de energía total al mes (Nombre del edificio)</b>									

Los ítems que presenta la Tabla 2 se describen a continuación:

- *Ubicación:* Lugar donde está localizado el equipo (nombre de la oficina, número del salón, etc)
- *Grupo:* Hace referencia a si el equipo consumidor pertenece a Iluminación, Equipos Ofimáticos (Computador, impresora, fotocopidora), Electrodomésticos (nevera, cafetera, greca, estufas, tv), Acondicionamiento (Aire acondicionado, ventiladores) y Otros.
- *Potencia Equipo:* Es la cantidad de energía absorbida por un equipo en un segundo determinado y se mide en watts (vatios). Puede ser recolectada mediante las placas de especificaciones técnicas de los equipos, si las placas no son visibles o el equipo presenta modificaciones o daños, es recomendable realizar una medición directa del consumo mediante una pinza voltiamperimétrica.
- *Potencia consumida:* Es la potencia consumida por el total de equipos del mismo tipo (producto entre cantidad y potencia equipo).
- *Utilización:* La utilización del equipo se mide en horas al día y días al mes. Este número es variable porque depende del tipo de equipo, la ubicación y el horario de trabajo.
- *Consumo día:* Es la cantidad de energía consumida por los equipos en un día laboral.



- *Consumo mes*: Es la cantidad de energía consumida por los equipos al mes. Se mide en KWh.

Las ecuaciones para el cálculo de *Consumo día* y *Consumo mes* se presentan en el punto 2.2 Análisis de la información.

### 2.1.2.3 Recopilación de consumos históricos

Una parte fundamental en la recopilación de datos es conocer el consumo de energía del sector de al menos doce meses atrás, para observar el comportamiento del consumo real del sector, identificar un promedio mensual y compararlo con el consumo estimado mediante el censo de carga.

- Consumos energéticos del sector

Teniendo en cuenta la información que contienen las facturas de energía eléctrica emitidas por la Empresa Municipal de Energía Eléctrica S.A. encargada de prestar dicho servicio al sector Santo Domingo, se propone la Tabla 3 para la recolección de los consumos históricos.

Tabla 3. Consumos históricos del sector. Fuente propia.

INVENTARIO DE LAS FACTURAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL SECTOR DE SANTO DOMINGO							
Fecha expedición	Periodo facturación	Consumo Energía Activa (KWh)	Tarifa regulada mes (\$/KWh)	Tarifa No regulada mes (\$/KWh)	Valor \$ cargos prom. regulados	Valor \$ cargos prom. No regulados	Total \$

El contenido de la Tabla 3 puede variar según la empresa prestadora del servicio energético, pues cada una de ellas muestra de distintas maneras la información en los recibos. A continuación se describen los ítems que se deben tener en cuenta para los recibos de EMEESA:

- *Periodo de facturación:* Es el mes en que se presentó dicho consumo.
- *Consumo energía activa:* La energía activa es la que se transforma en trabajo útil (trabajo mecánico y calor) y se mide en KWh (mil watts). Este es el consumo que genera cobro en las facturas de energía.
- *Tarifa regulada mes:* Es la tarifa con la que EMEESA cobra los servicios de transmisión.
- *Tarifa no regulada mes:* Es la tarifa con la que EMEESA cobra por el consumo de energía.
- *Valor \$ cargos promedio regulados:* Es el producto entre el consumo de energía activa y la tarifa regulada mes.
- *Valor \$ cargos promedio no regulados:* Es el producto entre el consumo de energía activa y la tarifa no regulada mes. El total a pagar es la suma de estos dos valores.

La información de las facturas puede ser solicitada al encargado del Área de Servicios de la Universidad o directamente a la empresa prestadora del servicio energético. Para contar con una visión mas amplia del comportamiento de consumo del sector es necesario contar con información de al menos 2 años atrás.

#### **2.1.2.4 Encuestas hábitos de consumo**

Las encuestas son de gran utilidad para calcular mejor los consumos e identificar aquellas pautas de comportamiento que deben ser modificadas para evitar consumos innecesarios de energía. Se deben realizar al personal que labora en el edificio (Administrativos, docentes, servicios varios) y a los estudiantes cuyo consumo de energía no es permanente, pero aportan en cierta medida al consumo del sector. Por otra parte las encuestas permiten conocer los hábitos de consumo y ahorro de las personas.

A la hora de elaborar las encuestas se debe tener en cuenta la población a la cual va dirigida, cual es el objetivo de la encuesta, la cantidad y el tipo de preguntas, si son preguntas abiertas o cerradas, la ventaja de estas últimas es que permiten agrupar las respuestas y facilitan el tratamiento informático y el análisis estadístico, el conjunto de respuestas a estas preguntas debe ser coherente con las preguntas y deben brindar la información que se desea obtener en la encuesta.

Debido a la cantidad de estudiantes presentes en las facultades, se puede seleccionar una población al azar para realizar las encuestas, ya sea mediante visitas a los salones de clase o entrevistas personales en los pasillos.

- Modelo de Encuestas

Las encuestas deben ir dirigidas tanto a administrativos, como a docentes y estudiantes, por lo tanto se debe tener en cuenta que los horarios de permanencia en el edificio y los hábitos de consumo son distintos. Esto implica la realización de al menos dos tipos de encuestas o una sola encuesta que tenga filtros para que los encuestados solo respondan las preguntas que les corresponde.

Como el objetivo principal de las encuestas es conocer los hábitos de consumo y ahorro de las personas para así determinar que tanto influyen en el consumo energético del sector, las encuestas deben contener preguntas sobre acciones como las que se sugieren a continuación:

- ¿Deja las luces encendidas cuando sale de la oficina y esta se queda vacía?
- ¿Utiliza la configuración de ahorro de energía en los equipos de la oficina (PC, impresoras, fotocopiadoras, etc.)?
- ¿Mantiene el computador encendido durante largos periodos de tiempo sin utilizarlos?
- ¿Desenchufa los aparatos electrónicos y cargadores cuando no los utiliza y al terminar la jornada?


- ¿Carga la batería de su celular o computador portátil en las instalaciones de la Universidad?

Además de las otras preguntas abiertas que son directamente para la identificación del encuestado (Nombre, cargo, horario de trabajo, etc.).

Teniendo en cuenta los horarios de trabajo de los empleados y las horas de permanencia de los estudiantes en las instalaciones del sector Santo Domingo, se diseñaron dos tipos de formularios para las encuestas, uno dirigido a los administrativos del sector Santo Domingo y docentes de la facultad de Ciencias Humanas y Sociales y de la facultad de Derecho con preguntas más específicas al uso de equipos de oficina y otro dirigido a los estudiantes de las facultades nombradas anteriormente.

Para los administrativos y docentes se diseña un formulario que consta de dos preguntas abiertas (lugar y horario de trabajo), una pregunta filtro (para diferenciar entre docentes y administrativos) y once preguntas abiertas con sus respectivas opciones de respuesta. El formato de la encuesta se muestra en la Figura 4.

Figura 4. Formato encuesta docentes y administrativos. Fuente propia.



**AHORRA ENERGÍA**  
*Universidad del Cauca*

**ENCUESTA DE CONSUMO ENERGÉTICO EN EL SECTOR DE SANTO DOMINGO**

Lugar de trabajo: \_\_\_\_\_ Horario de trabajo: \_\_\_\_\_


Docente       Administrativo

Marque sólo una de las opciones de respuesta

- 1) ¿Apaga las luces cuando sale de la oficina y ésta se queda vacía?  
 Siempre     Casi siempre     Algunas veces     Nunca     No es posible
- 2) ¿Aprovecha la luz natural en su lugar de trabajo?  
 Siempre     Casi siempre     Algunas veces     Nunca     No es posible
- 3) ¿Utiliza la configuración de ahorro de energía en los equipos de la oficina (PC, impresoras, fotocopiadoras, etc.)?  
 Siempre     Casi siempre     Algunas veces     Nunca     No sabía
- 4) ¿Mantiene el computador encendido durante largos periodos de tiempo sin utilizarlos?  
 Siempre     Casi siempre     Algunas veces     Nunca
- 5) ¿Desenchufa los aparatos electrónicos y cargadores cuando no los utiliza y al terminar la jornada?  
 Siempre     Casi siempre     Algunas veces     Nunca
- 6) ¿Carga la batería de tu celular o computador portátil en las instalaciones de la Universidad?  
 Siempre     Casi siempre     Algunas veces     Nunca
- 7) ¿Reporta rápidamente algún daño en las instalaciones eléctricas de su lugar de trabajo?  
 Siempre     Casi siempre     Algunas veces     Nunca
- 8) ¿Realiza o solicita mantenimiento periódico a los equipos de su oficina?  
 Siempre     Casi siempre     Algunas veces     Nunca     No sabía
- 9) ¿Pone en práctica algún plan de ahorro de energía en su oficina?  
 Sí     No
- 10) ¿Como calificaría sus hábitos de consumo de energía eléctrica en su lugar de trabajo?  
 Muy bueno     Bueno     Regular     Malo
- 11) ¿Le parece bien que la Universidad del Cauca ponga en marcha un plan de uso racional de la energía eléctrica y campañas informativas entre los empleados para reducir el consumo energético de los centros de trabajo?  
 Sí     No

Para los estudiantes se diseña un formulario que consta de tres preguntas abiertas (Facultad, carrera y promedio permanencia horas al día) y siete preguntas abiertas con sus respectivas opciones de respuesta. El formato de la encuesta se muestra en la Figura 5.

Figura 5. Formato encuesta estudiantes. Fuente propia.



**AHORRA ENERGÍA**  
*Universidad del Cauca*

**ENCUESTA DE CONSUMO ENERGÉTICO EN EL SECTOR DE SANTO DOMINGO**

Facultad: \_\_\_\_\_ Carrera: \_\_\_\_\_

Promedio horas al día que permanece en la Facultad: \_\_\_\_\_

Marque sólo una de las opciones de respuesta

- 1) ¿Apaga las luces cuando sale del salón y/o baños cuando estos se quedan vacíos?  
 Siempre     Casi siempre     Algunas veces     Nunca     No es posible
- 2) ¿Carga la batería de su celular o computador portátil en las instalaciones de la Universidad?  
 Siempre     Casi siempre     Algunas veces     Nunca     No trae
- 3) ¿Desconecta los aparatos electrónicos y cargadores cuando no los utiliza?  
 Siempre     Casi siempre     Algunas veces     Nunca     No trae
- 4) Cuando observa las luces encendidas de un salón que está vacío, usted:  
 Apaga la luz     Observa pero no le interesa     No se fija en esas cosas
- 5) ¿Como calificaría sus hábitos de consumo de energía eléctrica dentro de las instalaciones de la Facultad?  
 Muy bueno     Bueno     Regular     Malo
- 6) ¿Cree que es importante hacer un buen uso de la energía eléctrica en la Facultad?  
 Sí     No
- 7) ¿Le parece bien que la Universidad del Cauca ponga en marcha un plan de uso racional de la energía eléctrica y campañas informativas entre los empleados, docentes y estudiantes para reducir el consumo energético de la Facultad?  
 Sí     No

Las preguntas consignadas en la encuesta de la Figura 1 se basan en encuestas planteadas en las guías españolas “Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en oficinas y despachos” [18] y “Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Oficinas” [19] las cuales fueron modificadas para dirigirlas a la población del sector Santo Domingo. Por otra parte, las preguntas de la encuesta de la Figura 2 se basan en el formulario de la encuesta dirigida a los docentes y administrativos. Las preguntas fueron modificadas teniendo en cuenta los horarios de asistencia y las actividades que los estudiantes realizan dentro de las instalaciones de la Universidad.

## **2.2 Análisis de la Información**

Para examinar la información recolectada durante el análisis de la instalación, se debe contar con herramientas estadísticas y tecnológicas, que permitan visualizar el comportamiento del consumo de energía por parte de los edificios que comprende el sector Santo Domingo.

El análisis de la información recolectada debe responder a preguntas como ¿Cuál es el consumo de energía eléctrica mensual y anual del sector? ¿Cuál es el edificio o dependencia que presenta un mayor consumo? ¿Cuál es el equipo que más influye en el aumento de dicho consumo? ¿Cuál es la influencia de los malos hábitos de los empleados en el consumo total del sector? Tener clara esta información es fundamental para identificar el potencial de ahorro eléctrico en el sector Santo Domingo.

### **2.2.1 Análisis de equipos consumidores de energía eléctrica**

Una vez realizado el inventario de los equipos consumidores de energía eléctrica existentes en las instalaciones, se procede a realizar los cálculos matemáticos correspondientes para identificar los consumos mensuales y anuales. Se debe tener en cuenta que el inventario de equipos se realiza en cada uno de los edificios, por lo tanto se obtienen cuatro tablas de inventario de equipos, cuyos

consumos mensuales determinan el consumo total mensual del sector Santo Domingo.

### 2.2.1.1 Consumo mensual (KWh - \$)

Las ecuaciones que se plantean a continuación se deben aplicar para las tablas de inventario de equipos de cada uno de los edificios que pertenecen al sector [25]

Primero se debe calcular la energía consumida al día por cada equipo, como se observa en la Ecuación 1.

$$\text{Consumo Día} = \text{Utilización h/día} * \text{Potencia consumida Watts}$$

Ecuación 1. Energía consumida al día por equipo

Para calcular la energía consumida al mes por cada equipo, se presenta la Ecuación 2.

$$\text{Consumo Mes KWh} = \frac{\left( \text{Consumo Día} * \text{Utilización} \frac{\text{día}}{\text{mes}} \right)}{1000}$$

Ecuación 2. Energía consumida al mes por equipo

Las Ecuaciones 1 y 2 permiten completar las dos últimas columnas de la Tabla 2 de inventario de equipos consumidores de energía eléctrica.

En el caso de los equipos conformados por bobinas o inductores, principalmente los motores y transformadores donde se presenta consumo de energía reactiva, y en el caso de contar con las fichas técnicas de estos equipos, se debe calcular la potencia teórica en cada uno de ellos, para lo cual se plantea la Ecuación 3.

$$P = I * V * \sqrt{3} * FP$$

Ecuación 3. Potencia teórica equipos (inductores)

Cuando se habla de potencia aparente, potencia activa y potencia reactiva, se debe tener en cuenta el factor de potencia que indica la relación entre la potencia



activa y la aparente, lo ideal es que el factor de potencia sea igual a 1, pero se recomienda tomar un factor de potencia de 0.9 para dichos cálculos [25].

Se denominará (*Consumo mensual KWh*) a la sumatoria de la energía consumida al mes por cada uno de los equipos inventariados en un edificio. De tal forma que para calcular la energía total consumida al mes en el sector Santo Domingo (*Consumo mensual Total KWh*) se debe realizar la sumatoria de (*Consumo mensual KWh*) correspondiente a cada uno de los cuatro edificios.

#### **2.2.1.2 Edificio de mayor consumo**

Para identificar el porcentaje de consumo mensual que le corresponde a cada uno de los edificios, se debe partir de la información obtenida durante el análisis del consumo mensual realizado anteriormente. Para mayor comprensión, la información de los consumos deberá ser presentada mediante gráficos de barras, diagramas de pastel, etc.

#### **2.2.1.3 Consumo energético de los equipos**

Para analizar el consumo de los diferentes equipos existentes en las instalaciones, se han dividido en los grupos de Iluminación, Equipos ofimáticos, Electrodomésticos, Acondicionamiento y Otros. Por lo tanto, la identificación del porcentaje de consumo de cada grupo se realiza una vez se lleve a cabo el análisis del consumo mensual en cada edificio.

#### **2.2.2 Consumos históricos**

Los consumos obtenidos mediante la recolección de las facturas de energía de los meses anteriores, muestran el comportamiento del consumo de energía eléctrica del sector Santo Domingo. En un caso ideal estos consumos serían iguales mes a mes, sin embargo en la realidad el consumo varía por diferentes factores, vacaciones, actividades extras, mantenimientos de las instalaciones, etc. Por lo anterior para analizar el consumo real y el consumo estimado mediante el

inventario de equipos, se debe comparar con un solo consumo de las facturas. Para que no exista pérdida de información lo más conveniente es calcular el promedio de los consumos históricos.

#### **2.2.2.1 Promedio consumo mensual**

Mediante la Ecuación 4 se realiza el cálculo del promedio del consumo de energía mensual en el sector Santo Domingo partiendo de los consumos históricos consignados en las facturas de cobro:

$$\text{Prom. Consumos históricos} = \frac{\text{Sumatoria consumos históricos}}{\# \text{ facturas}}$$

Ecuación 4. Promedio consumo mensual

#### **2.2.2.2 Consumo anual (KWh - \$)**

Para estimar el consumo anual de energía, se plantea la Ecuación 5:

$$\text{Consumo KWh/año} = \text{Prom. Consumos históricos} * 12$$

Ecuación 5. Consumo anual KWh

Para estimar el costo total del consumo anual se plantea la Ecuación 6:

$$\text{Consumo \$/año} = \text{Consumo KWh/año} * \text{prom. Tarifa mensual \$}$$

Ecuación 6. Costo consumo anual

#### **2.2.2.3 Consumo estimado Vs consumo real**

El consumo obtenido mediante el inventario de equipos debe corresponder al consumo promedio obtenido mediante las facturas de energía, claro está, que esto

sería en una situación ideal. Sin embargo en la realidad los resultados obtenidos pueden presentar diferencias, ya que es difícil conocer con exactitud algunos datos, como el número de horas de uso de un equipo, en este caso se hacen estimaciones del valor real, por esta razón en la guía española “Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Oficinas” [19] se asume un margen de error en el cual se considera que los resultados están bien calculados si la diferencia entre el consumo real y el consumo estimado es de  $\pm 10\%$ .

### **2.2.3 Encuestas hábitos de consumo**

Las encuestas realizadas a los empleados, docentes y estudiantes, deben brindar información sobre los buenos y malos hábitos de consumo de energía por parte de los empleados, docentes y estudiantes que diariamente asisten al sector. La información obtenida de las encuestas debe ser analizada y presentada mediante diagramas de pastel o de barras, para visualizar mediante porcentajes los resultados de las encuestas. El propósito de las encuestas es observar cual es la influencia de los malos hábitos en el consumo de energía del sector, pues en muchas ocasiones los elevados consumo de energía obedecen al mal uso de los equipos electrónicos, dejarlos encendidos cuando no están en uso o conectados cuando ya están cargados, entre otras cosas.

### **2.3 Identificación del potencial de ahorro**

Generalmente el uso ineficiente de los equipos, electrodomésticos y demás aparatos consumidores de energía, la falta de mantenimiento periódico y los malos hábitos de consumo, originan altos consumos de energía eléctrica. Por lo tanto, para identificar el potencial de ahorro en una edificación se deben plantear preguntas como ¿Cuál es el proceso, el grupo o equipo donde se presenta el mayor porcentaje de consumo? ¿Qué implica el aumento del consumo? ¿Se puede eliminar, modificar o sustituir este proceso, grupo o equipo?

Muchas veces se presenta que los equipos de mayor consumo son indispensables para el proceso productivo que se lleva a cabo en la organización lo que impide que sean eliminados o modificados, también sucede que en algunos edificios existen limitaciones para realizar modificaciones en su estructura con el fin de aprovechar la luz natural. Todos estos aspectos se deben tener en cuenta a la hora de identificar el potencial de ahorro eléctrico en una edificación.

#### **2.4 Propuestas de medidas de ahorro**

Existen alternativas para la reducción del consumo de energía eléctrica en un edificio, desde la concientización del personal hacia el uso racional de la energía hasta el uso de tecnologías más eficientes existentes en el mercado que promueven el ahorro de energía.

Las medidas de ahorro propuestas deben basarse en los resultados obtenidos durante el estudio del consumo de energía realizado anteriormente, se requiere tener un alto nivel de conocimiento acerca de los procesos que se llevan a cabo en el edificio y realizar un análisis del costo de las medidas propuestas y el beneficio que se obtendría.

### 3 APLICACIÓN DE LA GUIA AL CASO DE ESTUDIO

#### 3.1 Análisis de la Instalación

El claustro Santo Domingo, el claustro El Carmen, la Casa Rosada y la Unidad de Salud, son edificaciones que se encuentran localizadas en el centro histórico de la ciudad de Popayán, separadas entre ellas no más de dos cuadras. Cada una presenta características propias en cuanto al tamaño y tipo de edificación, al servicio que prestan y al tipo de personal o usuario. Ver Figura 6.

Figura 6. Mapa edificios del sector Santo Domingo. Fuente: Google Maps



Fuente: Google Maps

##### 3.1.1 Identificación y reconocimiento del edificio

Se realizaron visitas previas para la identificación y reconocimiento del sector Santo Domingo, con las que se identificaron características generales de los edificios que pertenecen al sector, las cuales se describen a continuación:

- Santo Domingo

El claustro Santo Domingo es un edificio de dos plantas, de arquitectura clásica ubicado sobre la carrera 5ª entre las calles 4ª y 5ª y ocupa casi toda la manzana. Es un edificio de seis patios, donde se encuentran las oficinas administrativas de la Universidad del Cauca, la rectoría, el auditorio Paraninfo, y los departamentos y

salones pertenecientes a la Facultad de Derecho, Ciencias políticas y Sociales. Contiguo al edificio se encuentra la iglesia Santo Domingo. Ver Figura 7.

Figura 7. Claustro Santo Domingo



- El Carmen

El claustro El Carmen es una edificación antigua colonial de dos plantas ubicada en la calle 4ª N° 3-56. En este edificio se encuentra la biblioteca principal de la Universidad del Cauca y actualmente funciona la facultad de Ciencias Humanas y Sociales. Contiguo al edificio se encuentra la iglesia El Carmen. Ver Figura 8.

Figura 8. Claustro El Carmen



- Casa Rosada

En la Casa Rosada actualmente funciona el Instituto de Posgrados de la Universidad del Cauca y se encuentran además unas oficinas del Centro de Regionalización. Es un edificio de dos plantas de arquitectura clásica y está ubicado sobre la calle 4ª entre las carreas 3ª y 4ª, frente al claustro El Carmen. Ver Figura 9.

Figura 9. Casa Rosada



- Unidad de Salud

Es el lugar donde se concentran los servicios de salud que presta la Universidad del Cauca a la comunidad educativa. Contigua a la Casa Rosada, ambas conformaban una sola edificación, cuya parte más antigua es la Unidad de Salud. Esta casona es de dos plantas y consta de un patio principal. La Casa Albán, edificación antigua aledaña, también pertenece a la Unidad de Salud, aquí se encuentran los consultorios médicos. Ver Figura 10.

Figura 10. Unidad de Salud



La Unidad de Salud es una dependencia autónoma y tiene una administración independiente a la Universidad del Cauca. Por lo tanto, se estimaba un consumo mensual de la Unidad de Salud, para así generar una factura de cobro interna que debía ser cancelada por dicha dependencia a la Universidad del Cauca. Para independizar el consumo de la Unidad de Salud se instaló en marzo de 2012 un medidor en el claustro El Carmen que mide exclusivamente el consumo de la Unidad de Salud. Mensualmente los técnicos electricistas de la universidad internamente realizan la medición de este contador eléctrico y cobran a la Unidad de Salud el consumo correspondiente cuyo costo varía según la tarifa mensual de EMEESA. El consumo mensual es en promedio de 2.232,52KWh.

Los datos generales del sector y de cada uno de los edificios se consignan en la Sección 1 del Anexo A “Análisis de la Instalación”.

### **3.1.2 Medición y recopilación de datos**

Durante la medición y recopilación de datos, los procedimientos referentes al inventario de equipos consumidores de energía y las encuestas de hábitos de consumo se realizaron por separado, evacuando la información necesaria por



edificios. Se inició en el claustro El Carmen, la Unidad de Salud, la Casa Rosada y finalmente en el claustro Santo Domingo.

### **3.1.2.1 Observación de instalaciones eléctricas y características de diseño del edificio**

Durante el proceso de análisis de la instalación se encontraron algunos problemas debidos a los acabados históricos propios de los edificios y en general mala distribución de luminarias e interruptores, que influyen significativamente en el consumo energético del sector, aún así, en algunos de los edificios se observó que ya se han implementado ciertas medidas para disminuir el consumo energético. A continuación, se detalla lo encontrado en los edificios:

- En la Unidad de Salud, exactamente en la Casa Albán, donde se encuentran algunas oficinas y consultorios médicos, se presenta inconveniente en el circuito eléctrico de la casa por ser tan antigua, constantemente existen sobrecargas que provocan daños en los equipos y lámparas. La administración y los empleados han optado por utilizar fuentes reguladoras para todos los equipos eléctricos y no utilizar los focos de los patios que pertenecen a la Casa Albán, ya que las bombillas se queman constantemente. Por otra parte, debido a los acabados históricos de la Casa Albán y la Casa Rosada hay oficinas como la oficina de pensionados y la dirección de posgrados donde los interruptores y cables están separados de la pared poniendo en riesgo la integridad de los empleados.
- En general en los edificios las luminarias tienen una buena distribución, el inconveniente se presenta en secciones como la biblioteca de El Carmen donde permanecen lámparas encendidas innecesariamente largos periodos de tiempo **debido a la carencia de interruptores para la totalidad de lámparas**, implicando que los monitores deban encender todas las lámparas cuando necesiten iluminar su lugar de trabajo. Pero también en El Carmen se observó que se hace uso permanente de luz natural mediante una

claraboya que cubre gran parte del techo donde están localizadas las mesas de trabajo de la biblioteca.

- En los cuatro edificios se presentan dificultades por la no independencia de los circuitos de iluminación en oficinas donde hay más de un puesto de trabajo, como en la Oficina de Planeación y la Oficina de Coordinadores en Santo Domingo, lo que impide que los empleados tengan control del apagado y encendido de las lámparas de su puesto de trabajo cuando salen de la oficina. El caso más interesante se presenta en la sala de profesores en la Facultad de Derecho donde hay 27 cubículos de trabajo y solo dos interruptores para 17 lámparas.
- En la oficina de Planeación también se presenta inconveniente con la iluminación en los puestos de trabajo, ya que existen puestos de trabajo que comparten una sola luminaria y otros con exceso de lámparas.
- Como iniciativa para la disminución del consumo energético en el área administrativa del claustro Santo Domingo, al igual que en la Unidad de Salud, hay un aviso al lado de cada interruptor que invita al personal a ahorrar energía apagando la luz cuando abandone el recinto en el que se encuentra.
- Los baños públicos (de mayor uso) en la Unidad de Salud, tienen sensores para activar la iluminación, siendo esta una buena alternativa para el ahorro del consumo energético.
- En la Unidad de Salud, en la oficina de trabajo social, en tesorería, el consultorio de promoción y prevención y la oficina de pensionados, las condiciones de infraestructura no permiten aprovechar la luz natural. Situación similar se presenta en la biblioteca de El Carmen y en las oficinas de los departamentos de los programas en la Facultad Humanidades.

La información del estado de las instalaciones eléctricas y características de diseño del edificio se consignan en la Sección 2 del Anexo A “Análisis de la Instalación”.

### **3.1.2.2 Inventario de equipos consumidores de energía eléctrica**

El inventario de equipos consumidores de energía en el sector Santo Domingo se realizó durante los meses de Marzo y Abril de 2014, con una duración de las visitas a los edificios de día y medio. Las visitas se realizaron las siguientes fechas, el 18 de marzo en El Carmen, el 31 de marzo en la Unidad de Salud, el 22 de Abril en la Casa Rosada y el 24 de Abril en Santo Domingo. Se necesitó de la compañía de un técnico electricista, de los permisos de acceso a los edificios otorgados por la Oficina de Planeación, el formato consignado en la Tabla 2 para la documentación la información (promedio de 6 copias por edificio), los planos de los edificios y dispositivos móviles para tomar fotografías y acceso a internet para consulta de información. Los planos de los edificios se consignan en la sección 3 del Anexo A “Análisis de la Instalación”

Mediante este proceso se obtuvo información sobre la cantidad y tipos de equipos consumidores de energía. Antes de detallar esta información es necesario tener en cuenta la nomenclatura que se va a utilizar para identificar las luminarias presentes en los edificios. En el caso de las lámparas fluorescentes se denomina “bombilla fluorescente compacta” a un tipo de lámpara que aprovecha la tecnología de los tradicionales tubos fluorescentes para hacer lámparas de menor tamaño, también conocidas como ahorradoras. Por otra parte, los tubos fluorescentes que se nombran a continuación tienen las siguientes características: Los Tubo T12 tienen un diámetro de 12/8 de pulgada (3,81cm) y una longitud de 1200mm si su potencia es de 32W y 2400mm si su potencia es de 75W, el Tubo T8 tiene un diámetro de una pulgada (2,54cm) y una longitud de 1200mm si su potencia es de 32W y 600mm si su potencia es de 17W, por último, el Tubo T5 tiene un diámetro de 5/8 de pulgada (1,59cm), una longitud de 1150mm y una potencia de 28W. Finalmente, se identifican reflectores, los cuales son un tipo de

iluminación que proporciona una gran cantidad de luz artificial a un área, generalmente se usan para iluminar grandes espacios como patios, calles y zonas verdes.

- El Carmen

En el claustro El Carmen actualmente no hay equipos de aire acondicionado, en cuanto a las luminarias existen 159 bombillas fluorescentes compactas, 49 bombillos incandescentes principalmente en los pasillos y patios, además hay 5 reflectores repartidos en los tres los patios. Entre las oficinas y salones están instaladas 358 lámparas de tubo fluorescente (T5 de 28W, T8 de 32W y T12 de 39W y 75W). Se numeraron 84 computadores de escritorio, 4 computadores portátiles y un servidor conectado las 24 horas del día.

- Unidad de Salud

Por tener consultorios médicos, se encontraron equipos que implican gran consumo de energía como el Autoclave (equipo de esterilización) con una potencia de 1400W y el aire acondicionado de la farmacia con una potencia de 690W. Por otra parte hay un servidor Dell con una potencia de 750W que debe estar conectado las 24 horas del día. En cuanto a la iluminación, están instaladas 12 bombillas fluorescentes compactas, 16 bombillas incandescentes, 122 lámparas de tubo fluorescente (T5 de 28W y T8 de 32W). Se contabilizaron 36 computadores de escritorio y un solo computador portátil.

- Casa Rosada:

En la Casa Rosada 58 de las lámparas son fluorescentes compactas, tan solo 3 bombillas incandescentes, 105 lámparas de tubo fluorescentes (T5 de 28W, T8 de 32W y T12 de 39W y 75W), 30 computadores de escritorio y 4 computadores portátiles.

- Santo Domingo:

Se contabilizaron 160 computadores de escritorio y 13 computadores portátiles. En cuanto a la iluminación, 220 lámparas fluorescentes compactas, 156 bombillas incandescentes tipo vela (lámparas de decoración en pasillos, rectoría y lámpara principal Paraninfo), 476 lámparas de tubo fluorescentes (T5 de 28W, T8 de 32W y T12 de 39W y 75W) y tan solo tres lámparas Led ubicadas en rectoría. Además, existe una planta de emergencia Cummins de 212 KVA, automática a base de ACPM, aunque su funcionamiento es esporádico se le realizan rutinas de revisión tres veces a la semana y mantenimiento total una vez a al año. También hay una subestación (subestación encapsulada) cuyo papel es la distribución de energía a los otros edificios del sector Santo Domingo.

En el sector Santo Domingo se obtuvo un total de 2857 lámparas, entre tubos fluorescentes, bombillas fluorescentes compactas, bombillas incandescentes, reflectores y lámparas Led. El 92% del total son lámparas fluorescentes ahorradoras y el 8% son bombillas incandescentes, el porcentaje de de reflectores y lamparas led es mínimo en comparación a las fluorescentes e incandescentes. La información obtenida durante el inventario de equipos en cada uno de los cuatro edificios se encuentra consignada en la Sección 4 del Anexo A. “Análisis de la Instalación”.

Como se mencionó en la sección 2.2.1.1 Consumo mensual, donde se especificaron las ecuaciones, para completar la tabla de consumos de los equipos inventariados se utilizaron las Ecuaciones 1, 2 y 3. El análisis de esta información se encuentra desarrollada en el punto 3.2 Análisis de la información.

### **3.1.2.3 Recopilación de consumos históricos**

Se consideraron 24 facturas de consumo de energía eléctrica del sector Santo Domingo correspondiente a los meses de Enero de 2012 hasta Diciembre de 2013. Las facturas fueron facilitadas por Luz Alba Castillo, encargada del Área de Servicios de la Universidad del Cauca.

Teniendo en cuenta la información brindada en las facturas, es de gran importancia para el desarrollo del proyecto considerar la siguiente información:

- Consumo mensual energía activa
- Periodo de facturación
- Tarifa promedio no regulada
- Tarifa promedio regulada
- Consumo mensual energía reactiva
- Tarifa energía reactiva
- Cobros extras

La información sobre el consumo mensual de energía activa y el periodo de facturación es la mas importante a tener en cuenta, pues el objetivo principal de la recopilación de las facturas históricas es conocer el comportamiento de los consumos de energía durante los últimos meses. De igual manera, para determinar el consumo mensual en pesos es necesario determinar la tarifa de cobro del KWh por parte de EMEESA, la cual está determinada por la suma de Tarifa promedio regulada y Tarifa promedio no regulada. La Tabla 5 resume la información obtenida de las facturas:

Tabla 4. Consumos históricos del sector Santo Domingo.

Fecha expedición	Periodo facturación	Consumo Energía activa (KWh)	Tarifa regulada mes (\$/KWh)	Tarifa No regulada mes (\$/KWh)	Valor \$ cargos prom. regulados	Valor \$ cargos prom. No regulados	Total \$
16/02/2012	1 Ene - 31 Ene	18.482	145,06	119,64	3'086.015	2'211.109	5'312.083
15/03/2012	1 Feb - 29 Feb	19.319,07	125,96	119,8	2'841.771	2'314.437	5'170.385
17/04/2012	1 Mar - 31 Mar	19.131,12	111,61	119,89	2'160.869	2'293.556	4'467.611
15/05/2012	1 Abr - 30 Abr	21.749,67	120,71	120,13	2'655.556	2'612.794	5'282.233
15/06/2012	1 May - 31 May	23.396,83	129,76	119,96	3'068.197	2'806.668	5'888.978
16/07/2012	1 Jun - 30 Jun	20.891,51	135,05	117,97	2'849.985	2'464.560	5'329.929
14/08/2012	1 Jul - 31 Jul	20.561,29	122,88	118	2'553.023	2'426.232	4'991.346
11/09/2012	1 Ago - 31 Ago	15.709,44	105,6	118,34	1'676.975	1'858.987	3'547.920
11/10/2012	1 Sep - 30 Sep	18.948,29	124,19	119,12	2'376.882	2'257.063	4'645.962
13/11/2012	1 Oct - 31 Oct	24.297,25	131,04	118.89	3'218.662	2'888.580	6'119.292
12/12/2012	1 Nov - 30 Nov	22.169,04	115,92	117,89	2'603.219	2'613.511	5'228.948
14/01/2013	1 Dic - 31 Dic	19.285,2	101,81	118	1'985.328	2'275.654	4'273.108
12/02/2013	1 Ene - 31 Ene	18.289,1	112,43	118	2'078.596	2'158.114	4'248.709
13/03/2013	1 Feb - 28 Feb	16.991,28	133,71	118	2'296.536	2'004.971	4'314.146
12/04/2013	1 Mar - 31 Mar	20.388,3	121,68	118	2'499.249	2'399.920	4'911.007
15/05/2013	1 Abr - 30 Abr	24.476,19	102,06	118	2'530.679	2'888.119	5'430.557
14/06/2013	1 May - 31 May	24.759,49	116,34	118	2'912.994	2'921.620	5'846.146
12/07/2013	1 Jun - 30 Jun	19.424,1	129,78	118	2'545.304	2'292.043	4'849.738
12/08/2013	1 Jul - 31 Jul	12.763,1	115,33	118	1'484.955	1'506.045	3'002.859
12/09/2013	1 Ago - 31 Ago	19.617,95	104,9	118	2'080.941	2'314.918	4'407.932
11/10/2013	1 Sep - 30 Sep	20.976,66	112,75	118	2'394.310	2'475.246	4'881.872
13/11/2013	1 Oct - 31 Oct	21.129,16	115,71	118	2'472.833	2'493.241	4'977.950
12/12/2013	1 Nov - 30 Nov	22.385,99	117,34	118	2'655.854	2'641.546	5'309.602
13/01/2014	1 Dic - 31 Dic	18.873,33	112,97	118	2'152.032	2'227.053	4'390.378

Fuente: Área de Servicios, Universidad del Cauca.

En el punto 2.1.2.3 Recopilación de consumos históricos, se hizo la descripción de los ítems contenidos en la Tabla 4.

La tarifa mensual del KWh esta determinada por la suma de las dos tarifas: tarifa cargos regulados y tarifa cargos no regulados. En la Tabla 5 se observa la variación de la tarifa mensual del KWh durante los últimos dos años.

Tabla 5. Tarifas consumo mensual del sector Santo Domingo

Mes facturado	Tarifa regulada mes	Tarifa No regulada mes	Tarifa mensual (\$/KWh)
Enero 2012	\$145,06	\$119,64	\$264,7
Febrero 2012	\$125,96	\$119,8	\$245,76
Marzo 2012	\$111,61	\$119,89	\$231,5
Abril 2012	\$120,71	\$120,13	\$240,84
Mayo 2012	\$129,76	\$119,96	\$249,72
Junio 2012	\$135,05	\$117,97	\$253,02
Julio 2012	\$122,88	\$118	\$240,88
Agosto 2012	\$105,6	\$118,34	\$223,94
Septiembre 2012	\$124,19	\$119,12	\$243,31
Octubre 2012	\$131,04	\$118,89	\$249,93
Noviembre 2012	\$115,92	\$117,89	\$233,81
Diciembre 2012	\$101,81	\$118	\$219,81
Enero 2013	\$112,43	\$118	\$230,43
Febrero 2013	\$133,71	\$118	\$251,71
Marzo 2013	\$121,68	\$118	\$239,68
Abril 2013	\$102,06	\$118	\$220,06
Mayo 2013	\$116,34	\$118	\$234,34
Junio 2013	\$129,78	\$118	\$247,78
Julio 2013	\$115,33	\$118	\$233,33
Agosto 2013	\$104,9	\$118	\$222,9
Septiembre 2013	\$112,75	\$118	\$230,75
Octubre 2013	\$115,71	\$118	\$233,71
Noviembre 2013	\$117,34	\$118	\$235,34
Diciembre 2013	\$112,97	\$118	\$230,97
<b>Promedio tarifa mensual (\$/KWh)</b>			<b>\$232,9</b>

Fuente: Área de Servicios, Universidad del Cauca.

Al promediar el valor de las tarifas mensuales se obtiene una tarifa promedio de \$232,9 por KWh. Este valor es útil para el posterior cálculo del costo consumo anual.

La energía reactiva es la demanda extra de energía que algunos equipos de carácter inductivo necesitan para su funcionamiento. Se produce por ejemplo en motores, ventiladores, aire acondicionado, lámparas de descarga (en menor proporción). Fundamentalmente, todo aparato electrónico que tenga una bobina es productor de energía reactiva o mejor dicho, la necesita para funcionar correctamente. Este consumo de energía reactiva se mide en kilovoltio amperio



reactivo por hora (KVArh). La tarifa de cobro para la energía reactiva también varía mensualmente, pero no supera el valor de la tarifa para la energía activa. Los consumos de energía reactiva y las respectivas tarifas obtenidas de las facturas se organizan en la Tabla 6.

Tabla 6. Consumo de energía reactiva en el sector Santo Domingo

Mes facturado	Consumo Energía reactiva (KVArh)	Tarifa Energía Reactiva	Costo
Enero de 2012	0	\$104,17	0
Febrero de 2012	0	\$106,03	0
Marzo de 2012	0	\$93,52	0
Abril de 2012	0,99	\$90	\$89,1
Mayo de 2012	0	\$105,17	0
Junio de 2012	8,65	\$109,77	\$949,51
Julio de 2012	10,43	\$94,61	\$986,78
Agosto de 2012	2,94	\$85,66	\$251,84
Septiembre de 2012	0,09	\$123,67	\$11,13
Octubre de 2012	0	\$124,24	0
Noviembre de 2012	0	\$123,2	0
Diciembre de 2012	0	\$122,31	0
Enero de 2013	0	\$122,24	0
Febrero de 2013	0	\$122,45	0
Marzo de 2013	3,1	\$122,91	\$381,1
Abril de 2013	0	\$122,45	0
Mayo de 2013	0	\$122,75	0
Junio de 2013	0	\$67,67	0
Julio de 2013	0,24	\$67,67	\$16,24
Agosto de 2013	1,19	\$67,67	\$80,53
Septiembre de 2013	0	\$122,85	0
Octubre de 2013	0	\$121,89	0
Noviembre de 2013	0	\$121,89	0
Diciembre de 2013	9,28	\$121,7	\$1129,4
<b>Promedio</b>	<b>1,54 KVArh</b>	<b>\$107,77</b>	<b>\$162,32</b>

Fuente: Área de Servicios, Universidad del Cauca.

El promedio del consumo de energía reactiva en el sector Santo Domingo durante los últimos dos años es de 1,54 KVArh.

Finalmente, en las facturas de energía se observa que además del cobro por el consumo de energía eléctrica, se presenta un cobro por Pérdidas STN (Sistema de Transmisión Nacional) por un valor promedio de \$11.607,37. Por otra parte en los meses de Enero y Febrero de 2012, se presentó un cobro adicional por reconexión de \$379.746,83.

La anterior información se encuentra consignada en la Sección 5 del Anexo A. “Análisis de la Instalación”.

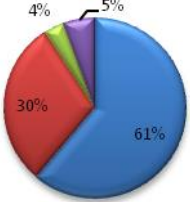
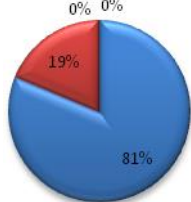

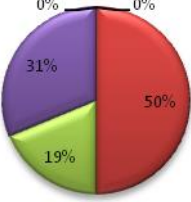
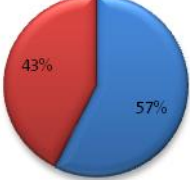
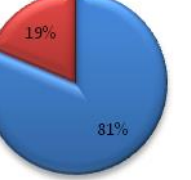
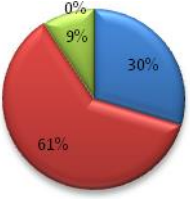
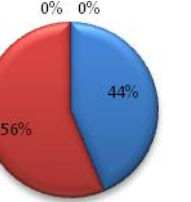
#### **3.1.2.4 Encuestas hábitos de consumo**

En El Carmen y en la Unidad de Salud, se realizaron las encuestas una semana después de llevarse a cabo el inventario de equipos, ya que se presentó dificultad con la disposición de los empleados para responder la encuesta en el momento del inventario, aún así, fue necesario todo un día para realizar la encuesta ya que por motivos de trabajo los profesionales de la salud no disponen de mucho tiempo libre. En la Casa Rosada y en el claustro Santo Domingo se llevó a cabo de manera simultánea las encuestas y el inventario de equipos. Para las encuestas se necesitó copias de los formatos presentados en la Figura 4 y la Figura 5. No hubo inconveniente con el planteamiento del formulario de la encuesta, las preguntas fueron claras fáciles de interpretar por parte de los encuestados.

Para realizar las encuestas se escogió al azar una muestra de los empleados administrativos, docentes y estudiantes. Para los administrativos, se aplicó la encuesta a 15 empleados en la Unidad de Salud, 15 empleados en la Casa Rosada, 12 empleados en El Carmen y 12 empleados en Santo Domingo, para un total de 54 empleados administrativos del sector Santo Domingo con un promedio de 8 horas de trabajo al día. Para los docentes se aplicó la encuesta a 8 docentes de la facultad de Humanidades (El Carmen) y 8 docentes de la facultad de Derecho (Santo Domingo) con un promedio de 8 horas de asistencia al día. Los resultados obtenidos de las encuestas realizadas a los docentes y administrativos se visualizan en la Tabla 7.

Tabla 7. Resultados encuestas a administrativos y docentes del sector Santo Domingo. Fuente propia.

Pregunta	Opciones de respuesta	Resultado Administrativos (total encuestados 54)	Resultado Docentes (total encuestados 16)
¿Apaga las luces cuando sale de la oficina y ésta se queda vacía?	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Siempre</li> <li>■ Casi siempre</li> <li>■ Algunas veces</li> <li>■ Nunca</li> <li>■ No es posible</li> </ul>		
¿Aprovecha la luz natural en su lugar de trabajo?	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Siempre</li> <li>■ Casi siempre</li> <li>■ Algunas veces</li> <li>■ Nunca</li> <li>■ No es posible</li> </ul>		
¿Utiliza la configuración de ahorro de energía en los equipos de la oficina?	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Siempre</li> <li>■ Casi siempre</li> <li>■ Algunas veces</li> <li>■ Nunca</li> <li>■ No sabía</li> </ul>		
¿Mantiene el computador encendido durante largos periodos de tiempo sin utilizarlo?	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Siempre</li> <li>■ Casi siempre</li> <li>■ Algunas veces</li> <li>■ Nunca</li> </ul>		
¿Desenchufa los aparatos eléctricos y cargadores cuando no los utiliza y al terminar la jornada?	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Siempre</li> <li>■ Casi siempre</li> <li>■ Algunas veces</li> <li>■ Nunca</li> </ul>		
¿Carga la batería de su celular o computador portátil en las instalaciones de la Universidad?	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Siempre</li> <li>■ Casi siempre</li> <li>■ Algunas veces</li> <li>■ Nunca</li> </ul>		

¿Reporta rápidamente algún daño en las instalaciones eléctricas de su lugar de trabajo?	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Siempre</li> <li>■ Casi siempre</li> <li>■ Algunas veces</li> <li>■ Nunca</li> </ul>		
¿Realiza o solicita mantenimiento periódico a los equipos de su oficina o lugar de trabajo?	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Siempre</li> <li>■ Casi siempre</li> <li>■ Algunas veces</li> <li>■ Nunca</li> <li>■ No sabía</li> </ul>		
¿Pone en práctica algún plan de ahorro de energía en su oficina?	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sí</li> <li>■ No</li> </ul>		
¿Cómo calificaría sus hábitos de consumo de energía eléctrica en su lugar de trabajo?	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Muy bueno</li> <li>■ Bueno</li> <li>■ Regular</li> <li>■ Malo</li> </ul>		

A la pregunta: ¿Le parece bien que la Universidad del Cauca ponga en marcha un plan de uso racional de la energía eléctrica y campañas informativas entre los empleados para reducir el consumo energético de los centros de trabajo? El 100% de los encuestados respondió que Sí.

Por otra parte, se aplicó la encuesta a 25 estudiantes de la facultad de Humanidades (El Carmen) y 25 estudiantes de la facultad de Derecho (Santo Domingo) para un total de 50 estudiantes del sector Santo Domingo. Los resultados obtenidos de las encuestas realizadas a los estudiantes se visualizan en la Tabla 8.

Tabla 8. Resultados encuestas a estudiantes del sector Santo Domingo. Fuente propia.

Pregunta	Resultado Estudiantes (total encuestados 50)												
¿Apaga las luces cuando sale del salón y/o baños y estos se quedan vacíos?	<p>A pie chart with five categories: Siempre (34%), Casi siempre (4%), Algunas veces (24%), Nunca (38%), and No es posible (0%).</p> <table border="1"> <tr><th>Respuesta</th><th>Porcentaje</th></tr> <tr><td>Siempre</td><td>34%</td></tr> <tr><td>Casi siempre</td><td>4%</td></tr> <tr><td>Algunas veces</td><td>24%</td></tr> <tr><td>Nunca</td><td>38%</td></tr> <tr><td>No es posible</td><td>0%</td></tr> </table>	Respuesta	Porcentaje	Siempre	34%	Casi siempre	4%	Algunas veces	24%	Nunca	38%	No es posible	0%
Respuesta	Porcentaje												
Siempre	34%												
Casi siempre	4%												
Algunas veces	24%												
Nunca	38%												
No es posible	0%												
¿Carga la batería de su celular o computador portátil en las instalaciones de la Universidad?	<p>A pie chart with five categories: Siempre (10%), Casi siempre (24%), Algunas veces (38%), Nunca (20%), and No trae (8%).</p> <table border="1"> <tr><th>Respuesta</th><th>Porcentaje</th></tr> <tr><td>Siempre</td><td>10%</td></tr> <tr><td>Casi siempre</td><td>24%</td></tr> <tr><td>Algunas veces</td><td>38%</td></tr> <tr><td>Nunca</td><td>20%</td></tr> <tr><td>No trae</td><td>8%</td></tr> </table>	Respuesta	Porcentaje	Siempre	10%	Casi siempre	24%	Algunas veces	38%	Nunca	20%	No trae	8%
Respuesta	Porcentaje												
Siempre	10%												
Casi siempre	24%												
Algunas veces	38%												
Nunca	20%												
No trae	8%												
¿Desconecta los aparatos electrónicos y cargadores cuando no los utiliza?	<p>A pie chart with five categories: Siempre (26%), Casi siempre (30%), Algunas veces (32%), Nunca (4%), and No trae (8%).</p> <table border="1"> <tr><th>Respuesta</th><th>Porcentaje</th></tr> <tr><td>Siempre</td><td>26%</td></tr> <tr><td>Casi siempre</td><td>30%</td></tr> <tr><td>Algunas veces</td><td>32%</td></tr> <tr><td>Nunca</td><td>4%</td></tr> <tr><td>No trae</td><td>8%</td></tr> </table>	Respuesta	Porcentaje	Siempre	26%	Casi siempre	30%	Algunas veces	32%	Nunca	4%	No trae	8%
Respuesta	Porcentaje												
Siempre	26%												
Casi siempre	30%												
Algunas veces	32%												
Nunca	4%												
No trae	8%												
Cuando observa las luces encendidas de un salón que está vacío, usted:	<p>A pie chart with three categories: Apaga la luz (42%), Observa pero no le interesa (26%), and No se fija en esas cosas (32%).</p> <table border="1"> <tr><th>Respuesta</th><th>Porcentaje</th></tr> <tr><td>Apaga la luz</td><td>42%</td></tr> <tr><td>Observa pero no le interesa</td><td>26%</td></tr> <tr><td>No se fija en esas cosas</td><td>32%</td></tr> </table>	Respuesta	Porcentaje	Apaga la luz	42%	Observa pero no le interesa	26%	No se fija en esas cosas	32%				
Respuesta	Porcentaje												
Apaga la luz	42%												
Observa pero no le interesa	26%												
No se fija en esas cosas	32%												
¿Cómo calificaría sus hábitos de consumo de energía eléctrica dentro de las instalaciones de la Facultad?	<p>A pie chart with four categories: Muy bueno (2%), Bueno (62%), Regular (26%), and Malo (10%).</p> <table border="1"> <tr><th>Respuesta</th><th>Porcentaje</th></tr> <tr><td>Muy bueno</td><td>2%</td></tr> <tr><td>Bueno</td><td>62%</td></tr> <tr><td>Regular</td><td>26%</td></tr> <tr><td>Malo</td><td>10%</td></tr> </table>	Respuesta	Porcentaje	Muy bueno	2%	Bueno	62%	Regular	26%	Malo	10%		
Respuesta	Porcentaje												
Muy bueno	2%												
Bueno	62%												
Regular	26%												
Malo	10%												

A las preguntas: ¿Cree que es importante hacer un buen uso de la energía eléctrica dentro de las instalaciones de la Facultad? Y ¿Le parece bien que la Universidad del Cauca ponga en marcha un plan de uso racional de la energía eléctrica y campañas informativas entre los empleados para reducir el consumo

energético de los centros de trabajo? El 100% de los encuestados respondió que Sí.

La anterior información se encuentra consignada en la Sección 6 del Anexo A. “Análisis de la Instalación”.

### **3.2 Análisis de la información**

El análisis de la información obtenida en el inventario de equipos consumidores de energía, los consumos históricos y las encuestas de hábitos de consumo se realiza teniendo en cuenta lo descrito en el numeral 2.2 Análisis de la Información.

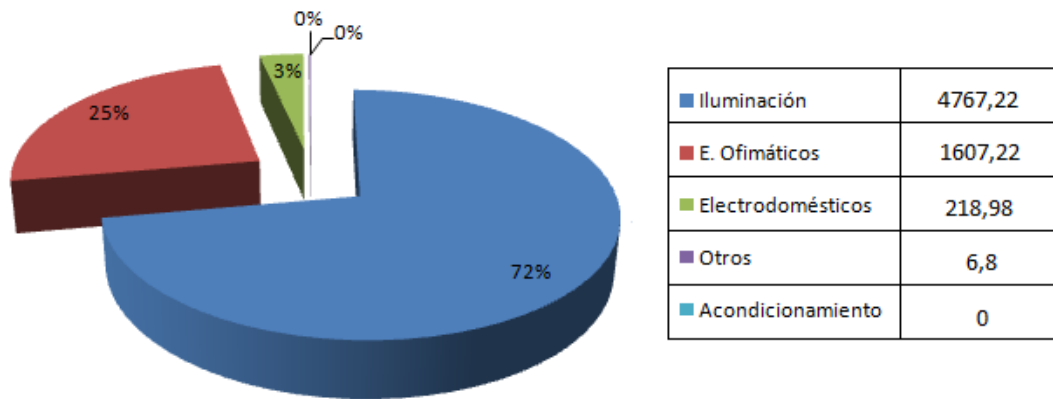
#### **3.2.1 Análisis de equipos consumidores de energía eléctrica**

La información obtenida en el inventario de equipos consumidores de energía evidencia el comportamiento del consumo en cada edificio, permitiendo estimar el consumo mensual aproximado de cada uno, como están distribuidos los consumos e identificar el grupo de equipos que presenta mayor consumo. A continuación se presenta el análisis de la información obtenida en cada edificio:

- El Carmen:

El Claustro El Carmen muestra un consumo mensual aproximado de 6600,22 KWh. Presentando mayor consumo energético el grupo de equipos determinado como Iluminación con un 72%, esto se debe no sólo a la potencia de cada lámpara sino a la cantidad y al número de horas que están en uso, teniendo en cuenta que por las condiciones del edificio muchas están encendidas 8 horas o más. Ver Gráfica 1.

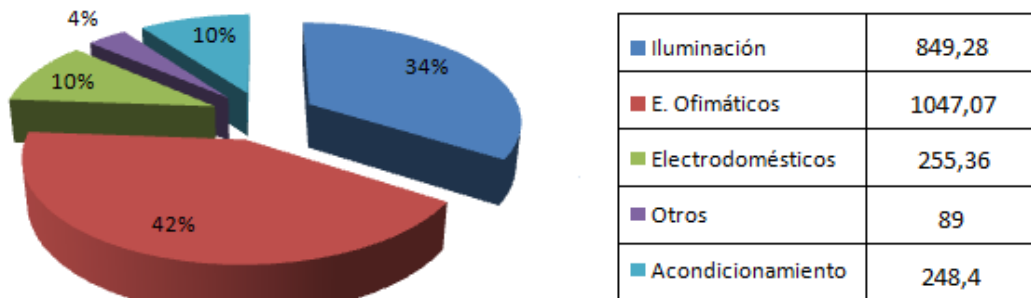
Gráfica 1. Distribución por grupos del consumo energético en el claustro El Carmen. Fuente propia



- Unidad de Salud:

En la Unidad de Salud se obtuvo un consumo mensual aproximado de 2489,12 KWh. A diferencia del claustro El Carmen, la Unidad de Salud presenta mayor consumo energético en el grupo de ítems denominado Equipos Ofimáticos con un 42% del total, esto se debe a que existe un Servidor Dell que debe estar conectado las 24 horas del día durante todo el año. Por otra parte la Iluminación es el siguiente grupo con un consumo del 34%. Ver Gráfica 2.

Gráfica 2. Distribución por grupos del consumo energético en la Unidad de Salud. Fuente propia.

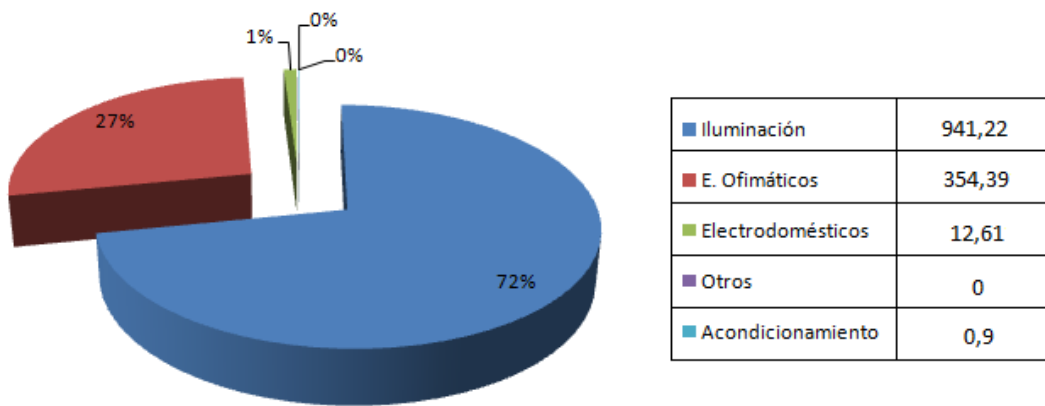


- Casa Rosada:

La Casa Rosada presenta un consumo mensual aproximado de 1309,13 KWh. En este edificio funcionan oficinas y salones de posgrados donde se requiere del uso continuo de las lámparas, este hecho se ve reflejado en que Iluminación es el grupo de mayor consumo. Ver Gráfica 3.

Gráfica 3. Distribución por grupos del consumo energético en la Casa Rosada.

Fuente propia.



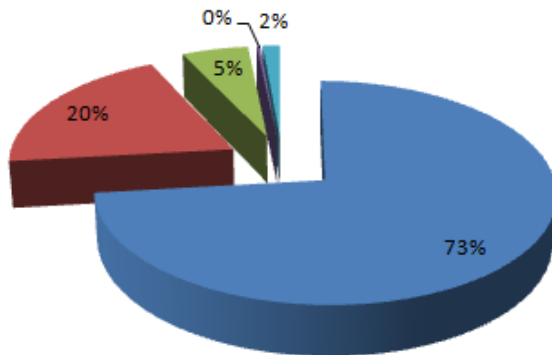
- Santo Domingo:

El claustro Santo Domingo es el edificio más grande del sector, por lo tanto el análisis del consumo energético se realizó dividiendo el edificio en dos secciones, el área perteneciente a la Facultad de Derecho y al área Administrativa. En las dos áreas se presentó que el grupo de mayor consumo es Iluminación, esto se presenta por las razones expuestas anteriormente para la Casa Rosada y el claustro El Carmen.

El área de la Facultad de Derecho en el claustro Santo Domingo presenta un consumo mensual aproximado de 5123,51 KWh. Ver Gráfica 4.



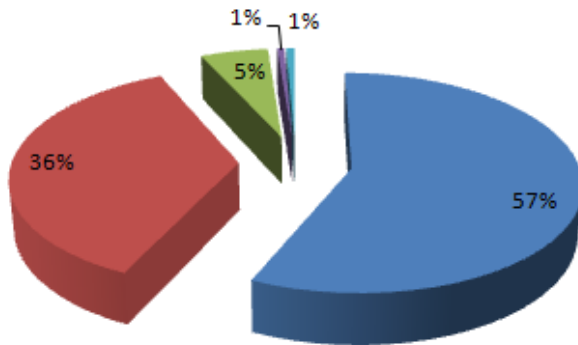
Gráfica 4. Distribución por grupos del consumo energético en la Facultad de Derecho. Claustro Santo Domingo. Fuente propia.



■ Iluminación	3750,55
■ E. Ofimáticos	1010,9
■ Electrodomésticos	276,2
■ Otros	14,5
■ Acondicionamiento	71,4

Por otra parte, el área Administrativa en el claustro Santo Domingo presenta un consumo mensual aproximado de 4776,62 KWh. Ver Gráfica 5.

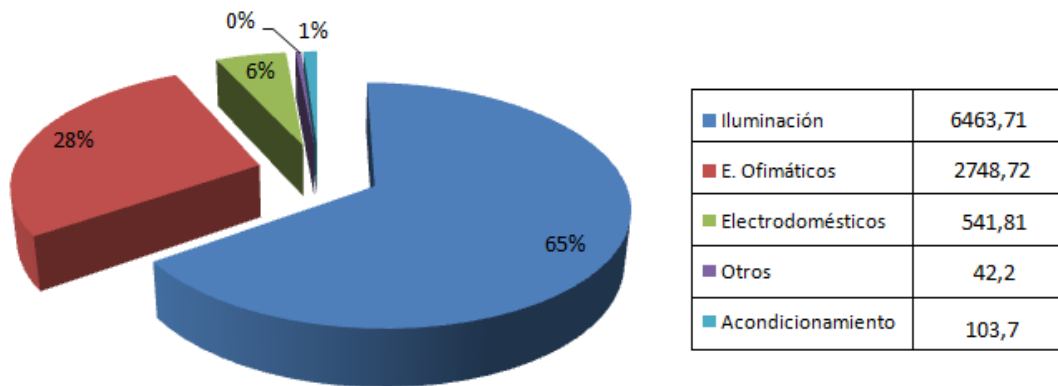
Gráfica 5. Distribución por grupos del consumo energético en el área Administrativa. Claustro Santo Domingo. Fuente propia.



■ Iluminación	2713,16
■ E. Ofimáticos	1737,82
■ Electrodomésticos	265,622
■ Otros	27,72
■ Acondicionamiento	32,3

Por lo tanto, sumando los consumos obtenidos en el área de la facultad de Derecho y en el área Administrativa, se obtiene un consumo mensual total en el claustro Santo Domingo de 9900,14 KWh. Ver Gráfica 6.

Gráfica 6. Distribución por grupos del consumo energético en el claustro Santo Domingo. Fuente propia.



### 3.2.1.1 Consumo mensual (KWh - \$)

La Tabla 10 muestra el consumo mensual individual de los edificios del sector, por lo tanto la sumatoria de dichos consumos energéticos indica que el consumo mensual estimado para el sector Santo Domingo, es de: 20.298,61 KWh.

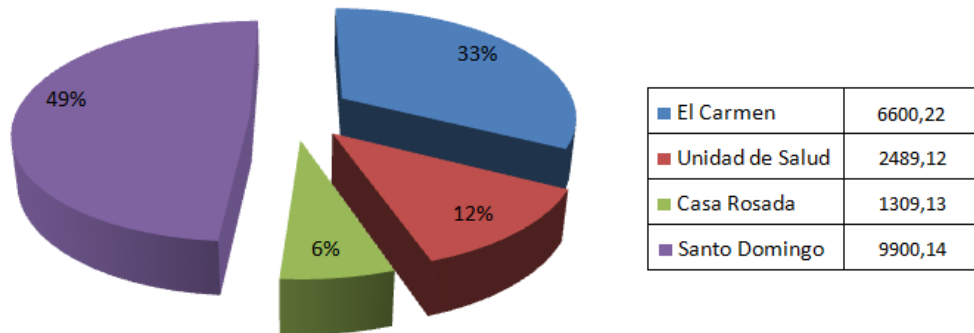
Tabla 9. Consumo energético estimado de cada edificio. Fuente propia

Edificio	El Carmen	Unidad de Salud	Casa Rosada	Santo Domingo
Consumo mensual (KWh)	6.600,22	2.489,12	1.309,13	9.900,14
Consumo mensual Total (KWh)	20.298,61			

### 3.2.1.2 Edificio de mayor consumo

El estudio del consumo energético realizado al sector Santo Domingo evidencia que el edificio que presenta mayor consumo energético es el claustro Santo Domingo, en gran parte debido a que es el edificio más grande de los cuatro y tiene el mayor número de oficinas que implican un alto consumo por el uso continuo de los equipos de oficinas y la iluminación. La Gráfica 7 ilustra cómo están distribuidos los consumos de los edificios en el sector Santo Domingo:

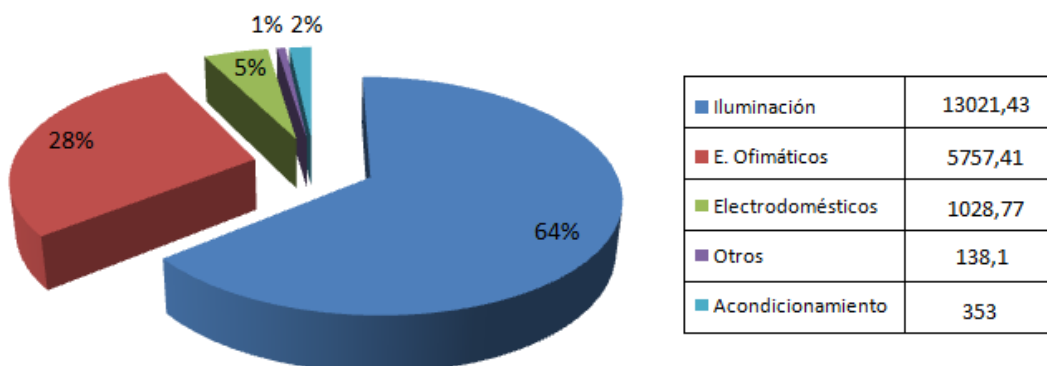
Gráfica 7. Distribución por edificios del consumo energético en el sector Santo Domingo. Fuente propia.



### 3.2.1.3 Consumo energético de los equipos

Los cuatro edificios que comprenden el sector Santo Domingo, aunque prestan diferentes servicios a la comunidad universitaria tienen en común la utilización de gran cantidad de luminarias y el uso prolongado de éstas. Por lo tanto, es lógico que Iluminación sea el grupo que presente mayor consumo en todo el sector. La Gráfica 8 ilustra cómo están distribuidos los consumos del sector en los diferentes grupos:

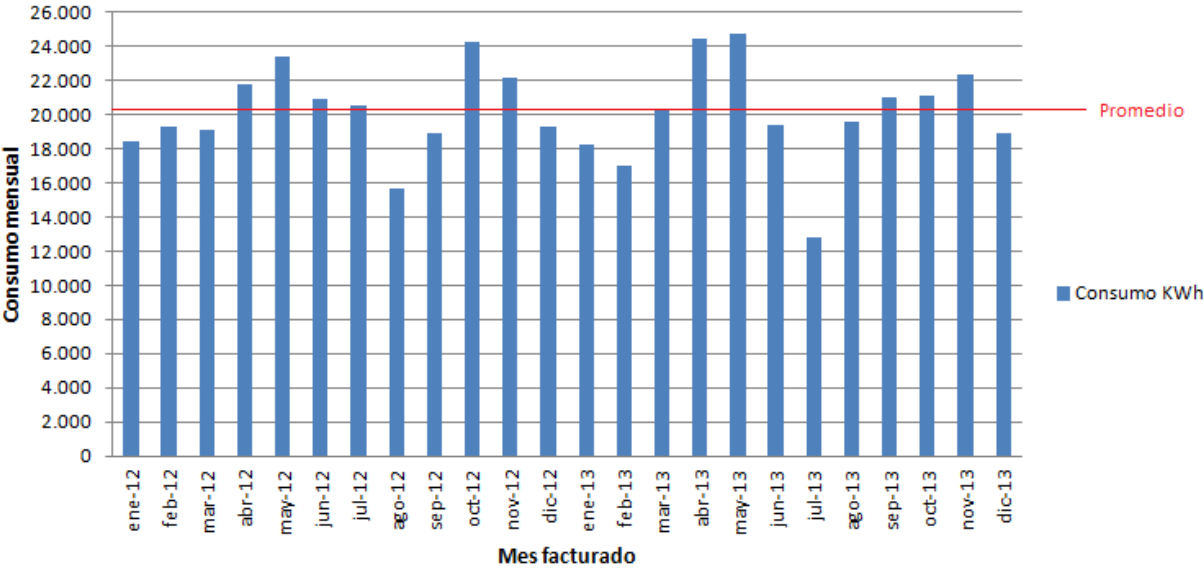
Gráfica 8. Distribución por grupos del consumo energético en el sector Santo Domingo. Fuente propia.



### 3.2.2 Consolidado y análisis consumos históricos

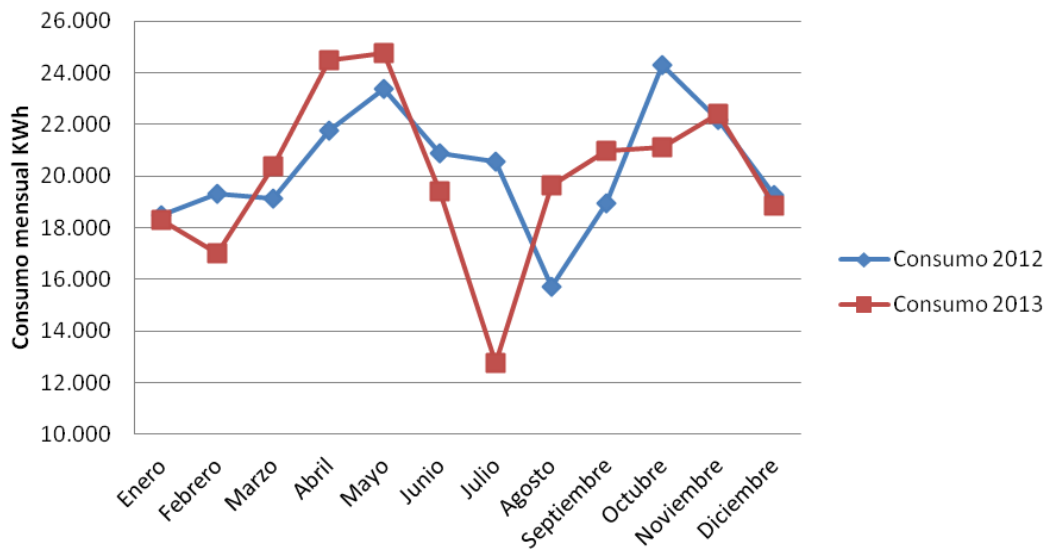
El consumo mensual de los últimos dos años del sector Santo Domingo exhibe un comportamiento variable. La distribución de los consumos se visualiza en la Gráfica 9 y en la 10. La Gráfica 9 muestra el comportamiento de los consumos alrededor de un consumo promedio. La Gráfica 10 permite comparar el consumo en los meses del 2012 y el consumo de los meses del 2013.

Gráfica 9. Consumo energético mensual de los dos últimos años en el sector Santo Domingo. Fuente propia.



Se observa que en el mes de Julio de 2013 se presentó un consumo de 12.763,1 KWh, siendo éste el consumo más bajo de los últimos dos años.

Gráfica 10. Comparación consumos mensuales de los años 2012 y 2013 en el sector Santo Domingo. Fuente propia.



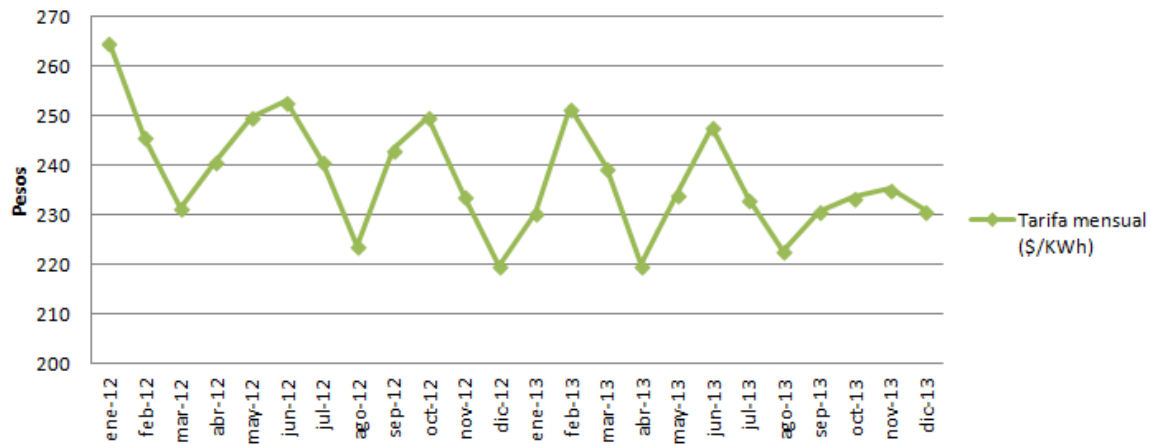
Según la Gráfica 10 se observa que el consumo en los meses de Enero y Diciembre de 2012 son muy similares a los consumos de Enero y Diciembre de 2013, los cuales están por debajo del promedio de los datos, este bajo consumo se debe a las vacaciones de navidad. Los consumos que se encuentran por encima del promedio de los datos se presentaron en los meses de Abril y Mayo en los dos años, esto muestra el impacto en el consumo de energía que produce el alquiler del claustro Santo Domingo para la realización de las artesanías Manos de Oro que se lleva a cabo durante la semana santa.

En el 2012, el mes de Julio presenta un alto consumo, mientras que el mes Agosto presenta el consumo más bajo de todo el año 2012. Este comportamiento se observa de manera invertida en el 2013 donde es el mes de Julio el que presenta el consumo más bajo de todo el año 2013.

En la Gráfica 11 se observa que la tarifa mensual varía de forma interesante. La curva que se obtiene presenta un comportamiento senoidal, obteniendo los máximos picos en los meses de Enero, Junio, Octubre de 2012, y en Febrero y Junio de 2013.

Gráfica 11. Comportamiento tarifa consumo mensual del sector Santo Domingo.

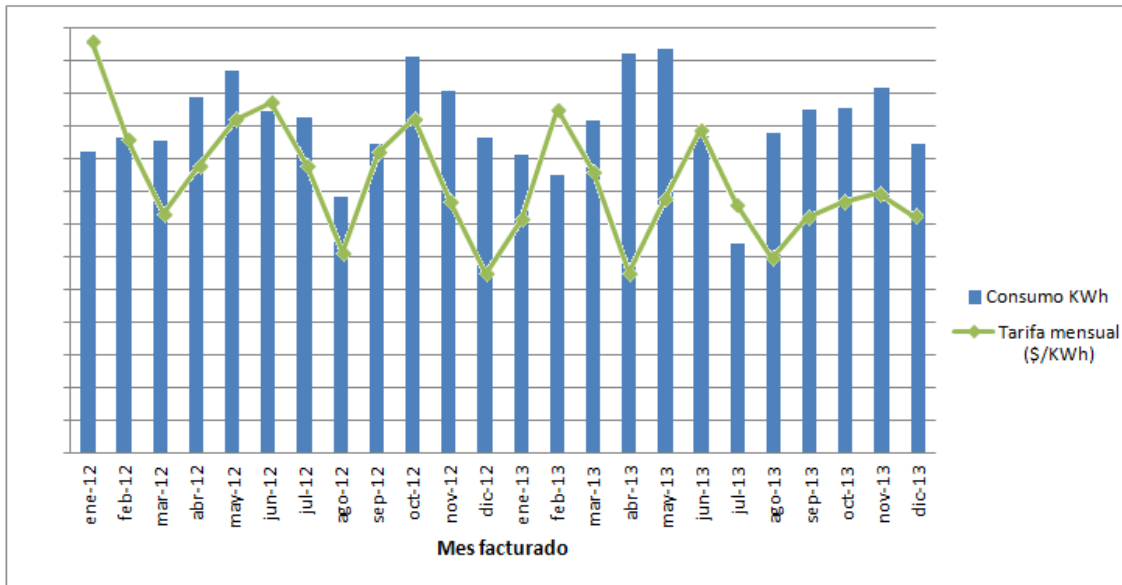
Fuente propia.



Al comparar los consumos mensuales con su respectiva tarifa, se observa una similitud en el comportamiento, en cuanto a la relación mayor consumo- mayor tarifa. Esta relación se observa claramente para los meses de Febrero de 2012 hasta Enero de 2013 y desde Junio de 2013 hasta Diciembre de 2012. No se cumple para todos los meses, pero resultó ser un beneficio económico para la universidad ya que en el mes de Abril de 2013 se presentó uno de los consumos más elevados con la tarifa más baja de los dos últimos años, y en Mayo de 2013 se presentó el mayor consumo de los últimos dos años, con una baja tarifa de cobro. Ver gráfica 12.

Gráfica 12. Comparación tarifa y consumos mensuales del sector Santo Domingo.

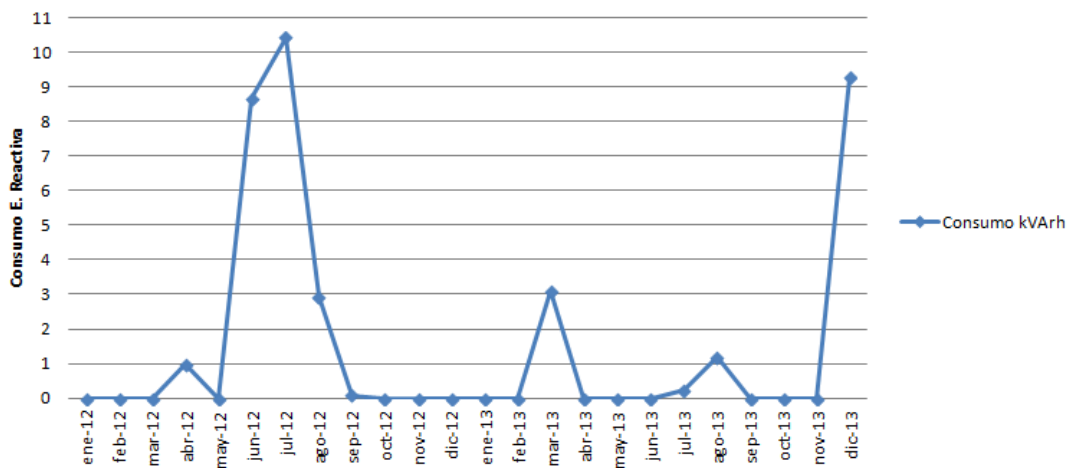
Fuente propia.



En cuanto a la energía reactiva, el sector Santo Domingo presenta un bajo consumo de ésta, con un promedio mensual de 1,54 KVARh equivalente a un costo promedio de \$162,32. La Gráfica 13 describe el comportamiento del consumo de energía reactiva mensual en el sector.

Gráfica 13. Consumo mensual de energía reactiva en el sector Santo Domingo.

Fuente propia.



El bajo consumo de energía reactiva es coherente con el tipo de equipos encontrados en los edificios del sector, ya que la presencia de motores, ventiladores y aire acondicionado es mínima.

Además del análisis realizado anteriormente es necesario conocer:

- El consumo mensual promedio del sector Santo Domingo para tenerlo como punto de comparación con el consumo estimado mediante el inventario de equipos consumidores de energía.
- El consumo anual en KWh y en pesos, necesario para hacer la evaluación de las medidas de ahorro que se propongan de acuerdo al estudio del consumo energético en el sector Santo Domingo.

### **3.2.2.1 Promedio consumo mensual**

La sumatoria del consumo de las 24 facturas de cobro es de 484.015 KWh. Mediante la Ecuación 4, se determina que el promedio mensual del consumo de energía activa correspondiente al sector Santo Domingo es de 20.167 KWh, como se observa a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Prom. Consumos históricos} &= 484.015 \text{ KWh} / 24 \\ &= 20.167 \text{ KWh} \end{aligned}$$

### **3.2.2.2 Consumo anual (KWh - \$)**

Aplicando las Ecuaciones 5 y 6 se realiza una proyección del consumo anual tanto en KWh como en pesos. Obteniendo un consumo anual aproximado de 242.004 KWh con un costo equivalente a \$ 56'360.000. Como se muestra a continuación:

Consumo anual en KWh:

$$\begin{aligned} \text{Consumo KWh/año} &= 20.167 \text{ KWh} * 12 \\ &= 242.004 \text{ KWh} \end{aligned}$$

Consumo anual en pesos (\$):



$$\begin{aligned} \text{Consumo } \$/\text{año} &= 242.004 \text{ KWh} * \$ 232,9 \\ &= \$ 56'360.009,1 \end{aligned}$$

### **3.2.2.3 Consumo estimado Vs consumo real**

El consumo energético del sector estimado mediante el inventario de equipos es de 20.298,61 KWh y el consumo real determinado por el promedio de las facturas recolectadas es 20.167 KWh por lo tanto la diferencia entre estos dos consumos es 131,61 KWh equivalente al 0,66% del consumo real. Esto quiere decir que los resultados están bien calculados pues teniendo en cuenta la recomendación de la “Guía de ahorro y Eficiencia Energética en Oficinas” [19] que considera que la diferencia entre el consumo real y el consumo estimado debe ser de  $\pm 10\%$ .

### **3.2.3 Análisis encuestas hábitos de consumo**

Las encuestas realizadas a los administrativos, docentes y estudiantes del sector Santo Domingo permitieron identificar cuatro aspectos principales que implican de manera indirecta aumento en el consumo mensual de energía eléctrica del sector, estos son: desconocimiento del uso eficiente de equipos, falta de concientización, limitaciones en los circuitos de iluminación y limitaciones por las características históricas de los edificios. A continuación se profundiza en estos cuatro aspectos:

- Desconocimiento de pautas para el uso eficiente de los equipos de oficina: el 30% de los administrativos encuestados manifestaron desconocer la configuración de ahorro de los equipos ofimáticos. Como los empleados administrativos por su horario de trabajo permanecen alrededor de ocho horas en las instalaciones de la universidad, el uso ineficiente de estos equipos influye en el consumo energético mensual.
- Concientización por parte de los empleados administrativos, docentes y estudiantes hacia el uso eficiente de la energía eléctrica: El 19% de los administrativos encuestados manifestaron que nunca desconectan los equipos eléctricos cuando no están en uso mientras que el 31% lo hace algunas veces. Por parte de los estudiantes, el 24% de los encuestados casi siempre carga el celular o computador portátil en las instalaciones de la

universidad, tan sólo el 26% de los encuestados desconecta éstos equipos cuando no los utiliza. Finalmente el 58% de los estudiantes encuestados manifestaron que no se fijan o no les interesa si observan un salón con las luces encendidas que se encuentra vacío, evidenciando la falta de compromiso por parte de los estudiantes hacia el ahorro energético, aún así, es paradójico ver que el 100% de los estudiantes manifestaron creer en la importancia del buen uso de la energía eléctrica de las instalaciones de la universidad.

- Limitaciones por la distribución de los circuitos de iluminación: El 13% de los administrativos encuestados indicaron que no es posible apagar la luz al salir de las oficinas porque la iluminación en sus puestos de trabajo no es focalizada, lo que implica dejar sin iluminación otros puestos de trabajo al apagar la luz.
- Limitaciones por las características históricas de los edificios: el 30% de los administrativos y el 31% de los docentes encuestados indicaron que no es posible aprovechar la luz natural en los puestos de trabajo debido a las características históricas de los edificios.

Es de gran importancia y utilidad para el planteamiento de medidas de ahorro que el 100% de los encuestados (Administrativos, docentes y estudiantes) manifestaron que les parece bien que la Universidad del Cauca ponga en marcha un plan de uso racional de la energía eléctrica y campañas informativas entre los empleados para reducir el consumo energético de los centros de trabajo.

### **3.3 Identificación del potencial de ahorro**

Del análisis de la información recolectada en las instalaciones de los edificios del sector Santo Domingo, se evidencia que las lámparas ahorradoras (fluorescentes) representan el 92% de la luminaria actual del sector, aun así, la iluminación es el grupo que representa el 64% del consumo total de energía del sector (debido a las

características de pobre iluminación natural de los edificios históricos, que conlleva una alta cantidad de lámparas y un uso continuo de las mismas). Por lo tanto, se considera un potencial de ahorro energético el cambio de las luminarias “ahorradoras” por tecnologías más eficientes.

Por otra parte, los resultados de las encuestas arrojan que aunque tanto docentes como administrativos tienen buenos hábitos de consumo, las limitaciones en los circuitos de iluminación, las características históricas del edificio, la no concientización del uso eficiente de la energía y sobre todo el desconocimiento de información sobre el uso eficiente de los equipos, afectan al consumo energético mensual del sector. Así que, promover una cultura de uso racional de la energía eléctrica entre los empleados y estudiantes del sector para mejorar los hábitos de consumo también es un componente importante a tener en cuenta si se quiere lograr un ahorro económico considerable en el consumo mensual.

### **3.3.1 Lámparas ahorradoras & lámparas Leds**

En la actualidad las lámparas fluorescentes son una tecnología ahorradora de energía eléctrica disponible en el mercado a precios moderados. Son dispositivos electrónicos que consisten en un tubo cilíndrico de vidrio revestido en su parte interior con una sustancia fluorescente, relleno de vapor de mercurio a baja presión y un gas inerte que generalmente es argón, el cual sirve para facilitar el encendido y controlar la descarga de electrones. Se pueden elegir de diferentes tonos de luz, (blanca cálida, luz día, blanca fría, neutra) y existen de diferentes formas (en tubo, en espiral, de vela, circular, etc). La potencia de las lámparas de tubo depende de las dimensiones, entre mayor sea el diámetro o la longitud, mayor va a ser la potencia que consume [32].

Este tipo de luminarias consumen hasta treces veces menos potencia que las lámparas incandescentes, los colores son mas naturales (similares a la luz del día), emiten más luz que las incandescentes de la misma potencia, su luz es más uniforme y su área de iluminación es mayor, el foco se calienta mucho menos que las incandescentes y la vida útil de este tipo de luminarias es de entre 5000 y 7000 horas [32], sin embargo son fuente de discusión debido a los graves problemas

de contaminación por gases de mercurio que conlleva esta tecnología cuando sufren ruptura o son recicladas [33]. Por lo que, el desarrollo de la tecnología Led de luz blanca brinda una nueva alternativa de iluminación eficiente. Esta nueva tecnología presenta grandes ventajas en comparación a los focos incandescentes y a las lámparas fluorescentes. Las lámparas Led presentan requerimientos bajos de voltaje y consumos lo que las hace más eficientes, consumen aproximadamente un 90% menos que las incandescentes de uso común y el 30% menos que la mayoría de las lámparas fluorescentes, no contienen ninguna sustancia toxica y son 100% reciclables [34]

### **3.3.2 Potencial de ahorro energético**

Teniendo en cuenta lo anterior se identifican dos posibles potenciales de ahorro:

- Cambio de luminaria actual por lámparas más eficientes
- Realización de campañas informativas para mejorar los hábitos de consumo energético

## **3.4 Propuestas de medidas de ahorro**

Las propuestas de medidas de ahorro que se plantean a continuación son consecuencia de los resultados obtenidos durante el estudio del consumo de energía en el sector realizado previamente.

### **3.4.1 Cambio de luminaria actual por lámparas más eficientes**

Luminarias Fluorescentes y luminarias Led: El uso de las lámparas fluorescentes, si bien es cierto es más eficiente energéticamente que las incandescentes, presentan varias desventajas de tipo económico y ambiental con respecto a las lámparas Led. La Tabla 10 resume las ventajas y desventajas de estos dos tipos de luminarias.

Tabla 10. Comparativo Luminarias Fluorescentes y Luminarias Led. Fuente [32]

[34]

<b>VENTAJAS</b>	
<b>LÁMPARAS LED</b>	<b>LÁMPARAS FLUORESCENTES</b>
Menor consumo de energía (90% en comparación a las incandescentes y 30% a las fluorescentes)	Consumen hasta tres veces menos potencia que las bombillas incandescentes
Mayor resistencia a los golpes y vibraciones	Colores y distintas tonalidades más naturales (similares a la luz del día )
No emiten calor	Emiten mayor luz que las incandescentes de la misma potencia
Menor riesgo para el medio ambiente (no contienen mercurio ni otros metales pesados)	Luz más uniforme y menos deslumbrante
100% reciclables	Mayor área de iluminación
Respuesta rápida al encendido y apagado	Menor emisión de calor que las incandescentes
No le afecta el encendido intermitente	Vida útil de entre 5.000 y 7.000 horas
Mayor vida útil (hasta 40.000 horas)	Precio moderado en el mercado
No requieren mantenimiento	
Alcanzan el 100% de rendimiento desde el momento en que se encienden	
No emiten radiación infrarroja o ultravioleta	
Mantienen el flujo luminoso sobre el 70% del original durante su vida útil	
<b>DESVENTAJAS</b>	
Sensibilidad a altas temperaturas: a partir de los 65°C la mayoría de los LEDs se estropean	No son reciclables (contienen mercurio): una vez acabada su vida útil deben ser tratadas adecuadamente por tratarse de residuos tóxicos para el ser humano
Precio elevado en el mercado	La emisión de luz no es continua y con el tiempo se observa un parpadeo que puede producir dolor de cabeza
En potencias grandes (100W en adelante) es muy poco competitivo, debido a que sus precios son muy elevados	Encender y apagar demasiadas veces reduce su vida útil de forma considerable. (No son propicias para espacios donde se deba encender y apagar las luces de forma continua)
	Presentan un retardo desde que se encienden hasta que entregan toda la potencia lumínica
	Baja resistencia a golpes

Con lo anterior se observa que el cambio de las luminarias existentes por luminarias Led es una opción para disminuir el consumo energético del sector. La

desventaja más grande que presenta la tecnología Led es su elevado costo con respecto a la luminaria fluorescente. Por lo tanto, para determinar el impacto económico y de consumo energético en el sector al implementarse ésta medida de ahorro, es necesario tener en cuenta la relación costo-beneficio. Para lo cual se realiza una nueva proyección del consumo de energía mensual y anual teniendo en cuenta la tecnología Led.

### 3.4.1.1 Identificación de las luminarias existentes

Es necesario identificar el tipo de lámparas existentes, la cantidad y cómo influyen en el consumo total de energía en cada uno de los edificios del sector. A continuación en la Tabla 11 se identifican los tipos de luminarias existentes en el sector Santo Domingo, la cantidad y la potencia de cada luminaria y su correspondiente consumo mensual.

Tabla 11. Consumo energético mensual según el tipo de luminaria en el sector Santo Domingo. Fuente propia.

Cantidad	Tipo de luminaria	Potencia	Consumo mensual (KWh)
418	Bombilla fluorescente espiral	20W	506,66
27	Bombilla fluorescente tubo	32W	88,32
68	Bombilla incandescente	100W	290,56
4	Bombilla fluorescente mariposa	38W	0,96
155	Bombilla incandescente vela	40W	466
3	Bombilla LED	7W	3,36
480	Tubo fluorescente T12 (x2) (39W)	39W	4.796,32
194	Tubo fluorescente T12 (x2) (75W)	75W	3.623,79
129	Tubo Fluorescente T5 (x2) (28W)	28W	904,96
217	Tubo Fluorescente T8 (x2) (32W)	32W	1.873,92
12	Tubo fluorescente T12 (x1) (75W)	75W	132
29	Tubo fluorescente T8 (x4) (17W)	17W	140,08
7	Reflector	400W	168
2	Reflector	150W	25
5	Reflector	250W	1,5
Consumo mensual grupo Iluminación			<b>13.021,43</b>

La distribución completa de este tipo de luminarias en cada uno de los edificios se encuentra en la Sección 1 del Anexo B. “Análisis de la Información”.

De la Tabla 11 se observa que el tipo de luminaria más común y que representan mayor consumo es el Tubo fluorescente T12 de 39W y 75W, entre las tubos fluorescentes, el Tubo T12 es el más ineficiente por su alto consumo de energía, actualmente pocas empresas las producen. Por otra parte hay una cantidad considerable de bombillos incandescentes, focos de mayor consumo existentes en el mercado. Los Tubos fluorescentes T5, además de ser mucho más prácticos por sus dimensiones en comparación a los T12, los T5 son los tubos fluorescentes más eficientes por su bajo consumo y alta eficacia lumínica.

#### **3.4.1.2 Equivalencia entre lámparas actuales y las LED [35]**

Para estudiar el cambio de las luminarias actuales por luminarias Led, se deben analizar parámetros como:

- *Tipo*: Si se trata de una bombilla para uso normal o para zonas decorativas
- *Potencia*: Claramente debe ser menor a la de las lámparas actuales
- *Dimensiones*: En el caso de los tubos tener en cuenta la longitud del tubo y el tamaño de los casquillos.
- *Tipo de base*: En el caso de los bombillos se encuentran diferentes tipos de soportes (E27, E14, GU10, MR16) entre otras, siendo E27 el más común.
- *Flujo luminoso*: Es la cantidad de luz percibida por el ojo humano de una determinada fuente. Se mide en lúmenes (lm).
- *Eficacia lumínica*: Cantidad de luz emitida en relación a la energía consumida. Se mide en lúmenes por vatio (lm/W).
- *Temperatura de color*: Hace referencia al color de las luminarias. Se encuentran, Cálido (2700K -3300K), Blanco Cálido (4000K), Blanco Frio

(5500K) entre otros, preferiblemente que la temperatura de color sea superior a 6000K (luz blanca día) es la que más se aproxima a la luz natural.

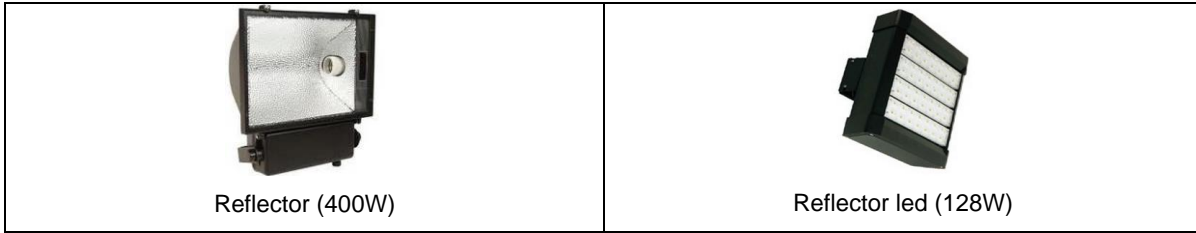
Teniendo en cuenta lo anterior y la Tabla 11, la equivalencia a luminarias led no se realiza para los Tubos fluorescentes T5 ya que un tubo Led T5 no es muy eficiente lumínicamente debido a las dimensiones del tubo, sólo contiene una tira de leds por ser muy delgado.

Existen lámparas Led de diversas formas, tamaños y potencias, sin embargo, en la literatura no se define un método para determinar el tipo de luminaria Led que reemplace los distintos tipos de lámparas ahorradoras. Por esta razón, se tuvo en cuenta las características de las lámparas actuales y de las lámparas Led, para proponer la siguiente equivalencia. Ver tabla 12.

Tabla 12. Equivalencia luminaria actual y luminaria Led. Fuente propia.

 <p>Bombilla incandescente, espiral fluorescente, espiral tubo, espiral fluorescente mariposa</p>	 <p>Bulbo led E27 (7W)</p>
 <p>Incandescente tipo vela</p>	 <p>Led Candle (2W)</p>
 <p>T12 diámetro 38mm T8 diámetro 26mm</p> <p>Tubo fluorescente T12 (39W – 75W), Tubo fluorescente T8 (32W – 17W)</p>	 <p>Tubo LED T8 (18W) (1200mm), Tubo LED T8 (10W) (600mm)</p>





En la Tabla 12 se observa la equivalencia entre los tubos fluorescentes T12 y T8, esto se debe a que aunque existen tubos Led T12 de 75W, no son muy prácticos por su longitud (2400mm), por lo tanto la alternativa que se propone es el cambio de este tipo de lámpara por dos Tubos T8 de 1200mm, los cuales requieren de un adaptador (unión) para que encajen perfectamente en el chasis de 2400mm de longitud, instalados actualmente.

### **3.4.1.3 Estimación del consumo mensual de energía eléctrica con luminarias LED**

De acuerdo a las horas de uso de las lámparas existentes (Ver Sección 4 del Anexo A. “Análisis de la Instalación”) y teniendo en cuenta las características de las lámparas Led descritas en el Cuadro 2, se realiza la estimación del consumo mensual del sector con éstas luminarias más eficientes. La Tabla 13 presenta el consumo actual del grupo Iluminación y el consumo estimado con el cambio de luminarias.

Tabla 13. Comparación consumos luminaria actual y consumos luminarias Led.  
Fuente propia.

Cant.	Luminaria actual	Consumo luminaria actual (KWh)	Sustitución	Pot. Led	Consumo luminaria eficiente (KWh)	Ahorro %
517	Bombillas	886,51	Led bulbo	7W	231,27	73,9
155	Tipo vela	466,00	Led tipo vela	2W	23,3	95
960	Tubo T12 (39W)	4.796,32	Tubo led T8 (18W)	18W	2.213,68	53,8
400	Tubo T12 (75W)	3.755,79	Tubo led T8 (36W)	36W	1.871,89	50,2
434	Tubo T8 (32W)	1.873,92	Tubo led T8 (18W)	18W	1.054,08	43,8
116	Tubo T8 (17W)	140,08	Tubo led T8 (10W)	10W	9,6	93,1
14	Reflector	195	Reflector led	128W	140,64	27,7
258	Tubo T5 (28W)	904,96	Tubo T5 (28W)	28W	904,96	0
3	Bombilla LED	3,36	Bombilla LED	7W	3,36	0
		13.021,43			6.452,79	50,5%

A partir de la disminución del consumo energético con la tecnología Led, se calcula los porcentajes de ahorro para cada una de los tipos de luminarias. Observando un mayor ahorro en las bombillas tipo vela con el 95% del consumo actual. El Consumo mensual actual de Iluminación es de aproximadamente 13.021,43 KWh, obteniendo un consumo de 6.452,79 KWh con el cambio de luminarias se obtiene un ahorro total de aproximadamente el 50,5%. El cálculo del ahorro en Iluminación para cada edificio se presenta en la Tabla 13, los detalles se consignan en la Sección 2 del Anexo B “Análisis de la Información”.

Tabla 14. Ahorro energético en Iluminación en los edificios del sector Santo Domingo. Fuente propia.

Edificio	Consumo luminaria actual (KWh)	Consumo luminaria eficiente (KWh)	Ahorro %
El Carmen	4.767,22	2.199,2	53,8
Unidad de Salud	849,28	577,72	31,9
Casa Rosada	941,22	605,48	35,6
Santo Domingo (Derecho)	3.750,55	1.744,78	53,4
Santo Domingo (Administrativa)	2.713,16	1.325,62	51,1

El mayor porcentaje de ahorro energético en Iluminación se observa en el claustro El Carmen, por lo que se podría iniciar con el cambio de luminarias en este edificio para que se visualice un impacto significativo en la reducción del consumo energético del sector.

#### 3.4.1.4 Ahorro energético mensual del sector Santo Domingo con la implementación de luminarias LED

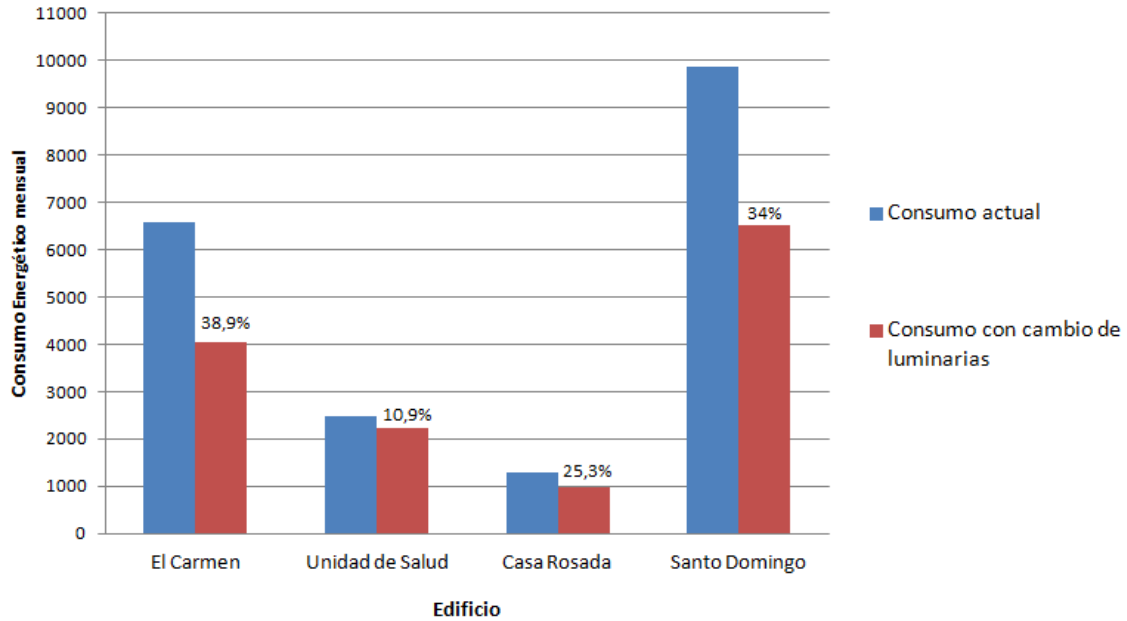
En la Tabla 12 se obtuvo un consumo en Iluminación de 13.021,43 KWh, como la propuesta de mejoramiento solo tiene en cuenta el cambio de luminarias, el consumo actual de los Equipos Ofimáticos sigue siendo 5757,79 KWh, el de Electrodomésticos 1028,77 KWh , Acondicionamiento 138,1 KWh y Otros 353 KWh, por lo tanto al implementarse el cambio de las luminarias en el sector Santo Domingo se obtiene un consumo energético mensual aproximado de 13.729,96KWh con un ahorro de 6567,81KWh, disminuyendo el consumo en un 32,35% del consumo mensual actual. El ahorro energético del sector y de cada uno de los edificios se observa en la Tabla 15.

Tabla 15. Comparación consumos mensuales. Fuente propia.

AHORRO ENERGÉTICO MENSUAL EN EL SECTOR DE SANTO DOMINGO					
Edificio	El Carmen	Unidad de Salud	Casa Rosada	Santo Domingo	Consumo Sector SD
Consumo actual (KWh)	6.600,22	2.488,29	1.309,13	9.900,14	20.298,61
Consumo con cambio luminarias (KWh)	4.032,19	2.217,57	973,39	6.506,81	13.729,96
Ahorro en KWh	2.568,03	270,73	335,74	3.393,33	6.567,81
Ahorro en %	38,9%	10,88%	25,3%	34,27%	32,35%

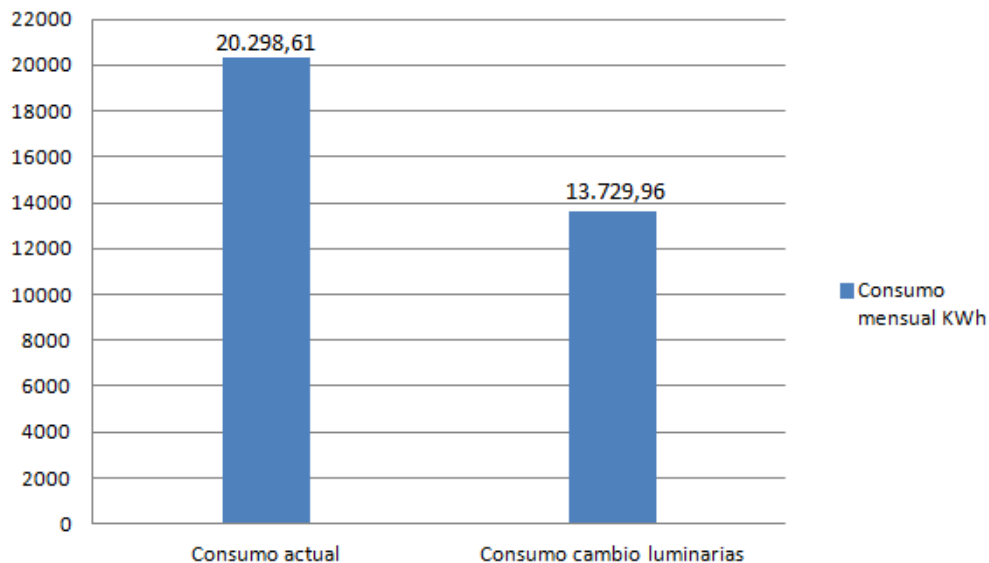
La Gráfica 14 muestra la diferencia del consumo mensual actual y el consumo mensual estimado con el cambio de luminarias. Se observa un porcentaje de ahorro mayor en el claustro Santo Domingo, y el menor ahorro en la Unidad de Salud debido a que en esta edificación el grupo que presenta mayor consumo actualmente no es Iluminación sino Equipos Ofimáticos, y la propuesta de ahorro no incluye cambio de equipos solo luminarias.

Gráfica 14. Comparación consumo energético actual y consumo energético con cambio de luminarias de cada edificio del sector Santo Domingo. Fuente propia.



La Gráfica 15 se visualiza la disminución en el consumo mensual del sector Santo Domingo con el cambio de luminarias.

Gráfica 15. Comparación consumo actual y consumo con cambio de luminarias. Fuente propia



Teniendo en cuenta el nuevo consumo mensual de 13.729,96KWh y aplicando nuevamente las Ecuaciones 5 y 6 se obtiene un consumo anual del sector Santo Domingo con la luminaria Led de aproximadamente 164.759,52 KWh que al multiplicarlo por el promedio de la tarifa de cobro, corresponde a \$38'372.496,34 moneda corriente.

### **3.4.2 Análisis Costo – Beneficio**

Se requiere analizar el costo y beneficio obtenido al implementar el cambio de la luminaria actual por luminaria Led, para verificar si la propuesta es realizable o no. Para realizar el análisis del costo-beneficio es necesario conocer la inversión económica que se realiza en la luminaria actual, la inversión que se realizaría en la luminaria Led y el tiempo de recuperación de la inversión con el ahorro.

#### **3.4.2.1 Costo luminaria actual**

Los tubos fluorescentes y los reflectores necesitan de reactancias o balastos los cuales proporcionan la tensión de encendido para el arranque de la lámpara, así como la tensión de operación necesaria para que funcione la lámpara, proporcionándole un voltaje continuo, un balasto puede encender una o más lámparas. Por lo tanto los balastos también se tienen que tener en cuenta en el cálculo del costo de la luminaria actual. Los cálculos que se describen a continuación no tienen en cuenta el costo de mano de obra.

La Tabla 16 muestra los precios de las lámparas y balastos actuales, además especifica la vida útil de cada uno. No contiene información sobre el tubo fluorescente T5 ya que en la propuesta de mejoramiento no se tiene incluido en cambio de este tipo de lámpara.

Tabla 16. Cálculo del costo luminaria actual. Fuente propia.

INVERSIÓN LUMINARIA ACTUAL					COSTO MANTENIMIENTO LUMINARIA ACTUAL			
Cant.	Tipo de luminaria	Ciclo de vida (años)	Costo unitario	Costo total	Costo Kit reactancias	Ciclo de vida Balasto (años)	Cantidad actual balastos	Costo cambio balastos (3 años)
418	Fluo. espiral	1	\$10.000	\$4'180.000	0	0	0	0
27	Fluo. tubo	1	\$10.000	\$270.000	0	0	0	0
68	Incandescente	1	\$1.000	\$68.000	0	0	0	0
4	Fluo. mariposa	1	\$12.000	\$48.000	0	0	0	0
155	Incandescente vela	1	\$1.000	\$155.000	0	0	0	0
960	Tubo T12 (39W)	1	\$7.000	\$6'720.000	\$9.000	3	480	\$4'320.000
400	Tubo T12 (75W)	1	\$8.000	\$3'200.000	\$12.000	3	206	\$2'472.000
434	Tubo T8 (32W)	1	\$7.000	\$3'038.000	\$9.000	3	217	\$1'953.000
116	Tubo T8 (17W)	1	\$6.000	\$696.000	\$8.000	3	29	\$232.000
14	Reflector	1	\$140.000	\$1'960.000	\$25.000	3	14	\$350.000
Inversión total luminaria actual				\$20'335.000	Inversión total mantenimiento luminaria actual			\$9'327.000

El costo inicial de las lámparas es de \$20'335.000 y teniendo en cuenta que la luminaria actual tiene un promedio de vida útil de un año, ésta inversión se debe hacer cada año. Por otra parte, el costo inicial de las reactancias actuales es de \$9'327.000 pero a diferencia de las lámparas, los balastos tienen un promedio de vida útil de tres años, por lo tanto la inversión en balastos se debe hacer cada tres años, con un promedio de costo por año de \$3'109.000.

Por lo tanto, si se tiene en cuenta el costo y la vida útil de las lámparas y el costo promedio anual del cambio de balastos, se obtiene una inversión en la luminaria actual de \$23'444.000.

### 3.4.2.2 Costo luminaria Led

A diferencia de las lámparas fluorescentes, las lámparas led no necesitan balastos, estas funcionan conectando directamente los dos cables de la red eléctrica a ambos extremos del tubo. Los costos de las luminarias Led se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17. Cálculo inversión luminaria LED. Fuente propia.

Cant.	Tipo de luminaria	Ciclo de vida (años)	Costo unitario	Costo total
517	BULBO LED 7W	8	\$25.500	\$13'183.500
1394	LED T8 18W	8	\$56.200	\$78'342.800
400	LED T8 36W (2X18 + ADAPTADOR)	8	\$115.000	\$46'000.000
116	LED T8 10W	8	\$41.300	\$4'790.800
14	REFLECTOR LED 128W	8	\$1'200.000	\$16'800.000
155	LED TIPO VELA 2W	8	\$18.000	\$2'790.000
Costo total luminarias LED				\$161'907.100

Las lámparas Led no requieren mantenimiento ni uso de balasto, por lo tanto la inversión inicial de las lámparas Led es de \$161'907.100 de acuerdo a la cotización realizada en Garper Energy Solutions Colombia S.A.S. Ver Sección 3 del Anexo B “Análisis de la Información”.

### 3.4.2.3 Comparación costos y consumos anuales

- Cálculo costo del consumo anual con las lámparas actuales:

Teniendo en cuenta la Tabla 15 donde se especifica el tiempo de vida útil de las lámparas y de los balastos actuales, el costo por consumo energético, el aproximado para mantenimiento anual de balastos y costo por lámparas, se obtiene un costo anual de aproximadamente \$80'116.259,21, Ver Tabla 18.

Tabla 18. Costo consumo energético y mantenimiento anual de luminaria actual.

Fuente propia.

Conceptos de pago	valor
Consumo anual	\$ 56'672.259,21
Costo inversión luminarias actual	\$ 20'335.000,00
Costo mantenimiento	\$ 3'109.000,00
Costo anual con lámparas actuales	\$ 80'116.259,21

- Costo anual con luminarias led:

Como este tipo de luminarias no requieren mantenimiento y tienen una vida útil de aproximadamente ocho (8) años, una vez instaladas las lámparas, durante ocho años solo presenta la inversión correspondiente al consumo anual, estimado en \$38'372.496,34. La Ecuación 7 permite calcular el ahorro económico anual obtenido con el cambio de luminarias:

$$\text{Ahorro} \frac{\$}{\text{año}} = \text{Costo anual con lámparas actuales} - \text{Costo anual con led}$$

Ecuación 7. Ahorro anual con cambio de luminarias

$$\begin{aligned} \text{Ahorro } \$/\text{año} &= \$80'116.259,21 - \$38'372.496,34 \\ &= \$41'743.762 \end{aligned}$$

Anualmente se obtiene un ahorro aproximado de \$41'743.762.

#### 3.4.2.4 Relación costo beneficio

Teniendo en cuenta la cotización realizada en Garper, el costo en el mercado de las luminarias Led es aproximadamente ocho veces mayor al costo de la luminaria actual, pero con la luminaria Led se obtiene un ahorro anual por la disminución del consumo energético, la eliminación de los balastos y reducción en el mantenimiento de las lámparas, correspondiente a \$41'743.762.

Mediante la Ecuación 8 se obtiene el tiempo en años de recuperación de la inversión por la implementación de luminarias led, como se muestra a continuación:

$$\text{Tiempo recuperación inversión} = \frac{\text{Costo imp. luminarias led}}{\text{Ahorro anual}}$$

Ecuación 8. Cálculo tiempo recuperación inversión

$$\begin{aligned} \text{Tiempo recuperación inversión} &= \$161'907.100 / \$41'743.762 \\ &= 3,8 \text{ años} \end{aligned}$$



Por lo tanto, se determina que la inversión en las luminarias led se recupera durante los tres punto ocho (3,8) años siguientes a la implementación de la medida de ahorro.

En la Tabla 19 se visualizan los resultados al realizar el procedimiento anterior para cada uno de los edificios y determinar el tiempo de recuperación de la inversión. Los cálculos completos se consignan en la Sección 4 del Anexo B."Análisis de la Información".

Tabla 19. Relación costo beneficio de cada edificio. Fuente propia.

Edificio	Costo anual con lámparas actuales	Consumo anual con LED	Costo total luminarias LED	Ahorro anual	Tiempo recuperación inversión (años)
Unidad de Salud	\$8'824.279	\$6'197.652	\$11'872.400	\$2'626.627	4,5
El Carmen	\$26'612.965	\$11'269.182	\$53'079.200	\$15'343.783	3,5
Casa Rosada	\$5'359.746,5	\$2'720.423	\$13'249.100	\$2'639.323,4	5
Santo Domingo (Derecho)	\$23'237.522	\$8'713.427	\$55'968.500	\$14'524.095	3,8
Santo Domingo (Admin)	\$17'411.710	\$9'471.813	\$27'738.900	\$7'939.897	3,5

De la Tabla 19 se obtiene que de implementarse el cambio de luminarias por edificios, la inversión se recupera en menos tiempo en el claustro El Carmen y en el área administrativa de Santo Domingo. Aunque el porcentaje de ahorro energético en la Casa Rosada es del 25,3% y el de la Unidad de Salud es de 10,88%, el tiempo de recuperación de la inversión para la Casa Rosada es mayor, esto se debe a que para la Casa Rosada se necesita una gran cantidad de Tubos Led de 36W los cuales son mucho más costosos mientras que para la Unidad de Salud no se necesitan tubos de estas características.

### 3.4.2.5 Recomendaciones para el cambio de luminarias

El cambio de luminarias que se propone no necesita modificaciones en la infraestructura, ya que las luminarias Led tienen el mismo tamaño, longitud y diámetro, de los chasis ya instalados en el sector Santo Domingo, pero si se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. Se pueden quitar los balastos o simplemente desconectarlos
2. Tener en cuenta la distribución de las lámparas en el lugar donde se van a cambiar, ya que si existe una buena distribución y la altura del techo no excede los 2,6 m se puede realizar la siguiente sustitución: En las lámparas de dos tubos fluorescentes realizar el cambio por un tubo Led y en las lámpara de cuatro tubos fluorescentes realizar el cambio por tres tubos Led.
3. Comprar un luxómetro y hacer mediciones de la cantidad de flujo luminoso que incide sobre las superficies de trabajo, ya que si el flujo luminoso es muy alto o muy bajo puede traer consecuencias para la salud visual del empleado. En cada ambiente se realizan actividades diferentes por lo tanto la iluminación también debe ser diferente. A continuación, en la Figura 11 se muestra el nivel de iluminación recomendado para las distintas áreas de trabajo:

Figura 11. Nivel de iluminación en oficinas. Fuente [36]



### **3.4.3 Mejora hábitos de consumo energético [36] [37] [38]**

Realizar cambios de la tecnología actual a tecnología más eficiente energéticamente produce una disminución considerable en el consumo de energía eléctrica, pero el consumo energético del Sector Santo Domingo no solo depende de los equipos eléctricos, también depende del uso que se le den a éstos, de nada sirve invertir en tecnología eficiente si se tienen malos hábitos de consumo.

Tecnología eficiente de la mano con buenos hábitos de consumo energético producen una reducción significativa del consumo de energía mensual. Por lo tanto, se propone realizar una campaña de información y concientización en torno al uso eficiente de la energía eléctrica dirigida a la comunidad universitaria (Empleados administrativos, servicios varios, docentes y estudiantes).

La campaña debe contener información, pautas y recomendaciones sobre el uso eficiente de la energía en el sector de Santo Domingo. A continuación se recopilan algunas de las recomendaciones principales:

- Apagar la iluminación cuando no se necesite, cuando se deje la oficina aunque sea por un corto tiempo y al finalizar la jornada laboral.
- Mantener limpias las ventanas y abiertas persianas durante el día para aprovechar la luz natural. Esta siempre es mejor, no contamina y además es gratis.
- Utilizar iluminación localizada (la de mesa) cuando no es necesario iluminar toda la oficina.
- Identificar cuantas de las impresoras que existen en la oficina son de uso local, es decir, que solo una persona tiene acceso a ella, de ser así deben de apagarse cuando no estén siendo utilizadas.
- Para el caso de impresoras compartidas hay que apagarlas al finalizar el turno.

- Identificar si las impresoras disponen de un sistema de modo ahorrador de energía, de ser así se recomienda al personal de informática, configurarlo para que se active al pasar un periodo de inactividad
- Asegurarse de que las fotocopiadoras queden apagadas durante la noche y fines de semana, ya que estas son un elemento de gran consumo, aproximadamente 1 kW de potencia.
- No utilizar en las cafeteras agua extraída de los enfriadores de agua, ya que se hace un doble gasto de energía, al enfriar y al volver a calentar
- Desconectar el cargador del computador portátil cuando ya esté cargado.
- Si el computador es de mesa, apagar el monitor durante tareas automáticas en las que se necesite tener el PC encendido día y noche.
- Configurar la opción de ahorro en monitor y discos duros.
- Desenchufar los computadores si no están en uso. Por más que este todo apagado existe un consumo aproximado de 2W.
- Encender los periféricos (parlantes, impresora, fax, etc.) solo cuando van a ser usados no al encender el PC.
- Los protectores de pantalla gastan energía, es mejor dejar que el monitor entre en modo suspensión o apagado después de cierta inactividad.

Apoyar la campaña de difusión mediante letreros y carteles que se colocar junto a los apagadores de las áreas, en las puertas principales, en los baños y en otras áreas estratégicas, así como repartir volantes.

#### **3.4.4 Recomendaciones generales**

- Adecuar la instalación eléctrica con circuitos independientes, pues es muy común que existan áreas que se controlan con un solo interruptor y no permiten el apagado de las lámparas de áreas no ocupadas. De esta manera se tendrá un mejor control de la iluminación, en especial en aquellas áreas que tengan luz natural suficiente para el desarrollo de las actividades.
- Disponer de una opción de encendido parcial de los puntos de luz que permitan una iluminación diferenciada en distintas zonas de un mismo espacio en función a las necesidades.
- Asegurarse de que los equipos de oficina que se compren, tengan la función de modo de ahorro de energía. Además selecciónelos, en función de sus necesidades, la capacidad de los equipos que se adquieran. Por ejemplo, una pantalla grande de una computadora consume una mayor cantidad de energía, que una estándar de 14 pulgadas.
- Capacitar al personal que tiene a su cargo el mantenimiento eléctrico del sector de Santo Domingo, en aspectos de seguridad en el trabajo, eficiencia energética y beneficios potenciales derivados del uso eficiente de la energía.
- Limpiar periódicamente focos y lámparas ya que el polvo bloquea la iluminación que emiten y disminuye el nivel luminoso de la lámpara hasta en un 20%
- Realizar una inspección detallada de las instalaciones eléctricas de la Casa Albán en la Unidad de Salud, con el fin de minimizar los riesgos de accidentes y daño de equipos.

## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- Se diseñó un procedimiento sistemático que permite realizar el estudio del potencial de ahorro energético en una edificación, organizado en cuatro fases: Análisis de la instalación, Análisis de la Información, Identificación del potencial de ahorro y Propuestas de medidas de ahorro. Éste procedimiento brinda las orientaciones necesarias para realizar el estudio del consumo energético actual de un edificio o sector, para derivar propuestas de medidas de ahorro soportadas sobre una evaluación económica.
- Se aplicó el procedimiento diseñado para el estudio del potencial de ahorro energético al sector Santo Domingo, conformado por los edificios: claustro Santo Domingo, claustro El Carmen, Casa Rosada y la Unidad de Salud. Durante la aplicación del procedimiento al caso de estudio se requirió del permanente contacto con la Empresa Municipal de Energía Eléctrica S.A e prestadora del servicio eléctrico al sector y el apoyo continuo por parte de la Oficina de Planeación y Desarrollo Institucional, el Área de Servicios y el encargado del mantenimiento de las instalaciones eléctricas de la Universidad del Cauca.
- Al realizar el estudio del consumo energético en el sector Santo Domingo, se obtuvo que el consumo mensual estimado del sector es de 20.298,61KWh distribuidos de la siguiente manera: Santo Domingo con 9.900,14 KWh equivalente al 49% del total, El Carmen con 6.600,22 KWh equivalente al 33% del total, la Unidad de Salud con 2.489,12 KWh equivalente al 12% del total y finalmente la Casa Rosada con 1.309,13KWh equivalente al 6%. En cuanto al consumo por equipos, se obtuvo que la Iluminación presenta un consumo estimado de 13.021,43 KWh equivalente

al 64% del consumo total, convirtiéndose en el tipo de equipo de mayor consumo en el sector.

- En la aplicación del procedimiento al caso de estudio se identificó como potencial de ahorro energético el cambio de la luminaria actual por luminaria más eficiente y la realización de una campaña de información y concientización sobre el uso eficiente de la energía eléctrica en el sector. Para el cambio de luminarias se propuso el cambio a la tecnología Led, realizando una proyección del consumo mensual aproximada a 13.729,96 KWh, representando un ahorro energético del 32,3%. Finalmente, mediante el análisis de la relación costo-beneficio se obtuvo que la inversión en esta nueva tecnología se recupera durante los 3.8 años siguientes de implementarse la medida de ahorro.
- El procedimiento planteado en el presente trabajo de grado, permitió diseñar una guía denominada *“Guía práctica para el estudio del potencial de ahorro eléctrico en la Universidad del Cauca”* la cual resume los procedimientos necesarios para realizar el estudio del potencial de ahorro eléctrico en cualquier instalación de la Universidad. Esta guía se presenta en formato PDF (Ver Anexo C), en conjunto con un archivo en Excel (Formatos\_Guia\_EPAA\_Unicauca.xls) y un archivo en Word (Formatos\_Encuestas\_EPAA.doc) (Ver Anexo digital) que facilitan la recolección y el procesamiento de la información durante la aplicación de la guía.

#### **4.2 Recomendaciones:**

- El procedimiento diseñado en el presente trabajo para el estudio del potencial de ahorro energético puede llegar a ser una herramienta útil para el Comité de Gestión Ambiental de la Oficina de Planeación y Desarrollo

Institucional encargado del planteamiento y desarrollo de proyectos que beneficien económica y ambientalmente a la Universidad del Cauca.

- Considerar independizar los consumos eléctricos de los edificios que pertenecen a la Universidad del Cauca, mediante la instalación de medidores en cada edificio, lo cual facilitaría aplicar el procedimiento para el estudio del potencial de ahorro energético a todas las edificaciones de la Universidad.



## 5 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Centro Nacional de Educación Ambiental CENEAM, «Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente,» [En línea]. Available: [http://www.magrama.gob.es/es/ceneam/programas-de-educacion-ambiental/ceneam-con-la-escuela/Nivel\\_3\\_Usosostenible\\_de\\_los\\_recurso\\_naturales\\_tcm7-209990.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/ceneam/programas-de-educacion-ambiental/ceneam-con-la-escuela/Nivel_3_Usosostenible_de_los_recurso_naturales_tcm7-209990.pdf). [Último acceso: 8 Enero 2014].
- [2] Organización de las Naciones Unidas ONU, «Cumbre de Johannesburgo 2002,» [En línea]. Available: [http://www.un.org/spanish/conferences/wssd/feature\\_story41.htm](http://www.un.org/spanish/conferences/wssd/feature_story41.htm). [Último acceso: 8 Enero 2014].
- [3] Departamento Nacional de Planeación. Bogotá, «Departamento Nacional de Planeación,» 2007. [En línea]. Available: <https://www.dnp.gov.co/Portals/0/archivos/documentos/2019/Documentos/101040-CARTILLA%20AMBIENTAL.pdf>. [Último acceso: 10 Enero 2014].
- [4] Empresa Nacional de Electricidad S.A. Santiago de Chili, «Endesa Chile,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.endesa.cl/ES/NUESTROCOMPROMISO/PUBLICACIONESEINFORMES/Documents/Guia%20DSE.pdf>. [Último acceso: 12 Enero 2014].
- [5] Corporación Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico, «CIDET La energía de las ideas,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.cidet.com.co/cidet-capacita-los-primeros-audidores-internacionales-en-iso-50001-del-pais>. [Último acceso: 20 Enero 2014].
- [6] International Organization for Standardization (ISO), «ISO,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.iso.org>. [Último acceso: 15 Enero 2014].
- [7] ISO 14001, «International Organization for Standardization (ISO,» 1998. [En línea]. Available: [www.iso.org](http://www.iso.org). [Último acceso: 20 Enero 2014].
- [8] ISO Management Systems, «El Imapcto ISO 14000,» *Revista Inteernacional de las Normas ISO 9000 e ISO 14000*, vol. 1, nº 2, 2002.
- [9] D. Pasquevich, «Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias,» 2012. [En línea]. Available: [https://www.facebook.com/l.php?u=http%3A%2F%2Faargentinapciencias.org%2Findex.php%3Foption%3Dcom\\_content%26task%3Dview%26id%3D1463%26itemid%3D102&h=KAQEWd3JT](https://www.facebook.com/l.php?u=http%3A%2F%2Faargentinapciencias.org%2Findex.php%3Foption%3Dcom_content%26task%3Dview%26id%3D1463%26itemid%3D102&h=KAQEWd3JT). [Último acceso: 2 Febrero 2014].

- [10] X. Labandeira, p. Linares y L. Würzburg, «Economics for Energy,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.eforenergy.org/docpublicaciones/documentos-de-trabajo/WP06-2012.pdf>. [Último acceso: 2 Febrero 2014].
- [11] Universidad de Antioquia, «Ciclo PHVA,» [En línea]. Available: <http://guajiros.udea.edu.co/fnsp/cvsp/Practica%20procesos/Metodologias%20procesos/>. [Último acceso: 1 Marzo 2014].
- [12] Secretaria Central International Organization for Standardization ISO, «ISO,» 2011. [En línea]. Available: [http://www.iso.org/iso/iso\\_50001\\_energy-es.pdf](http://www.iso.org/iso/iso_50001_energy-es.pdf). [Último acceso: 4 Febrero 2014].
- [13] International Organization for Standardization, *Sistemas de Gestión de la Energía ISO 50001*, Bogotá, 2012.
- [14] H. Orjuela, «Censo o aforo de carga,» [En línea]. Available: <http://www.tecun.com/emdt/101104/RinconTecnico.pdf>. [Último acceso: 10 Marzo 2014].
- [15] Efficiency Valuation Organization (EVO), «Efficiency Valuation Organization,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.evo-world.org/index.php?lang=es>. [Último acceso: 10 Marzo 2014].
- [16] Schneider Electric, «Guia práctica de Eficiencia Energética,» [En línea]. Available: [http://issuu.com/schneiderelectric.es/docs/600508\\_j09](http://issuu.com/schneiderelectric.es/docs/600508_j09). [Último acceso: 10 Marzo 2014].
- [17] Ministerio de Economía y Competitividad de España, «Invest in Spain,» [En línea]. Available: <http://www.investinspain.org/invest/wcm/idc/groups/public/documents/documento/mda0/mzi4/~edisp/4328723.pdf>. [Último acceso: 20 Marzo 2014].
- [18] Dirección General de Industria, Energía y Minas, «Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid,» 2007. [En línea]. Available: <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-ahorro-y-eficiencia-energetica-en-oficinas-y-despachos-fenercom.pdf>. [Último acceso: 20 Marzo 2014].
- [19] World Wildlife for Nature (WWF) España, «World Wildlife for Nature,» 2008. [En línea]. Available: [http://www.officinaseficientes.es/docs/guia\\_OFF.pdf](http://www.officinaseficientes.es/docs/guia_OFF.pdf). [Último acceso: 13 Enero 2014].

- [20] Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda, «Conafovi,» 2006. [En línea]. Available: [http://www.cmic.org/mnsectores/vivienda/2009/Biblioteca/CONAVI/Guia\\_uso\\_eficiente\\_de\\_la\\_energia.pdf](http://www.cmic.org/mnsectores/vivienda/2009/Biblioteca/CONAVI/Guia_uso_eficiente_de_la_energia.pdf). [Último acceso: 18 Enero 2014].
- [21] L. Honojosa Castillo y J. L. Olguín Marschhausen, «Plataforma Arquitectura,» [En línea]. Available: <http://www.plataformaarquitectura.cl/2013/06/05/guia-de-eficiencia-energetica-para-establecimientos-educacionales-achee-regalamos-4-copias/>. [Último acceso: 1 Febrero 2014].
- [22] Ministerio de Minas y Energía. Republica de Colombia, «Ministerio de Minas y Energía,» 2010. [En línea]. Available: [http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/ENERGIA/URE/Informe\\_Final\\_Consultoria\\_Plan\\_de\\_accion\\_Proure.pdf](http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/ENERGIA/URE/Informe_Final_Consultoria_Plan_de_accion_Proure.pdf). [Último acceso: 2 Febrero 2014].
- [23] Unidad de Planeación Minero Energética, «Unidad de Planeación Minero Energética,» 2001. [En línea]. Available: <http://www1.upme.gov.co/>. [Último acceso: 3 Enero 2014].
- [24] Unidad de Planeación Minero Energética, «Unidad de Planeación Minero Energética,» 2008. [En línea]. Available: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Guia/Guia.pdf>. [Último acceso: 3 Enero 2014].
- [25] L. F. Millán Castaño, «Universidad Autónoma de Occidente,» 2013. [En línea]. Available: <http://bdigital.uao.edu.co/bitstream/10614/5323/1/TBM01706.pdf>. [Último acceso: 4 Enero 2014].
- [26] I. W. León, Interviewee, *Eficiencia Energética Compañía Energética de Occidente*. [Entrevista]. 3 Febreo 2013.
- [27] A. Muñoz, Interviewee, *Oficina de Planeación Institucional Universidad del Cauca*. [Entrevista]. 6 Septiembre 2013.
- [28] U. d. Cauca, «Universidad del Cauca,» [En línea]. Available: <http://portal.unicauca.edu.co/versionP/search/node/planta%20fisica>. [Último acceso: 2 Septiembre 2013].
- [29] L. X. Aguilar, Interviewee, *Empresa Municipal de Energía Electrica S.A.*. [Entrevista]. 23 Septiembre 2013.

- [30] L. A. Castillo, Interviewee, *Área de Servicios Universidad del Cauca*. [Entrevista]. 23 Septiembre 2013.
- [31] W. León, *Plan de Eficiencia Energética para la Compañía Energética de Occidente*, Popayán, 2013.
- [32] Secretaría del Medio Ambiente, «Informe de residuos de lámparas fluorescentes,» Mexico D.F, 2002.
- [33] C. Mayr, Dirección, *La mentira de las bombillas de bajo consumo*. [Película]. España.
- [34] Monolitic, «Monolitic,» [En línea]. Available: [http://electromain.com/documentos/Expositores-Rev\\_02\\_11.pdf](http://electromain.com/documentos/Expositores-Rev_02_11.pdf). [Último acceso: 2 Abril 2014].
- [35] TAO Iluminación , «TAO Iluminación arquitectura diseño,» [En línea]. Available: <http://www.taoiluminacion.com/Ficheros/descripciones.pdf>. [Último acceso: 24 Abril 2014].
- [36] Unidad de Planeación Minero Energética , «Unidad de Planeación Minero Energética,» 2007. [En línea]. Available: [http://www.upme.gov.co/Docs/Alumbrado\\_Edificaciones.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Alumbrado_Edificaciones.pdf). [Último acceso: 12 Marzo 2014].
- [37] Área de Calidad y Mejoramiento Continuo, «Agencia Precidencial para la Acción Social y Cooperación Internacional,» 2007. [En línea]. Available: [http://www.dps.gov.co/documentos/3811\\_GUIA\\_AMBIENTAL\\_DE\\_BUENA\\_S\\_PRACTICAS.pdf](http://www.dps.gov.co/documentos/3811_GUIA_AMBIENTAL_DE_BUENA_S_PRACTICAS.pdf). [Último acceso: 27 Abril 2014].
- [38] Secretaría del Medio Ambiente, [En línea]. Available: [www.ssma.df.gov.mx/saa/images/descargas/documentos\\_consulta/guia\\_ahorro\\_energia.pdf](http://www.ssma.df.gov.mx/saa/images/descargas/documentos_consulta/guia_ahorro_energia.pdf). [Último acceso: 8 Mayo 2014].