UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Criterios para la realización de una Auditoría Energética en usuarios Oficiales, Comerciales Y Residenciales de Colombia

Autor:
Juan Carlos López Cardona

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Manizales, Colombia
2017

Criterios para la realización de una Auditoría Energética en usuarios Oficiales, Comerciales Y Residenciales de Colombia

Autor:
Juan Carlos López Cardona

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Ingeniería – Ingeniería Eléctrica

Directora:
Ph.D. Sandra Ximena Carvajal Quintero

Línea de Profundización:
Eficiencia Energética

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Manizales, Colombia
2017

Aprobada por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura,
en cumplimiento de los requisitos exigidos para otorgar el
título de:
Magister en Ingeniería – Ingeniería Eléctrica

Sandra Ximena Carvajal Quintero. Ph. D.
Directora de Tesis

César Arango Lemoine. M.Sc
Jurado

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Manizales, Colombia
2017

Dedicatoria

A Dios por su permanente presencia en cada paso de mi camino. Por iluminarme a cada instante y permitirme sacar adelante este logro.

A mi hermosa madre y a mi preciosa abuela, las cuales me han acompañado desde siempre con su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y su mágico amor.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Colombia, mi segundo hogar desde el año 2007 y en especial a la docente Ph.D Sandra Ximena Carvajal Quintero quien durante este largo y por momentos difícil proceso fue mi tutora y directora de posgrado. Agradecerle por todo el conocimiento impartido, por la dedicación y la entrega para con sus estudiantes, por haber creído en mí en esos momentos cuando las cosas se pusieron complicadas en mi vida, gracias por no haberme dejado bajar los brazos y seguir adelante con este proyecto de vida.

Al Semillero de Redes Inteligentes y a todos los estudiantes que han pasado por él, ya que han aportado de cierto modo a conseguir este logro.
Al grupo de investigación E3P y a todos sus miembros, en especial al Ingeniero Juan David Marín Jiménez, el cual siempre presto a aportar con sus conocimientos y experiencia fue de gran ayuda en este proceso. A la Ingeniera Daniela Valencia López con quien empecé este camino y que se me adelantó para llegar a la meta, agradecerle siempre su motivación ya que además de compartir aulas con ella, tuve el maravilloso privilegio de tenerla como compañera de trabajo.

Agradecerle a Dios nuevamente por hacer su obra en mí cada día y por haber puesto en mi camino al ser más perfecto que jamás he conocido, mi madre. Gracias mamita por haberme llevado de la mano hasta acá, hasta esta meta que es una más de todas las que tenemos planeadas alcanzar. Por tus consejos, tu compañía, tu comprensión. Gracias por nunca dejarme solo. Además de agradecerte, también te felicito porque más que mío este logro es tuyo.

Finalmente agradecer a mi familia de la selección de fútbol de la universidad a la cual pertenezco desde que ingresé a esta alma mater. A nuestro técnico el profesor José Hernán García Marín el cual más que un entrador ha sido y será siempre como un padre para mí. Gracias por toda la sabiduría que durante tantos años, sin egoísmo alguno ha compartido con cada uno de nosotros.

Juan Carlos López Cardona

Resumen

La tesis comienza presentando una revisión general del estado del arte de las auditorías energéticas en términos de los Sistemas de Gestión de Energía con base en lo establecido en la Norma NTC ISO 50001. Se exponen los tipos de auditoría, las características más sobresalientes, beneficios de su aplicación y desafíos en la implementación. Posteriormente se exponen algunos procesos metodológicos para la realización de auditorías energéticas según el tipo de sector en el que se aplique, con base en criterios técnicos y normativos para optimizar los resultados del estudio. Finalmente se presenta el análisis del estudio de caso el cual fue una auditoría energética llevada a cabo a una edificación donde opera una entidad del sector público; el análisis, contempla las tres etapas de desarrollo: etapa previa, de ejecución, análisis y cierre.

Palabras clave: auditoría energética, sistemas de gestión energética (SGE), NTC ISO50001, eficiencia energética.

Criteria for conducting an Energy Audit on Official, Commercial and Residential users of Colombia

Abstract

Thesis begins by presenting a general review of the state of the art of energy audits in terms of the Energy Management Systems based on the established in the Standard NTC ISO 50001. The types of audit, the most outstanding characteristics, benefits of its implementation and implementation challenges. Subsequently, some methodological processes are presented for the performance of energy audits according to the type of sector in which it is applied, based on technical and normative criteria to optimize the results of the study. Finally the analysis of the case study is presented which an energy audit was carried out to a building where a public sector entity operates; the analysis, contemplates the three stages of development: previous stage, of execution, analysis and closure.

Key words: energy audit, energy management systems (EMS), NTC ISO50001, energy efficiency.

Contenido

Dedicatoria ..... **VII**

Agradecimientos ..... **IX**

Resumen ..... **XI**

Abstract ..... **XII**

1. Introducción **19**

1.1 Identificación del Problema **25**

1.2 Objetivos del trabajo **27**
1.2.1 Objetivo General: 27
1.2.2 Objetivos Específicos: 27

1.3 Estructura del documento **28**

2 Marco Teórico **29**

2.1 Antecedentes **29**

2.2 Sistemas de Gestión Energética (SGE). Norma ISO 50001 ..... **31**

2.3 Auditorías Energéticas. Norma ISO 50002 ..... **34**
2.3.1 Clasificación de las auditorías energéticas 36
2.3.2 Beneficios de las auditorías energéticas 38
2.3.3 Barreras para la realización de auditorías energéticas 39
2.3.4 Características de las auditorías energéticas 39
2.3.5 Equipos a utilizar en las auditorías energéticas 40
2.3.6 Aspectos de diseño eléctrico en las auditorías energéticas 44

3 Criterios para la realización de Auditorías Energéticas en Colombia. **46**

3.1 Introducción **46**

3.2 Paso 1: Identificación del Tipo de Usuario y del Subsector. **47**
3.2.1 Usuario Industrial 48
3.2.2 Usuario Oficial o Público 48
3.2.3 Usuario Comercial 49
3.2.4 Usuario Residencial 50

3.3 Paso 2: Clasificación de la Necesidad del Usuario Final **51**
3.3.1 Consideraciones para el sector industrial 51
3.3.2 Consideraciones para el sector oficial 52

3.3.3 Consideraciones para el sector comercial 53
3.3.4 Consideraciones para el sector residencial 54

3.4 Paso 3: Aplicación del proceso metodológico 55
3.4.1 Criterios Sector Industrial 55
3.4.2 Criterios Sector Comercial 57
3.4.3 Criterios Sector Oficial o Público 70
3.4.4 Criterios Sector Residencial 88

4 Estudio de Caso – Auditoría energética sector oficial o público. 94

4.1 Etapa previa 94
4.1.1 Contratación pública 94
4.1.2 Identificación de la necesidad del usuario final 95
4.1.3 Selección y conformación del equipo de trabajo 95
4.1.4 Cronograma de actividades 96

4.2 Etapa de ejecución 96
4.2.1 Contacto inicial con el contratante 96
4.2.2 Encuesta energética a usuarios y directivas 97
4.2.3 Solicitud de información (planimetría y diagramas unifilares) 97
4.2.4 Visita técnica en sitio 98
4.2.5 Medición y captura de datos 107

4.3 Etapa de análisis y cierre del estudio 114
4.3.1 Análisis estadístico de la información (Línea base) 114
4.3.2 Línea Base 116
4.3.3 Estudio económico para la implementación de mejoras. 122
4.3.4 Elaboración y presentación de informe 125

5 Conclusiones, Recomendaciones y Trabajos Futuros 126

5.1 Conclusiones 126

5.2 Recomendaciones 128

5.3 Trabajos Futuros 128

6 Referencias 129

7 ANEXO A: Formatos de levantamiento de información en proceso de auditoría energética. 131

8 ANEXO B: Ejemplo para la presentación de informe de auditoría energética . 140

9 ANEXO C: Ficha técnica analizador de redes y certificado de calibración. 142

10 ANEXO D: Datos de consumo para línea base. 146

Lista de figuras

		Pág.
Figura 1.	Panorama del observatorio mundial de estudios energéticos….	19
Figura 2.	Esquema de un SGE……..	21
Figura 3.	Participación por tipo de generación……	22
Figura 4.	Línea de tiempo avances en eficiencia energética……	30
Figura 5.	Proceso de auditoría energética dentro de un SGE…….	35
Figura 6.	Analizador de redes tipo portátil marca Fluke……	40
Figura 7.	Analizador de redes tipo fijo marca Lovato…….	40
Figura 8.	Multímetro digital marca Fluke……..	41
Figura 9.	Multímetro y pinza marca Megger……	41
Figura 10.	Analizador de gases de combustión marca Kimo…….	42
Figura 11.	Analizador de gases de combustión marca E-instruments……..	42
Figura 12.	Termohigrómetro marca Fluke……..	43
Figura 13.	Fluxómetro marca Fluke…….....	43
Figura 14.	Anemómetro marca Fluke…….	43
Figura 15.	Cámara termográfica marca Fluke……...	43
Figura 16	Manómetro diferencial marca Fluke…….	44
Figura 17.	Usos de la energía eléctrica……..	47
Figura 18.	Reseña histórica legislación energética en Colombia……..	52
Figura 19.	Diagrama de flujo inicio de auditoría energética en la industria..	55
Figura 20.	Diagrama de flujo inicio de auditoría energética en usuario comercial……	57
Figura 21.	Diagrama de flujo diagnóstico energético en usuario comercial.	59
Figura 22.	Diagrama de flujo auditoría energética básica en usuario comercial…….	62
Figura 23.	Diagrama de flujo auditoría energética dinámica y continua en usuario comercial……	66
Figura 24.	Diagrama de flujo inicio de auditoría energética en usuario oficial…….	71
Figura 25.	Diagrama de flujo auditoría energética básica en institución educativa colegio o escuela……..	72
Figura 26.	Diagrama de flujo auditoría energética dinámica y continua en universidades……	79
Figura 27.	Diagrama de flujo auditoría energética básica en edificaciones gubernamentales…….	83
Figura 28.	Diagrama de flujo inicio de auditoría energética en usuario residencial…….	89
Figura 29	Diagrama de flujo auditoría energética básica en edificios residenciales…….	90
Figura 30.	Celda de transformador de 500kVA…….	100
Figura 31.	Transformador de 500 kVA……	100
Figura 32.	Barrajes sin protección ni aislamiento……..	101
Figura 33.	Totalizador en baja tensión……	102
Figura 34.	Protecciones principales…….	102
Figura 35.	Tableros de distribución sin identificación, cerrados y sin posibilidad de fácil acceso…….....	103
Figura 36.	Tableros de distribución sin identificación……...	103

Figura 37. Luminaria 30x120 cm…….. 104
Figura 38. Luminaria de 60x60 cm…….. 104
Figura 39. Luminaria tipo bala…….. 104
Figura 40. Reflector minitempo…… 104
Figura 41. Renders en 3D. Rediseño luminotécnico de oficinas torre 1…… 105
Figura 42. Renders en 3D. Rediseño luminotécnico de oficinas torre 3…… 106
Figura 43. Transferencia automática……... 107
Figura 44. Analizador de redes DMG 800 sin ensamblar…… 108
Figura 45. Analizador de redes DMG 800 ensamblado……... 108
Figura 46. Elementos de protección personal para trabajo eléctrico……. 109
Figura 47. Secuencímetro…… 111
Figura 48. Balance de fases tablero de iluminación estudio de caso……... 115
Figura 49. Comportamiento de consumo unidades de calefacción…… 116
Figura 50. Primer gráfico de línea base…….. 118
Figura 51. Segundo gráfico línea base……... 119
Figura 52. Gráfico final línea base……... 120
Figura 53. Gráfico línea base metodología del promedio…… 121
Figura 54. Terrazas edificaciones para instalación de paneles solares…… 124

Lista de tablas

		Pág.
Tabla 1.	Demanda de energía por sectores……..	23
Tabla 2.	Principales gases nocivos causados por el consumo de energía……..	26
Tabla 3.	Descripción del PHVA……	32
Tabla 4.	Comparación tipos de auditorías energéticas……	37
Tabla 5.	Explicación ítem del proceso diagnóstico energético en usuario comercial……...	60
Tabla 6.	Explicación ítem del proceso auditoría energética básica en usuario comercial……	63
Tabla 7.	Explicación ítems del proceso auditoría energética dinámica y continua en usuario comercial……..	67
Tabla 8.	Explicación ítems del proceso auditoría energética básica en institución educativa……	73
Tabla 9.	Explicación ítems del proceso auditoría energética básica en universidades……..	75
Tabla 10.	Explicación ítems del proceso auditoría energética dinámica y continua en universidades…….	80
Tabla 11.	Explicación ítems del proceso auditoría energética básica en edificaciones gubernamentales…….	84
Tabla 12.	Explicación ítems del proceso auditoría energética básica en edificios residenciales…….	91
Tabla 13.	Características generales de la edificación del estudio de caso.	97
Tabla 14.	Salidas de iluminación edificaciones del estudio de caso……	104
Tabla 15.	Indicadores de temperatura zona edificación estudio de caso…	115
Tabla 16.	Estudio económico modernización sistema de iluminación…….	123
Tabla 17.	Estudio económico modernización sistema de refrigeración…..	123
Tabla 18.	Estudio económico implementación de paneles solares……..	124
Tabla 19.	Propuestas de mejora al sistema eléctrico de la edificación estudio de caso……	124

1. Introducción

Los estudios sobre eficiencia energética y temas que están directamente relacionados con ésta, han sido catalogados por el Consejo Mundial de Energía WEC (Por sus siglas en inglés World Energy Council), como temas de alto impacto mundial (ver Figura 1), que deben ser profundizados por la necesidad latente del planeta de reducir la explotación de los recursos naturales no renovables y reducir el impacto ambiental existente.

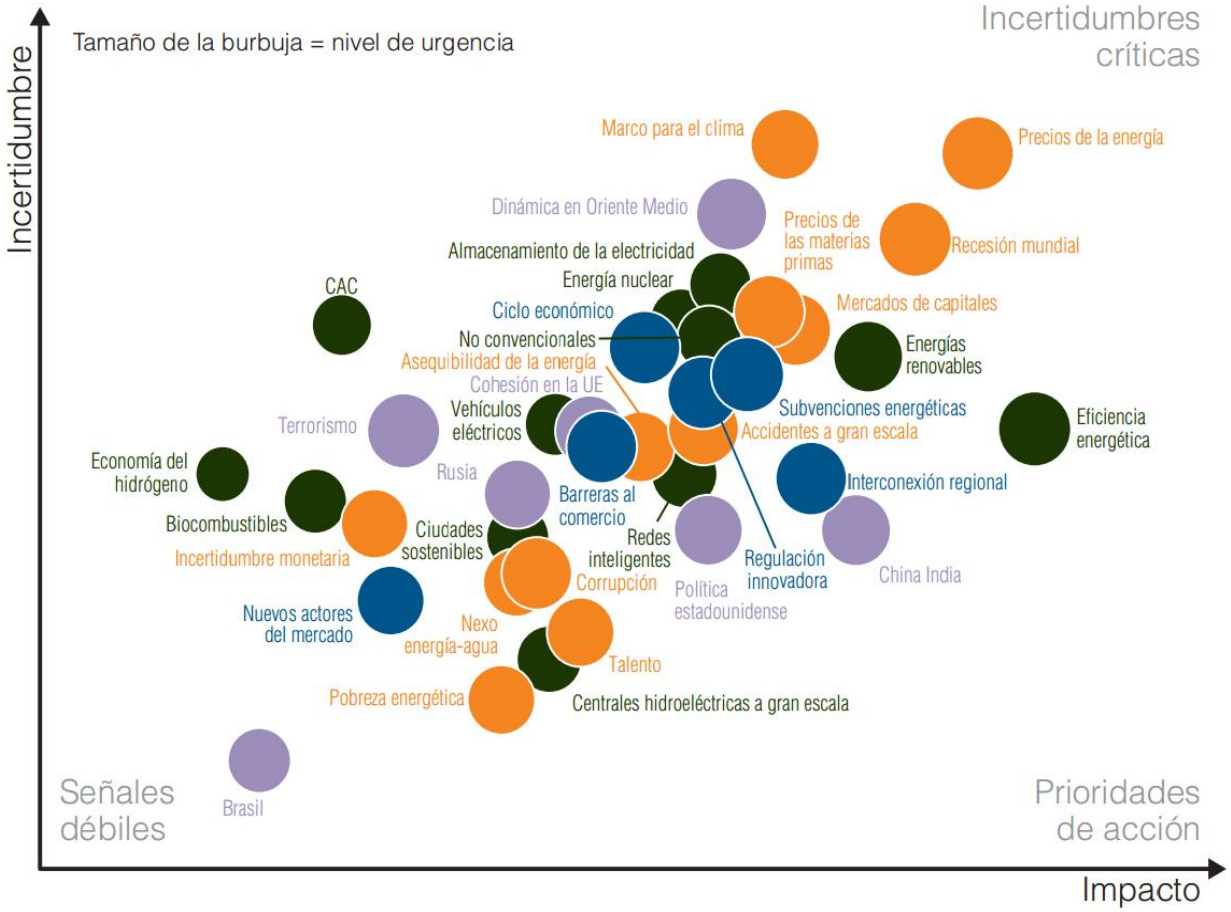

Figura 1. Panorama del Observatorio mundial de estudios energéticos. Fuente: (Consejo Mundial de la Energía, 2015)

En la Figura 1, se puede observar en color verde las esferas que están relacionadas con temas energéticos. Además de la eficiencia se encuentran las

investigaciones sobre biocombustibles, la creación de ciudades sostenibles y la promoción del uso de energías renovables no convencionales.

Las auditorías energéticas son un instrumento fundamental para introducir el concepto de eficiencia energética en un sector determinado (Emgesa-Endesa, 2014). Se pueden considerar como una herramienta útil a la hora de evaluar las condiciones de confiabilidad, calidad, seguridad y eficiencia de una instalación eléctrica particular.

Debido a diferentes propuestas que han surgido, específicamente desde el sector ambiental mundial, de reducir las emisiones de dióxido de carbono a la atmosfera y disminuir el consumo de energía eléctrica proveniente de fuentes convencionales (hidroeléctrica y térmica), y así promover el uso de energías alternativas (solar, eólica, biomasa, entre otras), en el último quinquenio se ha fortalecido la iniciativa de Sistemas de Gestión Energética (SGE) los cuales están directamente relacionados con las auditorías energéticas. En los SGE, las auditorías energéticas desempeñan un papel fundamental para desarrollar un conocimiento del consumo energético y así poder identificar los factores que influyen directamente en dicho consumo, para proponer alternativas de ahorro según el alcance que tengan los consumidores lo cual se encuentra directamente ligado a la viabilidad técnica y económica de las implementaciones.

La Figura 2 muestra el diagrama de flujo típico de un SGE, en donde se identifica que desde la etapa de verificación se configura la auditoría energética.

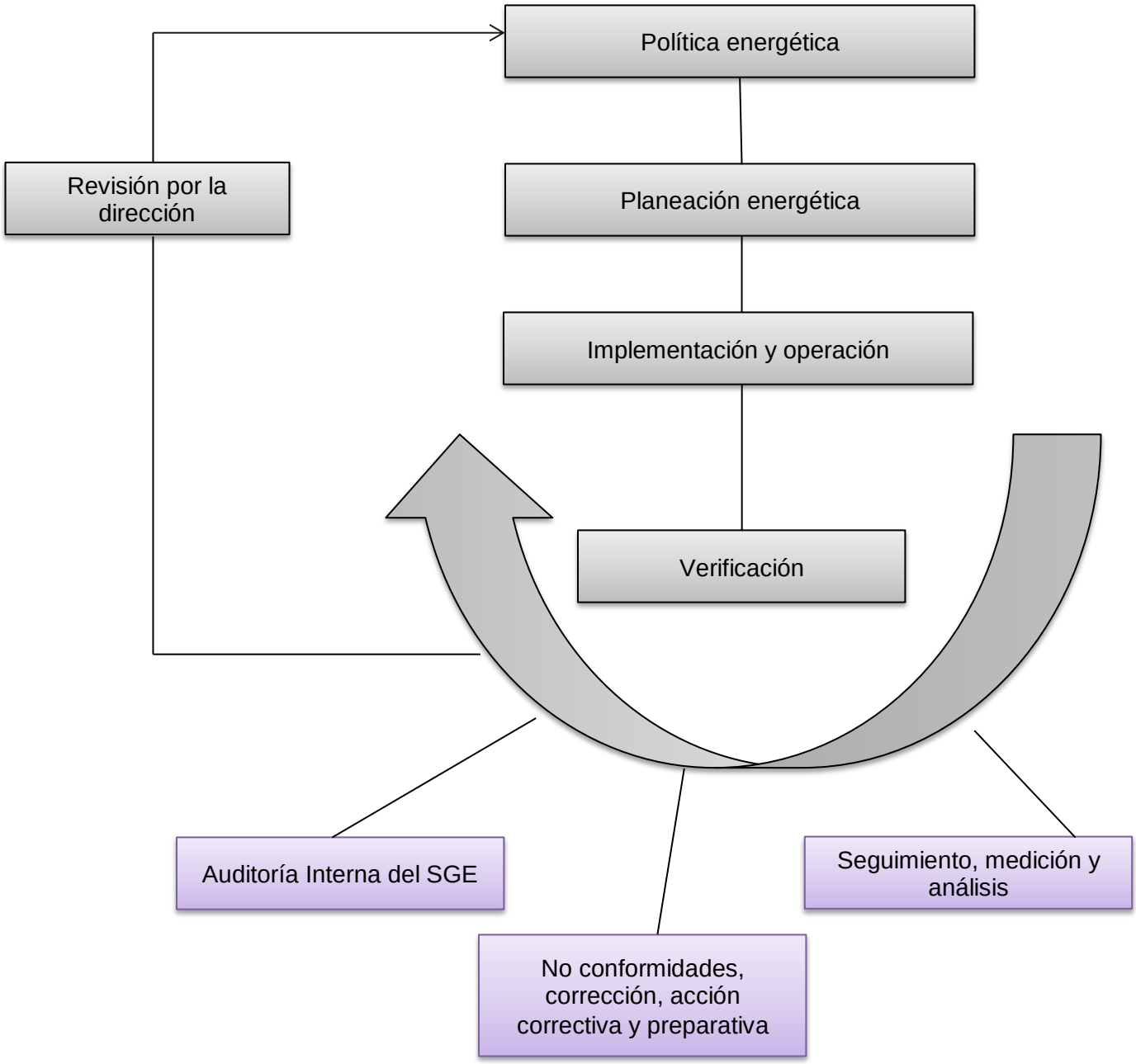

Figura 2. Esquema de un SGE. Fuente: (ISO, 2011)

Si bien los SGE y las auditorías energéticas se aplican en el último eslabón de la cadena de valor de la energía eléctrica (usuario final), la eficiencia energética y la sostenibilidad se deben evaluar desde el primer eslabón el cual es la generación de dicha energía. De esta manera se asegura que la aplicación del concepto de eficiencia, no estará enfocado únicamente al consumidor sino que también los demás agentes de la cadena de suministro estarán involucrados con la iniciativa.

En Colombia, la generación de energía eléctrica sigue siendo en su mayoría proveniente de centrales hidroeléctricas 69.7%, la energía que proviene de combustibles fósiles y gas natural ocupa alrededor del 19%, la utilización de combustibles líquidos ha aumentado en referencia a años anteriores ocupando el 10.4% y el aporte al total de generación por medio de fuentes no convencionales (energías renovables) es aún mínimo. Ver Figura 3.

En pro del uso racional y eficiente de la energía, algunos países del mundo como Alemania y España, referentes europeos y Costa Rica como referente latino, han encaminado esfuerzos y recursos para disminuir la generación por fuentes convencionales y promover la generación distribuida. En Colombia hay gran potencialidad para la generación por medio de fuentes no convencionales y se debe trabajar fuertemente hacia este objetivo.

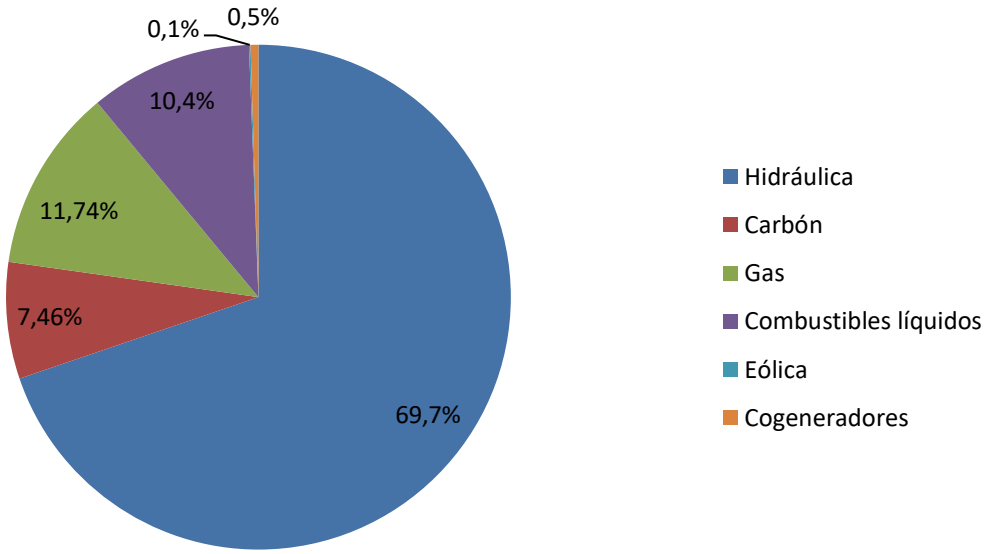

Figura 3. Participación por tipo de generación. Fuente: (UPME & XM, 2016)

En cuanto a consumo se refiere, en 2016 el país tuvo un decrecimiento en la demanda después que en 2014 alcanzó el mayor crecimiento de la década (UPME & XM, 2017). La tabla 1 muestra la demanda de energía por sectores económicos.

Tabla 1. Demanda de energía por sectores. Fuente: (UPME & XM, 2017)

SECTOR	DEMANDA (GWH)	PARTICIPACIÓN
Regulado	46,426	69%
No Regulado	20,858	31%
Industrias manufactureras	9348.1	43.5%
Explotación de minas y canteras	4682.6	23.7%
Servicios sociales, comunales y personales	1711.5	8%
Comercio, restaurantes y hoteles	1363.7	6.7%
Electricidad, gas de ciudad y agua	435.6	1.8%
Transporte y comunicaciones	363.8	2%
Agropecuario	596.4	2.9%
Financiero y empresarial	1081.9	5.3%
Construcción	1274.4	6%

En el año 2016 entró en aplicación la Resolución CREG 029 de 2016 mediante la cual se define un esquema tarifario diferencial aplicativo en usuarios regulados para promover el ahorro voluntario, hecho que se vio reflejado en una reducción del 0.2% en comparación a la demanda del año 2015.

Por todo lo dicho en los párrafos anteriores, y buscando comulgar con los intereses del sector energético a nivel mundial, Colombia ha querido promover la eficiencia energética mediante la implementación de SGE en los diferentes niveles de consumo, tales como el industrial, comercial, público y residencial, por medio de iniciativas como el PROURE (Programa para el Uso Racional y Eficiente de la Energía), la expedición de leyes como la 1715 llamada la Ley de energías renovables, la Resolución CREG 029 de 2016, entre otros.
Dichos SGE, están compuestos por diferentes etapas de ejecución en donde la regulación técnica y la normatividad de calidad y eficiencia resultan fundamentales y se ven aplicados en las auditorías energéticas.

En este trabajo se plantean unos criterios a tener en cuenta para la ejecución de auditorías energéticas según el tipo de sector que se interviene.
La ejecución de auditorías energéticas y la implementación de las propuestas que derivan de su realización, deben complementarse con formación, capacitación, concientización y entrenamiento del personal que interactúa a diario con los sistemas energéticos para que en realidad se cumpla el objetivo fundamental de la auditoría y del SGE y no quede solo como un estudio realizado que con el tiempo perderá su aplicabilidad y trasfondo.

En consecuencia, resulta de gran importancia para la academia y los usuarios finales analizar las posibilidades que ofrecen las metodologías aplicadas actualmente para la ejecución de auditorías energéticas en Colombia y evaluar el impacto que traería para dichos usuarios la consideración de los criterios que se proponen mediante este trabajo con el fin de lograr un mayor soporte a los SGE y con el objetivo principal de avanzar hacia un país cada vez más sostenible.

1.1 Identificación del Problema

Una auditoria energética permite identificar todos los componentes que afectan el desempeño de una instalación eléctrica determinada con el fin de presentar los impactos técnicos, económicos y ambientales (Sanz-calcedo, Cuadros, & López, 2011), ya que evalúa de forma detallada las características de los elementos que componen dicha instalación.

Se ha podido identificar que existe un problema si en todas las auditorías energéticas se toma como base el mismo modelo de ejecución, ya que los puntos de consumo y posibles focos de ahorro varían según el tipo de usuario.

En Colombia, existen normatividades como el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP, Código Eléctrico Colombiano NTC2050 y el Reglamento Técnico de Etiquetado RETIQ, que dictan los lineamientos sobre los cuales se deben diseñar, construir y operar las redes eléctricas para todos los niveles de tensión.
Teniendo en cuenta que muchas de las edificaciones del país fueron construidas antes de la expedición de las normas anteriormente mencionadas y por ende fueron diseñadas y ejecutadas bajo otro tipo de consideraciones, la realización de auditorías energéticas resulta de mucha utilidad para identificar las falencias desde el aspecto técnico y normativo, procesos que desencadenen en propuestas para la normalización de las instalaciones con el fin de que éstas no impacten de forma negativa a las redes de distribución locales, se disminuya el consumo de energía y se promuevan planes de ahorro.

El aspecto económico que permite mostrar una auditoría energética, radica básicamente en encontrar características de consumo que se puedan mejorar y se reflejen en ahorro energético, lo cual inevitablemente disminuirá el costo que se paga a los comercializadores por la energía eléctrica. De igual manera, cuando la auditoría energética se direcciona al sector industrial, permitirá determinar los costos de producción y cómo los planes de ahorro energético que se propongan, pueden llegar a disminuir dichos costos.

Las auditorías energéticas sirven para encontrar focos de ahorro energético y también permiten determinar los pilares para analizar la viabilidad técnica y económica para implementar fuentes de energía no convencionales, lo cual en el aspecto ambiental significaría la no construcción de grandes centrales hidroeléctricas afectando flora y fauna y de centrales térmicas las cuales con el uso de combustibles fósiles tienen un alto nivel contaminante. Todo en su conjunto se puede lograr gracias a los SGE.

El uso racional y eficiente de la energía eléctrica permite reducir las emisiones de gases nocivos a la atmósfera (Ver tabla 2), particularmente el dióxido de carbono que es el principal responsable del efecto invernadero y por ende es necesario realizar esfuerzos para evitar su producción.

Tabla 2. Principales gases causados por consumo de energía. Fuente propia.

GAS	ORIGEN	EFECTOS
Dióxido de Carbono (CO_2)	Se origina en las reacciones de combustión	Participa del efecto invernadero al captar la radiación infrarroja que la tierra emite hacia el espacio.
Monóxido de Carbono (CO)	Se produce en la combustión incompleta de la mezcla combustible-aire	Altamente tóxico para los seres humanos.
Óxido de Nitrógeno (NO_X)	Resulta de las reacciones a alta temperatura entre el nitrógeno y el oxígeno presentes en el aire, en los procesos de combustión.	Lluvia ácida: alteraciones de ecosistemas forestales y acuáticos. Efectos en la salud humana.
Dióxido de Azufre (SO_2)	Se origina en la combustión de los combustibles fósiles debido a que estos contienes azufre.	Lluvia ácida, enfermedades en seres humanos.
Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)	Gases de escape originados por una deficiente combustión o la evaporación del carburante.	Efectos cancerígenos, alergias e irritaciones.
Partículas y humo	Se emite por la mala combustión de los carburantes (sobre todo en motores diésel)	Suciedad ambiental, afectan vías respiratorias.

Como se puede observar en la segunda columna de la Tabla 2, se muestra el origen de los gases nocivos para la atmosfera y se puede identificar que muchos de esos procesos se llevan a cabo en las industrias y en otros usuarios que tienen procesos de combustión, lo cual evidencia la necesidad de evaluar esta condición a la hora de efectuar las auditorías energéticas.

Para conseguir todos los objetivos mencionados en los que se puede direccionar una auditoría energética enmarcada en un SGE, resulta fundamental aplicar los criterios adecuados según el tipo de sector.

1.2 Objetivos del trabajo

1.2.1 Objetivo General:

Establecer criterios prácticos para la ejecución de auditorías energéticas en el sector público, comercial y residencia de Colombia, con la finalidad de realizar la normalización técnica de las instalaciones eléctricas y proponer medidas de ahorro en cuanto a los consumos, en el marco de los principios de un Sistema de Gestión Energético.

1.2.2 Objetivos Específicos:

- Analizar el comportamiento típico del consumo de electricidad en instalaciones eléctricas de instituciones públicas y comerciales que se encuentran sometidos a procesos de gestión energética.

- Identificar mediante un caso de estudio, aspectos débiles de una instalación eléctrica determinada, mediante la cual se puedan hacer recomendaciones de mejora técnica y reducción de consumo de energía.

- Validar los criterios propuestos para identificar la conveniencia de ejecutar procesos metodológicos diferenciados para la realización de auditorías energéticas en los sectores oficial, comercial y residencial de Colombia.

1.3 Estructura del documento

En la primera parte de este documento se ha presentado de forma general la idea sobre la cual se ha planteado todo el desarrollo de la tesis. De igual manera se ha planteado el problema y se han establecido los objetivos a alcanzar. Seguidamente se encuentra el desarrollo del marco teórico con el fin de contextualizar el objetivo central de la tesis mediante unos antecedentes significativos y el estado del arte en términos de sistemas de gestión energética.
Posteriormente se ha establecido el alcance del trabajo, se han formulado algunas hipótesis y se ha trabajado en el diseño de un proceso investigativo y práctico que conlleve a la solución del problema.
Se presenta el estudio de caso, el cual consiste en una auditoría energética realizada a una institución del sector público.
Finalmente se reporta la investigación, se exponen las conclusiones, recomendaciones y una serie de trabajos futuros resultantes de la tesis.
En los anexos del documento se presenta de manera ampliada algunos puntos que se consideran importantes.

2 Marco Teórico

En este capítulo se presentarán una serie de conceptos que resultan claves para el entendimiento del desarrollo final de la tesis.
Los antecedentes permiten contextualizar la importancia del tema de eficiencia energética en el tiempo, cómo surgió y ha ido evolucionando el concepto de sistema de gestión energética para finalmente desencadenar en el tema principal que son las auditorías energéticas.

2.1 Antecedentes

Desde los inicios de la década de los setenta, comenzaron a surgir en el mundo algunos cuestionamientos al modelo energético tradicional, el cual, en ese entonces, estaba basado en la explotación de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica y la construcción de grandes centrales (hidroeléctricas y térmicas), alejadas de los centros de consumo y cuya construcción implica impactos al medio ambiente.
Producto de estos cuestionamientos, a finales de la década de los setenta, se habla por primera vez de conservación de la energía y de eficiencia energética. (Macías & Navarro, 2010)

En la década de los ochenta, se pone por primera vez en evidencia el impacto ambiental de los edificios y se descubrió que no solo eran perjudiciales para el medio ambiente, sino también para las personas que trabajaban al interior de éstos, debido a las malas prácticas en el empleo de la energía causando un deterioro a la calidad del aire, lo cual desencadenaba enfermedades a los empleados y a este hecho se le denominó el "*síndrome del edificio enfermo"*. (Macías & Navarro, 2010)

Pero no fue sino hasta diciembre de 1997, cuando todos los hallazgos y las protestas se vieron materializados en un compromiso formal por parte de los países del mundo y fue por medio del Protocolo de Kyoto donde se formalizó un compromiso mundial para el cuidado del medio ambiente, adopción de medidas para la reducción de emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera y la obligación a los países de reglamentar, regular y legislar sobre el impacto ambiental producido por el uso de la energía. (Almer & Winkler, 2017)

El Parlamento Europeo y el Concejo de la Unión Europea, han llevado la batuta en reglamentación para promover el uso racional y eficiente de la energía eléctrica lo cual se ha visto plasmado en diferentes Directivas y Decisiones como las que se citan a continuación:

- En diciembre de 2002 se expide la Directiva 2002/91/CE en la cual se fomenta la mejora de las nuevas instalaciones residenciales e institucionales para la optimización del rendimiento energético.
- En abril de 2009 se expide la Decisión 406/2009 donde se proponen algunos incentivos por parte del Parlamento Europeo con el fin de motivar la aplicación del Protocolo de Kyoto de 1997 establecido formalmente en 2005 para cumplir los compromisos y metas con visión a 2020.
- En mayo de 2010, se expide la Directiva 2010/31/UE la cual complementa la Decisión del 2009 extendiendo la propuesta al sector industrial.

A continuación, la Figura 4 presenta una línea de tiempo la cual esquematiza lo anteriormente mencionado:

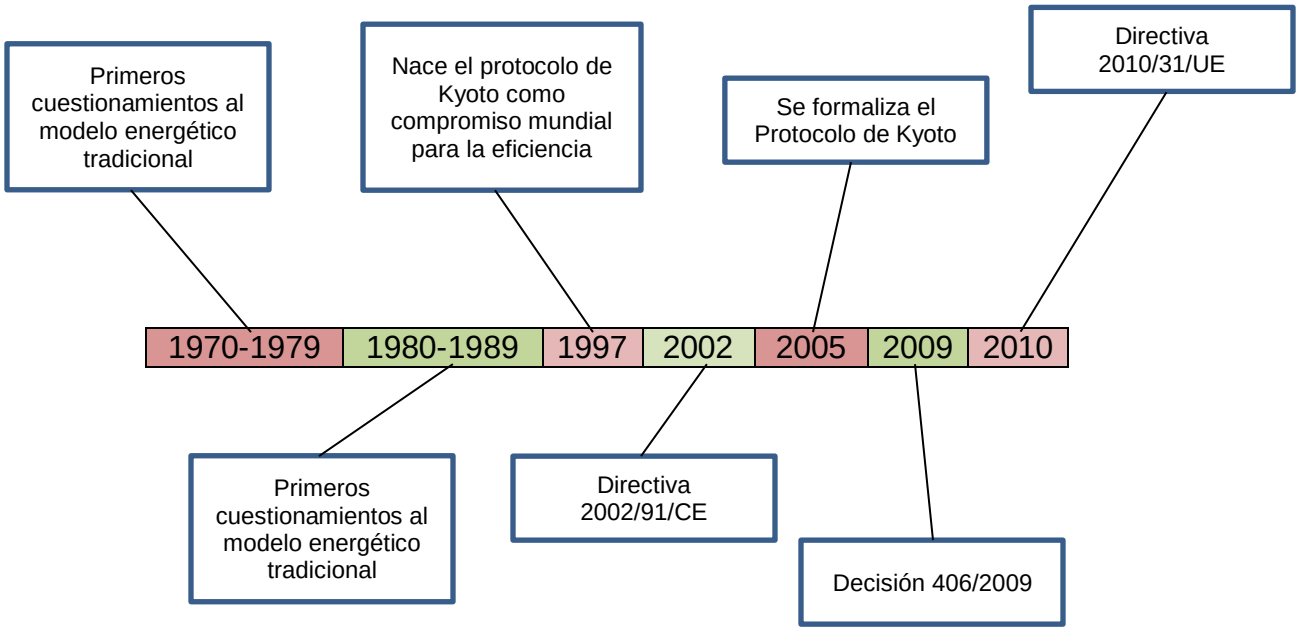

Figura 4. Línea de tiempo avances en Eficiencia Energética. Fuente: Elaboración Propia

Regionalmente hablando, Estados Unidos el cual es en muchas ocasiones el referente para los países del sector, ha establecido objetivos generales de ahorro energético y ha promovido diferentes tipos de certificaciones como Energy Star y LEED. Así mismo ha brindado apoyo para para la investigación en programas de ahorro energético tal y como es la iniciativa Green Button lanzada en 2011 (Cooper, 2011) y periódicamente ha lanzado al mercado el Energy Managment Handbook (C. Turner & Doty, 2006) el cual es un manual energético pero más enfocado a la gestión.

En el contexto colombiano, posterior a la entrada en vigencia de las leyes 142 y 143 de 1994, se tienen tres referentes de base con los cuales se han fundamentado las nuevas reglamentaciones que se ampliarán más adelante:

- En octubre de 2001 se expide la Ley 167 en la cual se plantean los principios de URE: Uso Racional de la Energía, como asunto de interés social y de fundamental aplicación para objetivos de interés nacional.
- En diciembre de 2003 se expide el Decreto 3683, mediante el cual se establece la CIURE, Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y de las Fuentes No Convencionales.
- En mayo de 2014 se expide la Ley 1715 en donde por primera vez se proponen incentivos económicos y tributarios para promover el uso racional de la energía y la implementación de fuentes de generación renovable.

Finalmente y para considerar el contexto actual, en junio de 2011 la Organización Internacional de Normalización expide la norma ISO 50001 donde se establecen una serie de directrices de carácter general para la aplicabilidad de la eficiencia energética, basados en el principio de ciclo de mejora PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar).

2.2 Sistemas de Gestión Energética (SGE). Norma ISO 50001

La necesidad por parte de los miembros del sector industrial, público y residencial de conocer los costos reales de la energía que consumen para poder relacionarlos con los servicios que ofrecen, se hace cada vez más relevante. Los sectores mencionados son consumidores directos de energía eléctrica y se ha

identificado que pueden reducir esos consumos, hecho que se vería directamente reflejado en la disminución de los costos operativos, aportando de una manera directa a la sostenibilidad económica, política y ambiental (Rallo, 2015).

Con base en dicha necesidad evidente, han surgido los Sistemas de Gestión Energética (SGE), los cuales se definen como la parte del sistema de gestión de una organización dedicado a desarrollar e implantar su política energética, así como a gestionar aquellos elementos de sus actividades, productos o servicios que interactúan con el uso de la energía eléctrica (AEC, 2014).

Idealmente los Sistemas de Gestión Energética deberían ser sistemas paralelos a otros modelos de gestión tales como los ambientales y los de calidad con el fin de mejorar continuamente el uso racional y eficiente de la energía, reducir el consumo de la misma y por ende los costos financieros asociados, reducir aceptablemente la huella de carbono en la atmósfera, utilizar de manera adecuada los recursos naturales y promover la implementación de energías no convencionales.
Los SGE se construyen con base en el ciclo de mejora el cual fue propuesto mediante la Norma ISO 50001, PHVA (Planificar, hacer, verificar, actuar). La Tabla 3 describe cada uno de los elementos del PHVA.:

Tabla 3. Descripción del PHVA. Fuente: Elaboración Propia.

PLANIFICAR	Establecer los objetivos y las metas de un SGE debe partir de la identificación de los aspectos energéticos y las obligaciones legales y normativas en materia de energía eléctrica.
HACER	Para que sea un SGE que apunte al éxito se deben ejecutar una serie de tareas tales como: asignar recurso humano capacitado para asumir responsabilidades y roles de importancia, brindar formación técnica al personal involucrado, mejorar los canales de comunicación interna y externa para ampliar la conciencia de la organización dentro del proceso que se está llevando a cabo. Documentar las actividades realizadas y aplicar controles operacionales
VERIFICAR	El SGE debe estar en contante evaluación y esto se puede realizar mediante la medición de indicadores o patrones que permitan identificar si lo planeado se está haciendo. Se deben gestionar las no conformidades, controlar la documentación y mantenerla actualizada. Llevar a cabo auditorías energéticas.
ACTUAR	Llevar a cabo los cambios potenciales identificados durante las primeras etapas del SGE, debe ser un compromiso de las directivas para poder obtener las metas planeadas.

El referente normativo más significativo para el planteamiento de Sistemas de Gestión Energética es la Norma ISO 50001 de 2011 y las normas derivadas de ésta. Allí se determinan los requerimientos para su uso y básicamente trata los principios para establecer, implementar, mantener y mejorar un SGE. La ISO 50001 la cual es una norma de aplicabilidad voluntaria internacionalmente, fue construida con base en la Norma UNE-EN 16001 de 2010 la cual es la versión española de la norma EN 16001 de 2009 la cual es en principio europea.

En este sentido los objetivos que tiene la norma ISO 50001 son los siguientes:

- Inducir al mejor empleo de los activos que consumen energía.
- Facilitar la comunicación sobre la gestión de los recursos energéticos.
- Reforzar, estimular y promover las buenas prácticas en la utilización de la energía.
- Dar prioridad a la aplicabilidad de nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia energética.
- Establecer los lineamientos para la aplicabilidad de prácticas de eficiencia energética en todos los eslabones de la cadena de suministro.
- Promover la aplicabilidad de los sistemas de gestión energética para reducir la producción y el impacto de los gases de efecto invernadero.
- Trabajar paralelamente con otros sistemas de gestión.

Aplicar la norma ISO 50001 mediante la implementación de sistemas de gestión energética, permitirá:

- Proponer y desarrollar políticas para el uso racional, adecuado y eficiente de la energía.
- Determinar metas periódicas las cuales den cumplimiento a las políticas propuestas.
- Identificar los puntos en los que se realiza un uso significativo de la energía, tener medición de ellos y poder controlar los consumos.
- Llevar un control de las políticas implementadas para determinar si se cumple o no con los objetivos.
- Realimentar constantemente el sistema de gestión energética con el fin de perfeccionarlo.

La Figura 2 que se ha presentado en la introducción esquematiza de forma general el diagrama de flujo típico de un Sistema de Gestión de Energía. El desarrollo de la tesis se centrará en uno de los aspectos del SGE, el cual es la auditoría energética y sobre lo cual se ha construido la norma ISO 50002.

2.3 Auditorías Energéticas. Norma ISO 50002

La auditoría energética es una metodología de trabajo que se considera elemento especializado clave de la eficiencia energética el cual se ha diseñado con el fin de realizar un análisis detallado de las condiciones de instalación, funcionamiento y operabilidad de una determinada instalación eléctrica y que se desarrolla con el objetivo de encontrar falencias, analizar resultados cuantitativos y cualitativos con el fin de proponer soluciones y mejoras y así promover una gestión energética que sea sostenible en el tiempo. Se puede considerar también como un estudio para la disminución de costes energéticos, económicos y medioambientales (de Isable, García Galludo, & Egido Ramos, 2012).

Los procesos de auditoría energética en varios países del mundo como España, México, Brasil y Estados Unidos, han servido como punto de partida para analizar la factibilidad técnica y la viabilidad económica de la implementación y conexión de diferentes recursos energéticos distribuidos. La auditoría constituye lo que se conoce como los estudios previos para determinar las características de los nuevos elementos a incluir en la red de ser posible y de las acciones preventivas y correctivas que se deben adelantar.

A nivel país, el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, se ha preocupado por apoyar académicamente el Plan Nacional de Desarrollo de Crecimiento Verde y ha destacado la gestión de la energía como una línea de estrategia vital a desarrollar en Colombia. Además ha resaltado que constituye la primera etapa para reducir considerablemente la huella de carbono del país y que las auditorías energéticas son el primer paso para tomar medidas al respecto.

De esta manera se puede afirmar que en Colombia se han preocupado por introducir este tipo de metodologías dentro del marco de los sistemas de gestión energética, con el objetivo de adelantar estudios de análisis en los instituciones públicas y en las industrias privadas para generar recomendaciones que consistan en disminuir niveles de consumo, reducir emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera y promover un uso racional y más eficiente de la energía.

La norma ISO 50001, incluye los procesos de auditoría energética dentro de los sistemas de gestión de energía tal y como se puede observar en la Figura 2. Dicha sección de los SGE enfocados a las auditorías energéticas se resalta a continuación en la Figura 5.

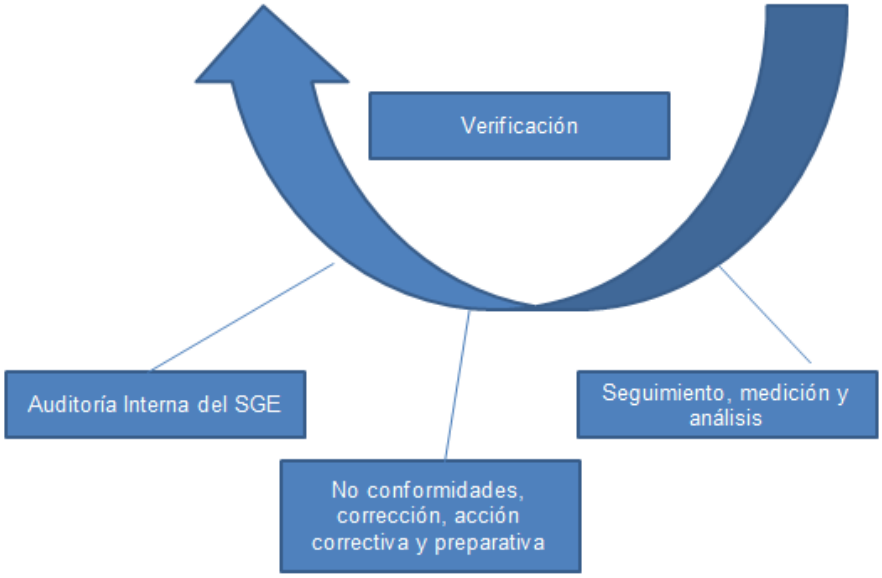

Figura 5. Proceso de auditoría energética dentro de un SGE. Fuente: Elaboración Propia.

Una de las normas derivadas de la ISO 50001, es la norma ISO 50002. Hace parte de la familia ISO 50000 y fue creada para determinar lineamientos generales de los procesos de auditoría energética.
En dicha norma, se afirma que una auditoría energética comprende una revisión detallada del rendimiento energético de una un proceso determinado. Normalmente se basa en la medición y observación apropiadas de los usos y consumos de energía. Normalmente, los resultados de una auditoría incluyen información sobre el consumo y ésta puede ir acompañada de una serie de recomendaciones de mejora en términos de rendimiento energético y caracterización técnica. Las auditorías energéticas se planifican y realizan como parte de la identificación y priorización de oportunidades para mejorar el rendimiento energético. Una auditoría energética puede apoyar una revisión de la energía como se describe en la norma ISO 50001 o ser utilizados independientemente (ISO, 2013).

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ha adaptado la ISO 50001 como NTC 50001, hecho que aún no se presenta con la ISO 50002.

Se puede concluir entonces que la auditoría energética es un proceso sistemático que permite:

1. Obtener un conocimiento fiable del consumo energético de una instalación particular o de un proceso industrial específico.
2. Detectar los factores que influyen en el consumo de energía.
3. Identificar, evaluar y ordenar las diferentes oportunidades de ahorro de energía en función de la rentabilidad y el nivel de emisiones.

2.3.1 Clasificación de las auditorías energéticas

Las auditorías energéticas se pueden clasificar según el nivel de profundidad del estudio y según sean los requisitos del Sistema de Gestión que emplea (Alis Restrepo, 2014):

- **DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO:** Se habla de diagnóstico energético cuando la auditoría solamente tiene fines de determinar el estado actual de una determinada instalación eléctrica.
  Un ejemplo de diagnóstico energético es el que se realiza en aquellas instalaciones donde se pretende realizar certificación RETIE de uso final o sin ser necesaria la certificación, se desea verificar la conformidad de la instalación eléctrica con dicho reglamento. Allí la auditoría consistirá en determinar las falencias y las medidas de corrección con el fin de normalizar la red enmarcada en el RETIE.
- **AUDITORÍA ENERGÉTICA BÁSICA:** Un auditoría puede ser básica cuando incluye un estudio sobre el estado actual de las instalaciones, propuestas de mejora enfocadas en el ahorro energético, identificación de potenciales reducciones en costos de operación, y disminución de emisiones de gases. A diferencia del diagnóstico energético, en la auditoría básica se incluye un estudio económico de las implementaciones.
  Algunas entidades del Estado Colombiano, durante los años 2015 y 2016 emplearon el mecanismo de contratación pública mediante el modelo de mínima cuantía para contratar consultorías que ejecutaran auditorías energéticas básicas en sus edificaciones con el fin de conocer el estado actual de las instalaciones eléctricas, pero con el objetivo específico de generar estudios económicos para la implementación de mejoras.
  Todos los proyectos relacionados con auditorías energéticas básicas, estuvieron disponibles en la página del SECOP (Sistema Electrónico de Contratación Pública) y avalados por la entidad Colombia Compra Eficiente, garantizando la transparencia en los procesos de selección y adjudicación de contratos.

- **AUDITORÍA ENERGÉTICA PROFUNDA:** Se habla de auditorías energéticas profundas especialmente en aquellos estudios que se realizan en las industrias, ya que además de contener todos los elementos de los dos tipos de auditoría explicados con anterioridad, tiene como adicional un estudio sobre el proceso productivo y puede llegar al punto de proponer importantes modificaciones en dicho proceso debido a la relación costo/producto terminado. Las auditorías energéticas profundas también son empleadas con el fin de analizar la viabilidad de utilizar energías renovables para la autogeneración o la cogeneración.
  Las industrias del sector privado, se han preocupado en el último tiempo por determinar los factores que influyen directamente en los costos de producción. Por medio de las auditorías energéticas profundas se puede relacionar la energía utilizada y la producción y determinar las mejoras a

los procesos de producción que permitan disminuir el costo y obtener mayores beneficios.

- **AUDITORÍA ENERGÉTICA DINÁMICA Y CONTINUA:** Esta forma de auditoría, contiene todos los elementos de las anteriores con el adicional que se realiza continuamente. Este tipo de auditorías son las que se incluyen en los Sistemas de Gestión Energética.

La tabla 4 muestra a manera de resumen, una comparación entre los tipos de auditorías energéticas:

Tabla 4. Comparación tipos de auditorías energéticas

	DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO	AUDITORÍA ENERGÉTICA BÁSICA	AUDITORÍA ENERGÉTICA PROFUNDA	AUDITORÍA ENERGÉTICA DINÁMICA Y CONTINUA
Diagnóstico del estado actual de una red eléctrica con base en los lineamientos RETIE.	X	X	X	X
Propuestas de mejora de la red eléctrica para ahorro de energía.		X	X	X
Estudio Económico de implementaciones		X	X	X
Identificación de consumos asociados a la producción en el caso de procesos industriales.			X	X
Estudio de prefactibilidad para la implementación de energías renovables.			X	X
Proceso de auditoría como parte de un Sistema de Gestión de Energía.				X

2.3.2 Beneficios de las auditorías energéticas

Aplicar alguno de los procesos descritos anteriormente puede traer importantes beneficios. A gran escala, en edificios o industrias donde se tenga la potencialidad, se puede pensar no solo en la aplicabilidad de una auditoría energética sino en la implementación de un Sistema de Gestión Energética. Entre los beneficios más significativos de realizar una auditoría energética se pueden encontrar los siguientes:

- ✓ Permite identificar los elementos o procesos donde se presentan los consumos más altos para determinar medidas de ahorro energético y a nivel industrial se vería reflejado directamente en los costos de producción.

- ✓ Cuando en la industria se pueden identificar comportamientos críticos de consumo que están directamente involucrados en la producción, lograr reducción del consumo y optimizar los procesos permitirá aumentar la competitividad y la sostenibilidad de la industria a mediano y largo plazo.

- ✓ Al tener un monitoreo constante y una medición permanente del consumo energético, se tiene un control global sobre la instalación eléctrica disponible. Dichas mediciones permitirán identificar comportamientos típicos de consumo, así como identificar comportamientos anormales que influyen directamente en el costo que se paga por el concepto de energía.

- ✓ Realizar una auditoría de las instalaciones eléctricas y de los componentes de la misma como transformadores, protecciones, calibres de conductores, tableros de distribución, centros de control, motores, motobombas, entre otros, permite encontrar alternativas de optimización del funcionamiento de la red eléctrica con el objetivo de volverla más eficiente.

- ✓ Se pueden encontrar focos de ahorro energético, tanto en la industria como en los edificios, los cuales tienen implementación con nulo o bajo costo de inversión, ya que se fundamentan en la concientización del usuario final así como en el cambio de costumbres en la operación del sistema eléctrico y en el uso de la energía.

- ✓ Se crea conciencia en los usuarios del sistema eléctrico, ya sea en los operarios de las plantas industriales de producción o de los usuarios finales en edificaciones, que cada persona puede aportar de diferentes maneras al ahorro energético, a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmosfera, a la construcción de un país cada día más sostenible y a la reducción de los efectos del calentamiento global del planeta.

- ✓ Por medio de la auditoría energética en la industria se puede identificar posible aprovechamiento a los residuos resultantes en los procesos productivos.

2.3.3 Barreras para la realización de auditorías energéticas

La Unidad de Planeación Minero Energética UPME, ha identificado algunas barreras en la promoción de iniciativas relacionadas con eficiencia energética, como los planes o sistemas de gestión y los procesos de auditoría energética interna:

- Aspecto Económico: Existe una racionalidad económica de los consumidores, lo cual se ve reflejado en el bajo interés de los diferentes sectores económicos para invertir en estudios y consultorías que no reflejen una remuneración o recuperación de la inversión inmediata y cuyo éxito depende de la disciplina en la implementación de las recomendaciones.

- Aranceles: Los precios, subsidios, impuestos y costos externos disminuyen la posibilidad que los diferentes consumidores energéticos destinen recursos a la implementación de sistemas de gestión o a la realización de auditorías internas.

2.3.4 Características de las auditorías energéticas

Una auditoría energética involucra todos los elementos que están relacionados con el consumo de energía en la industria o una edificación particular. Con esto se quiere decir que no solo la energía eléctrica hace parte de los procesos industriales o del consumo energético de una instalación determinada, existen también procesos como los térmicos y los químicos que se deben considerar. Por esto se destacan algunos ítems (BID, 2011):

- Energía eléctrica.
- Uso de combustibles (gas natural, diésel, gasolina, carbón, entre otros).
- Procesos de aire comprimido.
- Sistemas de iluminación.
- Equipos para tratamiento de las condiciones del aire.
- Procesos productivos.

- Normalización de las instalaciones eléctricas de una edificación.
- Contabilidad energética.

2.3.5 Equipos a utilizar en las auditorías energéticas

Como se ha mencionado en repetidas oportunidades, la realización de auditorías energéticas y la implementación de Sistemas de Gestión Energética, implica inevitablemente procesos de medición, ya sea tomando los datos de los medidores existentes o en muchos casos instalación de instrumentos de medida específicos y esto constituye una de las claves para el éxito de los proceso. Por esto se deben emplear los equipos adecuados para la toma de datos. Entre los equipos de medición más utilizados se tienen:

- **ANALIZADOR DE REDES:** Es un dispositivo que en su conjunto permite medir variables eléctricas. Existen diferentes tipos de analizadores y tienen elementos diversos según las marcas y la tecnología que emplean. Los más utilizados tiene pinzas que permiten tomar la medida de tensión y transformadores de corriente los cuales se instalan en los conductores para medir el flujo de corriente que pasa por ellos y los más modernos son portátiles con características de conexión de tecnología de punta. El dispositivo tiene un procesador interno que permite calcular datos eléctricos tales como: potencias (activa, reactiva, aparente), factor de potencia, frecuencia, armónicos (pares e impares), THD (tasa de distorsión armónica) y energía. Las Figuras 6 y 7 muestra dos tipos de analizadores de redes.

Figura 6. Analizador de redes tipo portátil marca Fluke. Fuente: Catálogo Fluke 2017

Figura 7. Analizador de redes tipo fijo marca Lovato. Fuente: Catálogo Lovato 2016-2017

- **MULTÍMETRO:** Si bien el analizar de redes permite la toma de datos generales de la instalación eléctrica y el análisis de las variables de circuitos ramales y principales en subestaciones y tableros, cuando se requiere de una medición puntualizada, los multímetros resultan de mucha utilidad. Cabe anotar que para el uso de ambos dispositivos (analizadores de redes y multímetros) se recomienda que estén debidamente calibrados con los certificados de calibración expedidos por organismos autorizados por las entidades competentes, hecho que garantice la fiabilidad de los datos capturados.
  Las pinzas amperimétricas más modernas pueden cumplir también funciones de multímetro.

Figura 8. Multímetro digital marca Fluke. Catálogo Fluke 2017

Figura 9. Multímetro y pinza marca Megger. Catálogo Megger 2017

- **ANALIZADOR DE GASES DE COMBUSTIÓN:** Está compuesto por sonda para toma de muestras, opacímetro el cual permite valorar la cantidad de combustible que no está siendo quemado, termómetro de gases para medir la temperatura de los mismos y termómetro infrarrojo para medir la temperatura al interior de las máquinas que ejecutan el proceso de combustión.

Figura 10. Analizador de gases de combustión marca Kimo. Catálogo Kimo 2016

Figura 11. Analizador de gases de combustión marca E-Instruments International. Catálogo EIns 2016

Dentro de la cantidad de elementos de medición que se utilizan en las auditorías energéticas, existen instrumentos complementarios que permiten identificar otras fuentes de consumo y ahorro, se destacan los siguientes:

Termohigrómetro: Para medir temperatura y humedad relativa.

Figura 12. Termohigrómetro marca Fluke. Fuente: Catálogo Fluke 2017

Luxómetro: Para medir la iluminancia real de un ambiente.

Figura 13. Luxómetro marca Fluke. Fuente: Catálogo Fluke 2017

Anemómetro: Para medir la velocidad del viento o de fluidos gaseosos que salen por chimeneas.

Figura 14. Anemómetro marca Fluke. Fuente: Catálogo Fluke 2017

Cámara termográfrica: Para identificar los puntos calientes en diferentes máquinas a partir de las emisiones infrarrojas medias del espectro electromagnético de las mismas.

Figura 15. Cámara termográfica marca Fluke. Fuente: Catálogo Fluke 2017

Manómetro diferencial: Para determinar la diferencia de presión entre dos puntos.

Figura 16. Manómetro diferencial marca Fluke. Fuente: Catálogo Fluke 2017

2.3.6 Aspectos de diseño eléctrico en las auditorías energéticas

Si bien las mediciones constituyen el componente de mayor relevancia en las auditorías energéticas y la generación de indicadores en los sistemas de Gestión Energética, la observación con criterio del equipo destinado a la realización de la auditoría y la base de datos de la red eléctrica disponible en la industria o en los edificios, conforman un factor de alta importancia.

En muchas ocasiones no se necesita medir para encontrar posibles focos de consumo o potencialidades de ahorro, ya que son de evidente reconocimiento para el personal capacitado y entrenado en este tipo de tareas.

Se conoce como la base de datos de la red eléctrica a toda la documentación que debe existir, tal como:

- Planos de iluminación con rutas de cableado, calibres de conductores actualizados, ubicación de tableros de distribución, numeración de circuitos.
- Planos de tomacorrientes de la red normal y la red regulada con rutas de cableado, calibre de conductores, ubicación de salidas, ubicación de tableros de distribución, numeración de circuitos.

- Cuadros de carga actualizados, levantamiento de protecciones y cálculos de regulación de tensión.
- Memorias de cálculo con todo lo exigido por la normatividad vigente.
- Diagramas unifilares.
- Identificación y marquillado de tableros, protecciones, circuitos ramales, salidas.

Mantener actualizada la base de datos eléctrica con la documentación completa y adecuada, es un elemento de eficiencia energética de fundamental consideración en las auditorías energéticas. Si esta documentación no existe es necesaria su construcción.

3 Criterios para la realización de Auditorías Energéticas en Colombia.

3.1 Introducción

La necesidad de establecer unos criterios para la ejecución de auditorías energéticas, surge debido a que en la actualidad éstas se realizan bajo un mismo modelo y no se tienen en cuenta algunos factores puntuales, o al menos no existe documentación que soporte este hecho.

Aunque el usuario industrial no se ha contemplado en el alcance de la presente tesis, en este capítulo se mencionan algunas premisas que pueden dar las bases a trabajos futuros donde se analice este tipo de usuario con mayor profundidad y detenimiento.

Los criterios que se propondrán están enmarcados en los principios de eficiencia incluyendo conceptos tecnológicos, concientización para el uso de la energía y consumo energético.

Partiendo desde el objetivo general de este trabajo, el primer paso que se debe abordar es la definición e identificación de los tipos de usuarios, seguidamente realizar una clasificación de la necesidad de los mismos, para desencadenar en la propuesta de diferentes procesos metodológicos basados en criterios clave, para una adecuada ejecución de la auditoría energética.

3.2 Paso 1: Identificación del Tipo de Usuario y del Subsector.

Dentro de los grandes consumidores de energía eléctrica en Colombia, se han destacado cuatro particularmente. El sector industrial que representa el 24% del consumo total de energía eléctrica en el país, el sector comercial que aporta un consumo del 13% y el sector residencial el cual consume el 16% del total de electricidad. En la Figura 17 se puede evidenciar que el sector minero es el que más energía eléctrica demanda (33%) y será objeto de trabajos futuros analizar dicho sector con detenimiento y profundidad

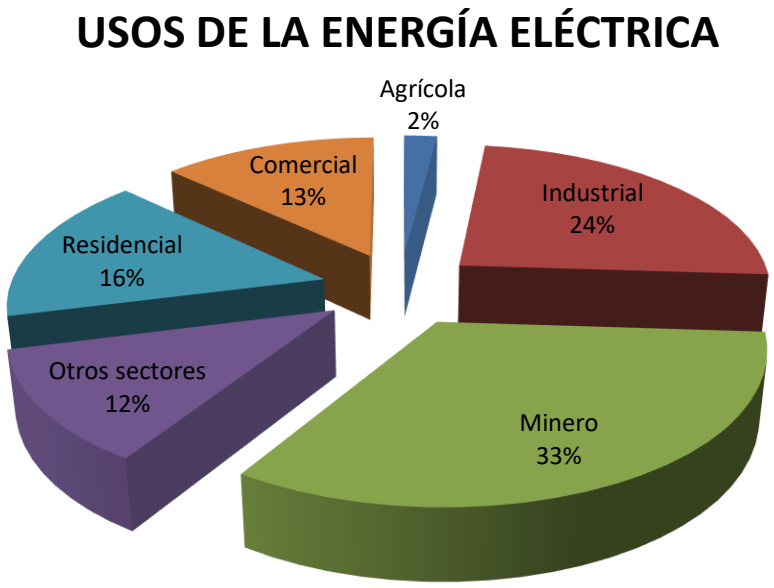

Figura 17. Usos de la energía eléctrica. Fuente: (UPME, 2017)

El 12% del total de energía consumida lo demandan otros sectores, dentro de los cuales se destaca el sector público, el cual posee una importante demanda por la cantidad de edificios en donde operan las diferentes instituciones estatales a lo largo y ancho del territorio nacional.

En el desarrollo de este capítulo se tratarán aspectos básicos de las auditorías en los usuarios industriales ya que este tema es bastante amplio y deberá ser analizado con detalle en otros trabajos. Nos centraremos en el usuario oficial o público, comercial y residencial.

3.2.1 Usuario Industrial

El usuario industrial es definido como la persona jurídica autorizada para producir, transformar o ensamblar bienes mediante el procesamiento de materias primas o de productos semielaborados (Tocancipá, 2017)

Involucra en dichos procesamientos, maquinaria de diferentes tipos y representa la mayor cantidad de energía consumida.
En Colombia se pueden identificar algunos subsectores derivados del sector industrial, entre ellos se puede destacar:

- Subsector textil.
- Subsector derivados del petróleo.
- Subsector de la metalurgia, donde se pueden incluir las siderúrgicas y todas aquellas industrias metalmecánicas.
- Subsector del cemento, donde se pueden incluir las industrias dedicadas a la infraestructura y construcción,
- Subsector agropecuario.
- Subsector alimentos y bebidas.
- Subsector automotriz.

En el desarrollo de esta tesis no se hará profundidad en el usuario industrial, ya que solo este sector amerita un trabajo dedicado exclusivamente a tratarlo con detalle en otro espacio.

3.2.2 Usuario Oficial o Público

Se puede definir como el usuario oficial a todas aquellas entidades que están directa o indirectamente ligadas al Gobierno Nacional. El Banco de la República en uno de sus textos propios donde realiza una reseña histórica de la estructura económica de Colombia, menciona que el sector oficial del país está subdividido en dos grandes subsectores:

- Subsector no financiero
- Subsector financiero

El primero (no financiero) agrupa las entidades que son propiedad del Estado o controladas por él y que se dedican a producir o suministrar bienes o servicios según las características de sus funciones y fuentes de financiamiento. Estas entidades se clasifican en: a) Gobierno General (Administración Pública) y b) Empresas no financieras del Estado.

El Gobierno General incluye las instituciones públicas que producen o suministran los llamados servicios colectivos, tales como educación, justicia, defensa, entre otros, y cuyo financiamiento proviene, básicamente, del cobro de impuestos y/o contribuciones obligatorias. Las empresas públicas, que clasifican dentro de las

no financieras, producen y venden bienes y servicios, y sus fuentes de financiamiento son determinadas por los precios y tarifas que cobran. Entre las instituciones a clasificar en este subsector del usuario oficial o público se destacan:

- Universidades
- Colegios
- Escuelas
- Cárceles
- Palacios de Justicia
- Ministerios
- Gobernaciones
- Alcaldías
- Hospitales
- Clínicas

El subsector financiero abarca los entes que cumplen actividades iguales o similares a los demás intermediarios financieros del sistema, tales como: bancos, corporaciones y entidades de financiamiento de la industria, la vivienda, la agricultura, entre otros.

De otra parte, considerando la autonomía de gestión, patrimonio y contabilidad de las entidades, unas son descentralizadas y las otras centralizadas. Igualmente, dependiendo del ejercicio de la autoridad dentro del territorio de la Nación o el área dentro de la cual pueden ejercer, las entidades del sector público se clasifican en el nivel nacional, si su autoridad se extiende a todo el territorio colombiano en el regional, si se circunscriben a una de sus divisiones administrativas (departamentos) y en el nivel local, si se refiere a un área más limitada dentro de una determinada localidad (la capital del país, las capitales de departamento, los municipios menores). (República, 1992)

Una clasificación reciente de las instituciones del sector público, reveló que el 57% de ellas corresponde a entidades de administración pública, el 23% a empresas no financieras del Estado, el 12% a empresas financieras del Estado, y el 8% restante a entidades de seguridad social (Subgerencia Cultural del Banco de la República, 2015)

3.2.3 Usuario Comercial

El Banco de la República define al usuario comercial como aquel que hace parte del sector terciario de la economía nacional (sector que no produce mercancía en

sí) y son usuarios de este tipo los que tienen relación directa con actividades de compra y venta de productos de toda índole (Subgerencia Cultural del Banco de la República, 2015). Las construcciones que se incluyen en este sector son:

- Hipermercados mayoristas.
- Supermercados minoristas.
- Centros comerciales.
- Cámaras de comercio.
- San Andresito.
- Plazas de mercado.

3.2.4 Usuario Residencial

Se puede definir como usuario residencial a aquel que destina las edificaciones con el fin de habitar en ellas en grupos familiares o de manera individual. En la actualidad se pueden identificar subsectores en el sector residencial:

- Urbanizaciones (conjuntos cerrados de viviendas multifamiliares, conjuntos cerrados de viviendas unifamiliares)
- Viviendas multifamiliares (edificios)
- Viviendas unifamiliares.

3.3 Paso 2: Clasificación de la Necesidad del Usuario Final

Posterior a la identificación del usuario al que se le aplicará la auditoría energética, es importante identificar y clasificar la necesidad base del estudio. Conocer el porqué de la auditoría permitirá clasificarla en una de las cuatro categorías que se establecieron en párrafos anteriores y que se recuerdan a continuación:

- Diagnóstico energético.
- Auditoría energética básica.
- Auditoría energética profunda.
- Auditoría energética dinámica y continua.

3.3.1 Consideraciones para el sector industrial

Algunas entidades en Colombia se han preocupado especialmente por promover la implementación de SGE en la industria. Es el caso de la Red Colombiana de Conocimiento en Eficiencia Energética RECIEE y su programa insignia para la industria, EEI (Eficiencia Energética Industrial), el cual es avalado por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial ONUDI a nivel internacional y a nivel país es patrocinado por la Unidad de Planeación Minero Energética UPME, entre otros entes de relevancia.

Enmarcados en estos Sistemas de Gestión, la auditoría energética adquiere una gran importancia ya que es la base para obtener los datos que serán analizados, con el fin de encontrar la línea base y los indicadores, tal y como lo sugiere la NTC ISO 50001. El tipo de auditorías energéticas que se realiza con mayor frecuencia en el usuario industrial, son las que hemos clasificado como “auditorías energéticas dinámicas y continuas” ya que se llevan a cabo con base en los lineamientos del SGE.

Como se ha mencionado con anterioridad, en esta tesis no se tratará a profundidad al usuario industrial, ya que solamente este tipo de usuario amerita un trabajo particular e independiente por su envergadura y robustez. Sin embargo y teniendo en cuenta las iniciativas de las entidades del sector energético nacional por promover los Sistemas de Gestión de Energía, este hecho relaciona inevitablemente a las industrias que quieran adoptar este tipo de sistemas de gestión a realizar “auditorías energéticas dinámicas y continuas”.

3.3.2 Consideraciones para el sector oficial

El Estado Colombiano, desde el año 2001 con la expedición de la ley 697, ha tenido una particular preocupación por legislar en aspectos claves para uso racional y eficiente de la energía, que permitan una reducción en el consumo energético, promuevan un aumento de la eficiencia energética y se realice una promoción de la sostenibilidad por medio del cuidado al medio ambiente. La Figura 18 muestra una reseña de este hecho:

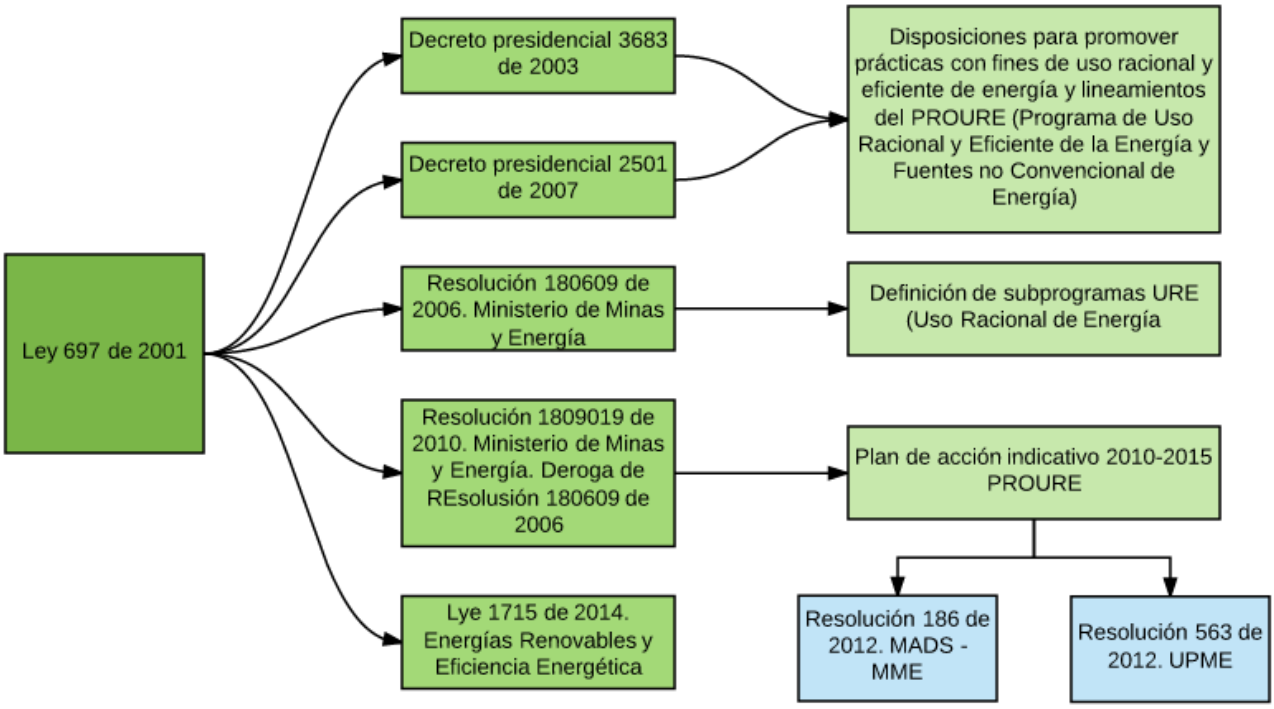

Figura 18. Reseña histórica legislación energética en Colombia. Fuente: (UPME, 2017). Elaboración propia

El último gran avance en temas legislativos fue la Ley 1715 de 2014 la cual se construyó con el objetivo de promover tres grandes metas:

1. El desarrollo y la utilización de energías renovables no convencionales tanto en el Sistemas Interconectado Nacional como en las Zonas No Interconectadas.
2. Buscar la gestión eficiente de la energía por medio de la eficiencia energética y la respuesta de la demanda.
3. Reducir la emisión de gases de efecto invernadero.

Por esta razón y con el fin de dar solución a las necesidades numeradas, a partir del año 2015 el Gobierno Nacional se propuso realizar pruebas piloto en la realización de auditorías energéticas básicas al interior de las instituciones estatales con el fin de promover este tipo de estudios en los privados.

Las instituciones propias del sector oficial o público, se han clasificado en subsectores según las consideraciones tenidas en cuenta en el capítulo anterior. Entre estos subsectores se pueden identificar principalmente:

- Instituciones Educativas (Universidades, colegios y escuelas).
- Instituciones de Orden Nacional (Gobernaciones, alcaldías, ministerios, cárceles y palacios de justicia)
- Instituciones de Salud (Hospitales y clínicas)

De esta manera, se pueden establecer lineamientos base y criterios particulares para cada subsector clasificado dentro del usuario oficial o público; ya que por ejemplo, las características de una institución educativa no son las mismas de un hospital, por lo cual resulta inadecuado aplicar los mismos criterios para la realización de una auditoría energética.

Cabe resaltar que si bien el Estado colombiano ha querido dar ejemplo al aplicar algunas de sus iniciativas en sus propias instituciones, la aplicación de Sistemas de Gestión de Energía en dichas entidades se ha presentado como un proceso lento y aunque sin duda lo establecido en la ISO 50001 está más enfocado al sector industrial, se debe agilizar la aplicabilidad en las instituciones del Estado debido al tamaño de algunas construcciones y su consumo energético.

3.3.3 Consideraciones para el sector comercial

Se ha mencionado que los usuarios pertenecientes al sector comercial son los encargados de la compra y venta de productos. Estos se han subcategorizado en:

- Grandes superficies (Hipermercados, grandes almacenes)
- Centros comerciales

Colombia Compra Eficiente, la cual es una entidad descentralizada de la Rama Ejecutiva del orden nacional adscrita al Departamento Nacional de Planeación el cual es el rector del sistema de compra pública en el país, ha diferenciado las grandes superficies y los centros comerciales de la siguiente manera: los centros comerciales son grandes construcciones habilitadas para la instalación de varias tiendas de diferentes tipos. En su gran mayoría incluyen un hipermercado y grandes almacenes en su interior; mientras que las grandes superficies, son tiendas únicas de gran tamaño localizados en edificios o recintos techados, por lo general de varios pisos y que venden un variado tipo de productos.

Debido a que los usuarios comerciales no tienen procesos productivos pero si poseen diferentes tipos de procesos, como por ejemplo el de almacenamiento y

conserva de productos para su venta, emplean diferentes tipos de maquinaria la cual significa un alto consumo energético y la necesidad básica se ha establecido en el ahorro y mejor gestión de la energía.

Es por esto que las auditorías a efectuar en el usuario comercial, son en su mayoría las de tipo básico, pero se considera importante incluir en las grandes superficies la promoción de SGE debido a que el uso de energía se asemeja a las plantas de producción industrial que tienen funcionamiento 24 horas los 7 días de la semana.

3.3.4 Consideraciones para el sector residencial

Los planes de ahorro energético en el sector residencial permiten demostrar que la necesidad básica en este tipo de usuarios es optimizar el uso de la energía y establecer condiciones de consumo que permitan la disminución del mismo mediante la aplicabilidad de buenas prácticas.

En el sector residencial se han identificado los siguientes subsectores:

- Viviendas (multifamiliares y unifamiliares).

Si bien una auditoría energética enfocada a una vivienda unifamiliar no tenga mucha aplicabilidad, se puede considerar un enfoque a los conjuntos residenciales de edificios en los cuales la potencialidad de ahorro puede ser mayor sin dejar de considerar la posibilidad de emplear energías alternativas para algunos servicios.

3.4 Paso 3: Aplicación del proceso metodológico

Una vez el usuario final sea clasificado en alguno de los sectores y subsectores mencionados y se haya determinado la necesidad básica por la cual se motiva la realización de una auditoría energética, es adecuada la aplicación de los procesos metodológicos que se plantearán a continuación basados en los criterios más relevantes para cada uno de los tipos de usuarios.

3.4.1 Criterios Sector Industrial

La Figura 19, describe una propuesta para dar inicio a un proceso de auditoría energética en la industria, basado en los criterios de “tipo de industria” a la cual se le realiza el estudio, según el subsector y según la necesidad del usuario final.

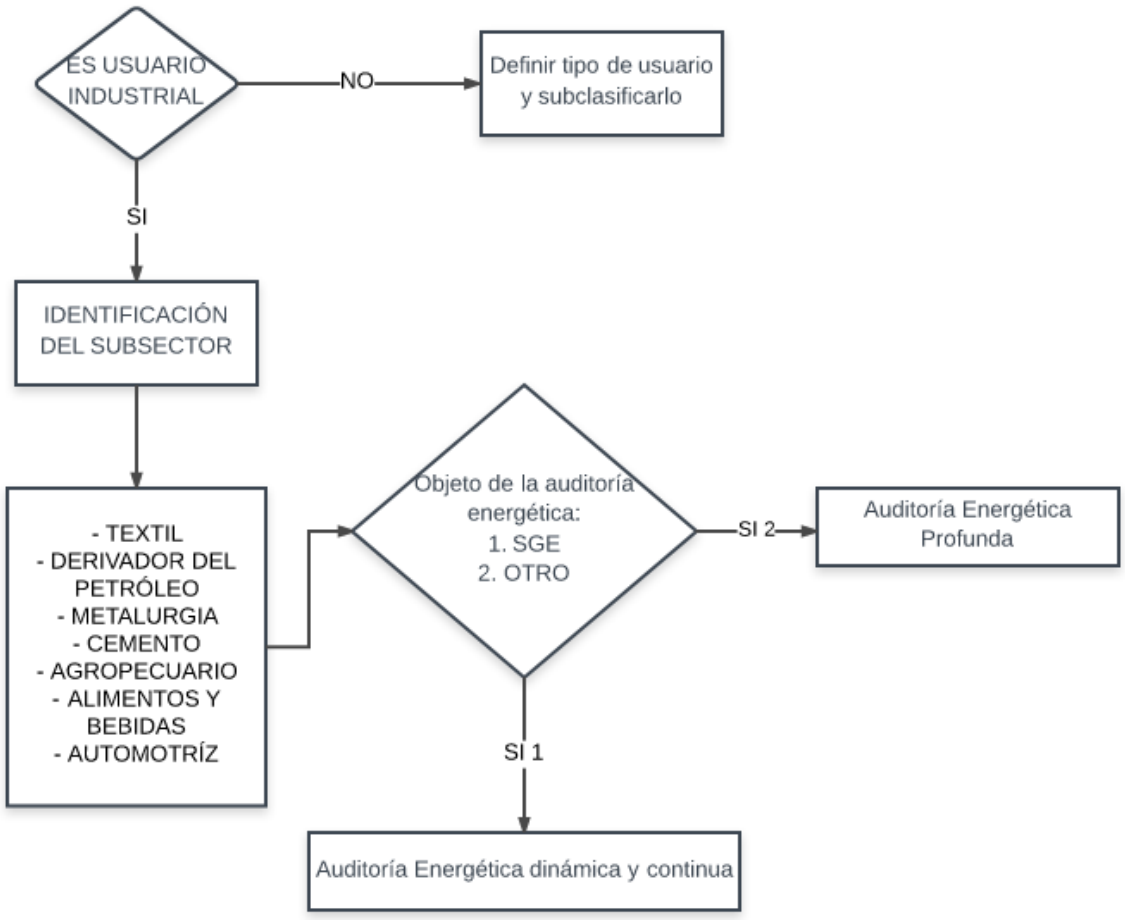

Figura 19. Diagrama de flujo Inicio de auditoría energética en la industria. Fuente: Elaboración propia.

Las auditorías energéticas en la industria son de las más complejas que existen debido a la cantidad de variables que se deben considerar en las diferentes empresas (C. Turner & Doty, 2006). Se pueden destacar las siguientes:

- Antes que incurrir en análisis sobre variables técnicas el primer acercamiento debe ser al sistema de seguridad energética (eléctrico, térmico, combustibles) con el que cuenta la industria.
- Aspectos fundamentales de los sistemas eléctricos como la iluminación y el estado de las redes normales y reguladas.
- Análisis del dimensionamiento y funcionamiento de los motores eléctricos.
- Una consideración especial a los sistemas HVAC (Heating-Ventilating-Air Conditioning). Son los sistemas que conforman los calentadores, ventiladores y aires acondicionados sin olvidar aquellos sistemas de aislamiento térmico.
- Consideración al dimensionamiento, estado y sistemas de control de las calderas.
- Evaluación de equipos especializados según el subsector de la industria.
- Evaluación de los equipos de aire comprimido.

La clave está en identificar cuáles son los equipos que diferencian el funcionamiento de una industria particular en comparación de otras y poder solucionar la incógnita de cuáles son los puntos de enfoque para producir un ahorro en energía y dinero.

Como se ha mencionado en párrafos anteriores, en esta tesis no se dará profundidad al tema industrial, ya que por su robustez amerita un estudio particular.

3.4.2 Criterios Sector Comercial

Según lo menciona el *Energy Management Handbook* (C. Turner & Doty, 2006) en su capítulo acerca de auditorías energéticas, las grandes superficies y los centros comerciales poseen elementos similares a aquellos que se pueden encontrar en la industria. Se ha dicho que si bien en el sector comercial no se presentan procesos de producción, si se presentan procesos de almacenamiento de alimentos y mercancía perecedera los cuales son procesos muy delicados.

La Figura 20 propone el inicio del proceso metodológico para la realización de un proceso de auditoría energética en un usuario comercial considerando los criterios base según sus características.

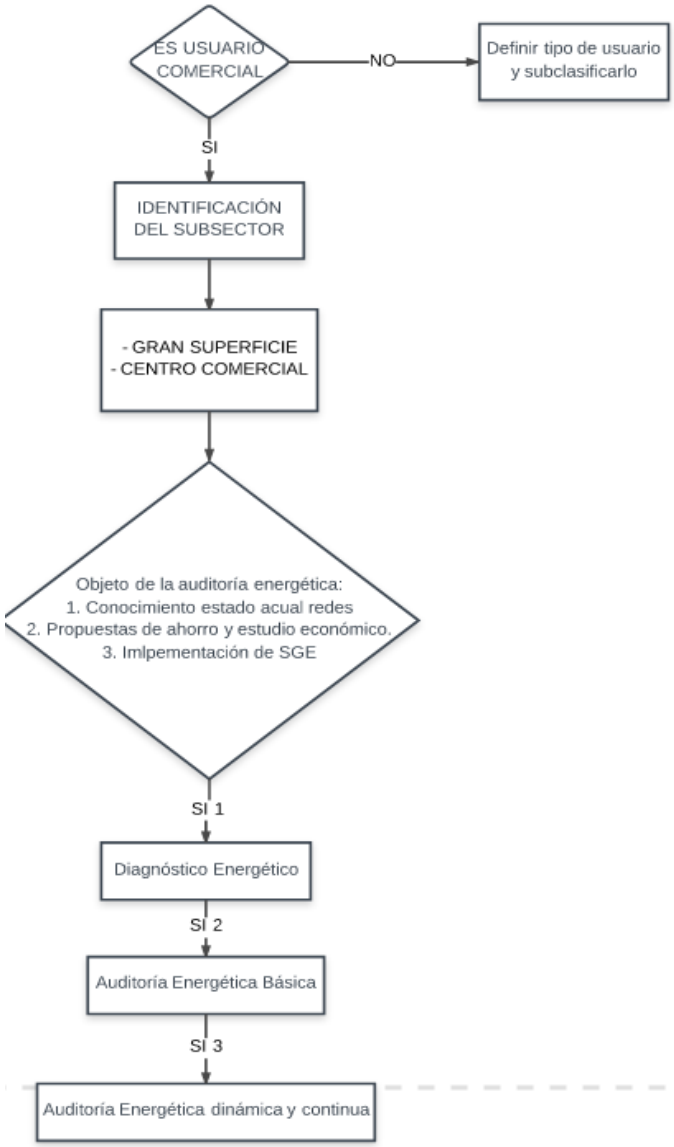

Figura 20. Diagrama de flujo Inicio de auditoría energética en usuario comercial. Fuente: Elaboración propia.

Considerando las características constructivas de las grandes superficies y de los centros comerciales se puede concluir que se asemejan a las características de algunos tipos de industrias. La diferencia determinante es que las industrias producen y los usuarios comerciales almacenan parar venta y compra (C. Turner & Doty, 2006).

En este orden de ideas, los equipos consumidores de energía que se pueden encontrar en el usuario comercial, son similares a los que se mencionaron en el proceso metodológico para el sector industrial, con la diferencia que no son utilizados para producir elemento alguno, sino que su finalidad está más enfocada a la conservación y mantenimiento de productos. Se mencionan nuevamente a continuación:

- Evaluación del sistema de seguridad energética (eléctrico, térmico, combustibles) con el que cuenta la industria.
- Sistemas de iluminación, redes normales y reguladas.
- Motores eléctricos.
- Sistemas HVAC (Heating-Ventilating-Air Conditioning). Son los sistemas que conforman los calentadores, ventiladores y aires acondicionados.
- Hornos.

La realización de una auditoría energética a un usuario comercial puede estar direccionada a tres objetivos:

1. Conocimiento del estado actual de las redes de energía.
2. Estudio para determinar recomendaciones de ahorro con proyección económica.
3. Proceso de implementación de un Sistema de Gestión Energético.

Para alcanzar cada uno de estos objetivos se pueden emplear los diferentes procesos metodológicos propios de las diversas clases de auditoría energética que se mencionaron en el capítulo 2.

De esta manera a continuación se explicará cómo abordar un diagnóstico energético, una auditoría energética básica y una auditoría energética dinámica y continua para un usuario comercial.

DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO A UN USUARIO COMERCIAL:

La Figura 21 esquematiza de manera detallada los pasos a seguir cuando se pretende realizar un diagnóstico energético a un centro comercial o a una gran superficie.

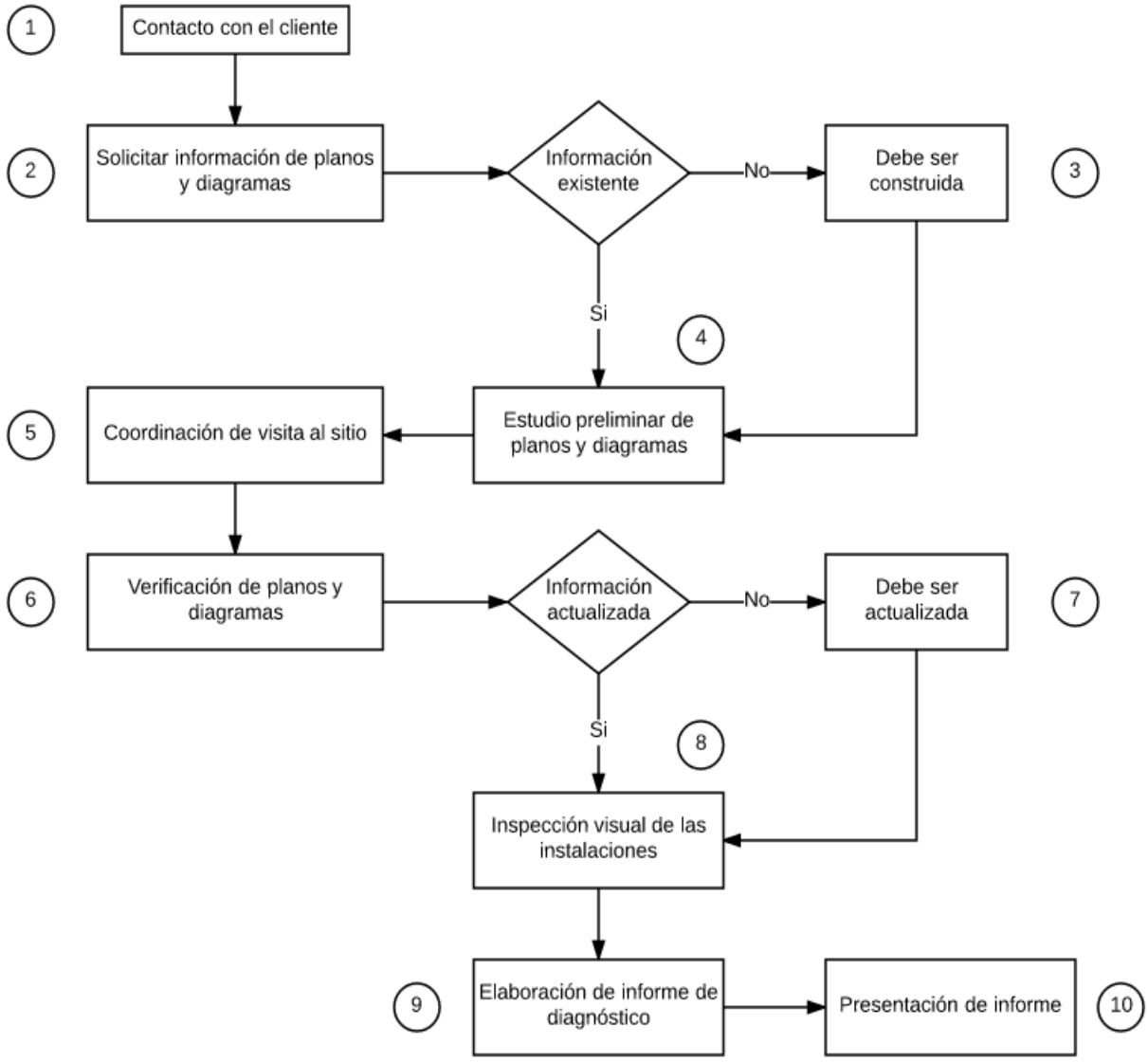

Figura 21. Diagrama de flujo Diagnóstico energético en usuario comercial. Fuente: elaboración propia

Se explicarán cada uno de los ítems incluidos en la tabla 5.

Tabla 5. Explicación ítems del proceso diagnóstico energético en usuario comercial. Fuente: Elaboración propia

1	Al tener plenamente identificado el usuario al cual se le efectuará el diagnóstico, se debe contactar con la dependencia administrativa pertinente para así ser direccionados, en la mayoría de los casos, a la división de mantenimiento quienes son los responsables de todos los aspectos técnicos que se puedan presentar. Si existiese un departamento de ingeniería, con ellos se deben tener los primeros acercamientos. En este primer contacto se debe obtener por parte del cliente información básica, como por ejemplo aclarar y acotar los objetivos que buscan con el estudio. Se puede obtener información general como área a intervenir, tipos de energía involucrada, equipos principales, entre otros.
2	La solicitud de planos y diagramas se debe realizar de manera formal por medio de oficio firmado. La información básica a suministrar debe ser: - Planos de circuitos de iluminación. - Planos de circuitos de tomacorrientes de red normal y red regulada. - Planos de circuitos de red de respaldo de energía. - Planos de circuitos de red contra incendios. - Diagramas unifilares. - Memorias de cálculo eléctrico.
3	Si la información solicitada (planos, diagramas y memorias) no se encuentra disponible ya sea porque fue extraviada o porque nunca ha sido realizada, debe ser construida ya que es el soporte de ingeniería para el conocimiento de la red de energía.
4	Una vez se cuente con la información solicitada, esta debe ser analizada previamente por el equipo profesional que ejecutará el diagnóstico. Realizar un estudio previo de la información es de mucha utilidad antes de enfrentarse con la realidad del campo.
5	Con la dependencia con la cual se han realizado los primero acercamientos, se debe coordinar la visita al sitio la cual se llevará a cabo con acompañamiento del personal idóneo para tal fin. Se deben generar los respectivos permisos de ingreso a áreas restringidas ya que es fundamental el conocimiento de la instalación por completo.
6	Durante el recorrido en la visita técnica, se corroborará la veracidad y nivel de actualización de la información suministrada por el cliente, revisando que las rutas, canalizaciones, ductos y conductores sean los señalados en planos y plasmados en cuadros de carga.
7	Si la información que se encuentra en sitio no está actualizada, a medida que se avanza con las verificaciones se debe actualizar.
8	Dentro de las revisiones que se llevarán a cabo en inspección visual se consideran las siguientes: - Estado de subestaciones. - Estado de tableros principales. - Estado de acometida y alimentadores. - Estado de elementos de protección y maniobra. - Estado y condiciones de canalizaciones y ductos. - Estado de tableros de distribución.

	- Estado de salidas de iluminación. - Estado de salidas de tomacorrientes. - Estado de red contraincendios. - Estado de red de respaldo. - Revisión de protocolos de mantenimiento a grupos electrógenos.
9	Una vez se tenga toda la información necesaria con sus respectivos registros fotográficos, se construirá el informe en el cual se plasmarán los resultados y el diagnóstico de la inspección. En capítulo aparte se numerarán las falencias encontradas y las medidas que se deben tomar para la corrección de los hallazgos.
10	Finalmente el informe deberá ser expuesto ante el personal adecuado.

AUDITORÍA ENERGÉTICA BÁSICA A UN USUARIO COMERCIAL:

La Figura 22 esquematiza de manera detallada los pasos a seguir cuando se pretende realizar una auditoría energética básica en un centro comercial o en una gran superficie.

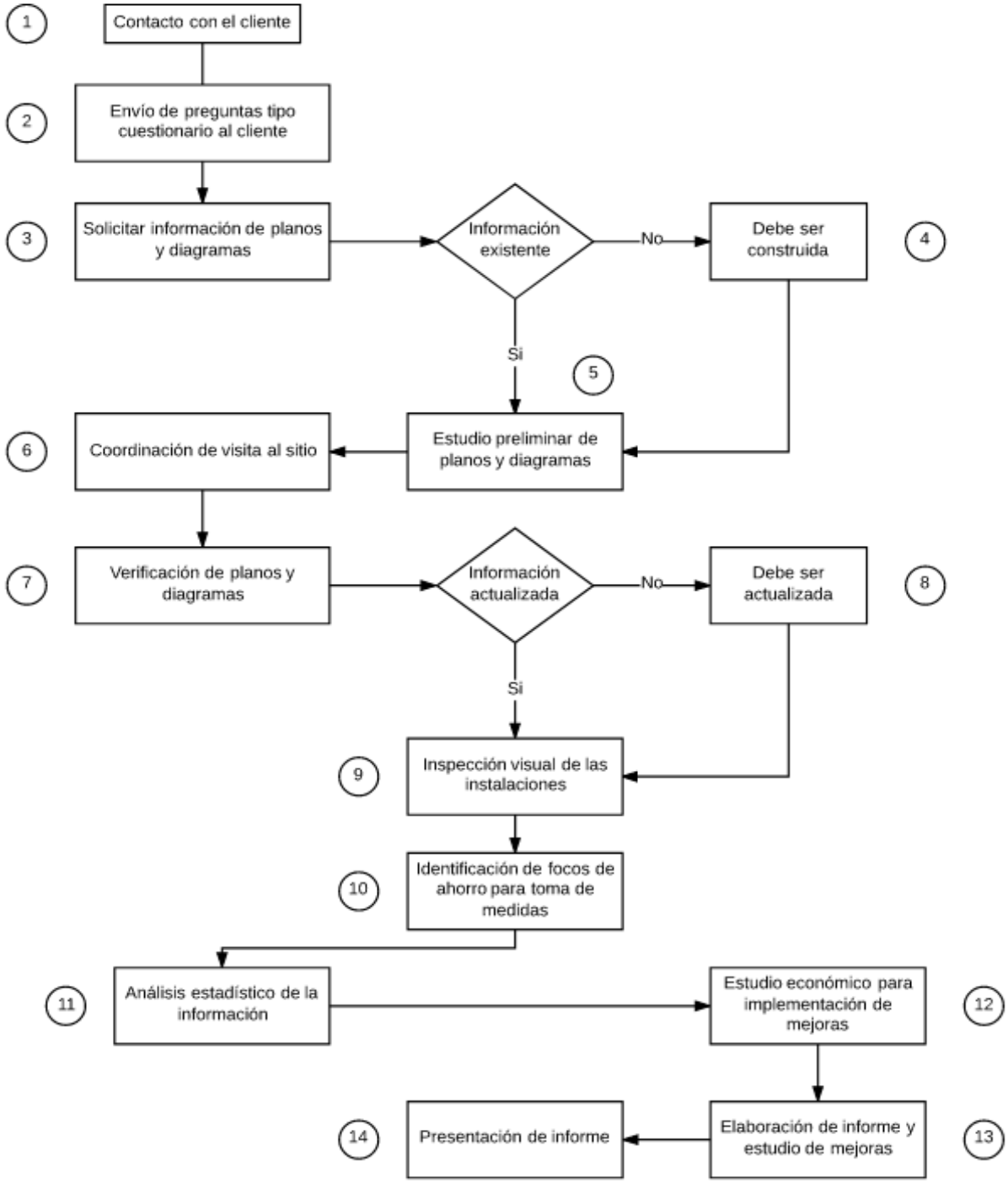

Figura 22. Diagrama de flujo Auditoría energética básica en usuario comercial. Fuente: elaboración propia

Como se pudo observar en la Figura 22, una auditoría energética básica contiene los mismos elementos que un diagnóstico energético pero cambia el enfoque. Si bien el diagnóstico está encaminado en conocer el estado del sistema energético, la auditoría básica pretende llegar más allá y evaluar focos de consumo para proponer medidas de ahorro incluyendo una estimación económica de implementación.
En la tabla 6 se realiza la explicación de cada uno de los ítems contenidos en el proceso de auditoría energética básica, resaltando en color verde los puntos diferenciales con el proceso de diagnóstico energético.

Tabla 6. Explicación ítems del proceso auditoría energética básica en usuario comercial. Fuente: Elaboración propia

1	Al tener plenamente identificado el usuario al cual se le efectuará la auditoría básica, se debe contactar con la dependencia administrativa pertinente para así ser direccionados, en la mayoría de los casos, a la división de mantenimiento quienes son los responsables de todos los aspectos técnicos que se puedan presentar. Si existiese un departamento de ingeniería, con ellos se deben tener los primeros acercamientos. En este primer contacto se debe obtener por parte del cliente información básica, como por ejemplo aclarar y acotar los objetivos que buscan con el estudio. Se puede obtener información general como área a intervenir, tipos de energía involucrada, equipos principales, entre otros.
2	Al enviar un cuestionario energético al cliente, se busca identificar el conocimiento que este tiene sobre la red eléctrica y cómo es su interacción con ella. De esta manera se pueden intuir posibles debilidades y/o fortalezas las cuales serán verificadas en la visita técnica.
3	La solicitud de planos y diagramas se debe realizar de manera formal por medio de oficio firmado. La información básica a suministrar debe ser: - Planos de circuitos de iluminación. - Planos de circuitos de tomacorrientes de red normal y red regulada. - Planos de circuitos de red de respaldo de energía. - Planos de circuitos de red contra incendios. **- Planos de centros de control de motores.** **- Planos de sistemas de refrigeración.** **- Planos de máquinas especiales.** - Diagramas unifilares. - Memorias de cálculo eléctrico.
4	Si la información solicitada (planos, diagramas y memorias) no se encuentra disponible ya sea porque fue extraviada o porque nunca ha sido realizada, debe ser construida ya que es el soporte de ingeniería para el conocimiento de la red de energía.
5	Una vez se cuente con la información solicitada, esta debe ser analizada previamente por el equipo profesional que ejecutará la auditoría. Realizar un estudio previo de la información es de mucha utilidad antes de enfrentarse con la realidad del campo.

6	Con la dependencia con la cual se han realizado los primero acercamientos, se debe coordinar la visita al sitio la cual se llevará a cabo con acompañamiento del personal idóneo para tal fin. Se deben generar los respectivos permisos de ingreso a áreas restringidas ya que es fundamental el conocimiento de la instalación por completo.
7	Durante el recorrido en la visita técnica, se corroborará la veracidad y nivel de actualización de la información suministrada por el cliente, revisando que las rutas, canalizaciones, ductos y conductores sean los señalados en planos y plasmados en cuadros de carga. **Además se realizará el diligenciamiento de formatos diseñados para documentar la información levantada en sitio.**
8	Si la información que se encuentra en sitio no está actualizada, a medida que se avanza con las verificaciones se debe actualizar.
9	Dentro de las revisiones que se llevarán a cabo en inspección visual se consideran las siguientes: - Estado de subestaciones. - Estado de tableros principales. - Estado de acometida y alimentadores. - Estado de elementos de protección y maniobra. - Estado y condiciones de canalizaciones y ductos. - Estado de tableros de distribución. - Estado de salidas de iluminación. - Estado de salidas de tomacorrientes. - Estado de red contraincendios. - Estado de red de respaldo. - Revisión de protocolos de mantenimiento a grupos electrógenos. - Identificación y caracterización de comportamientos de consumo. - Identificación de posibilidades de ahorro a simple vista. - Identificación de focos de consumo para determinar puntos de medición.
10	Una vez identificados los focos de consumo, se debe proponer la medición específica mediante la utilización del dispositivo adecuado. Debido a que nos centramos en la parte eléctrica el dispositivo a emplear es el analizador de redes. Es importante contar con el registro de consumo de los últimos doce (12) meses el cual se puede encontrar en la factura de energía proporcionada por el comercializador de este servicio. Sin embargo, contar con mediciones independientes por circuitos permite identificar qué porcentaje de participación tienen en el consumo general y da la posibilidad de proponer medidas de ahorro adecuadas.
11	Todos los datos obtenidos por medio del analizar de redes deben ser sometidos a un análisis estadístico. Dicho análisis permitirá en primera instancia conocer detalladamente los perfiles de consumo en los circuitos medidos. De esta manera se podrán identificar posibilidades de ahorro.
12	Cuando el equipo de ingeniería haya revisado todas las alternativas de ahorro, se debe realizar un estudio económico de las implementaciones.
13	Una vez se tenga toda la información necesaria con sus respectivos

	registros fotográficos, se construirá el informe en el cual se plasmarán los resultados del estudio. Este informe deberá contener todo lo relacionado con el diagnóstico, las mediciones realizadas, las alternativas de ahorro encontradas, las propuestas de ahorro energético y el respectivo informe económico de las implementaciones.
14	Finalmente el informe deberá ser expuesto ante el personal adecuado. Es de tener en cuenta que debido a que el contenido del informe es de connotación técnico-económica, el personal que asistirá a la presentación es de formación técnica y administrativa. Se debe realizar una presentación ejecutiva con el fin de resaltar los aspectos más relevantes con el fin que todos los asistentes comprendan los resultados de la auditoría.

AUDITORÍA ENERGÉTICA DINÁMICA Y CONTINUA A UN USUARIO COMERCIAL:

La Figura 23 muestra las características de una auditoría dinámica y continua cuando se tiene un usuario que pretende implementar un SGE o que ya está aplicando uno.

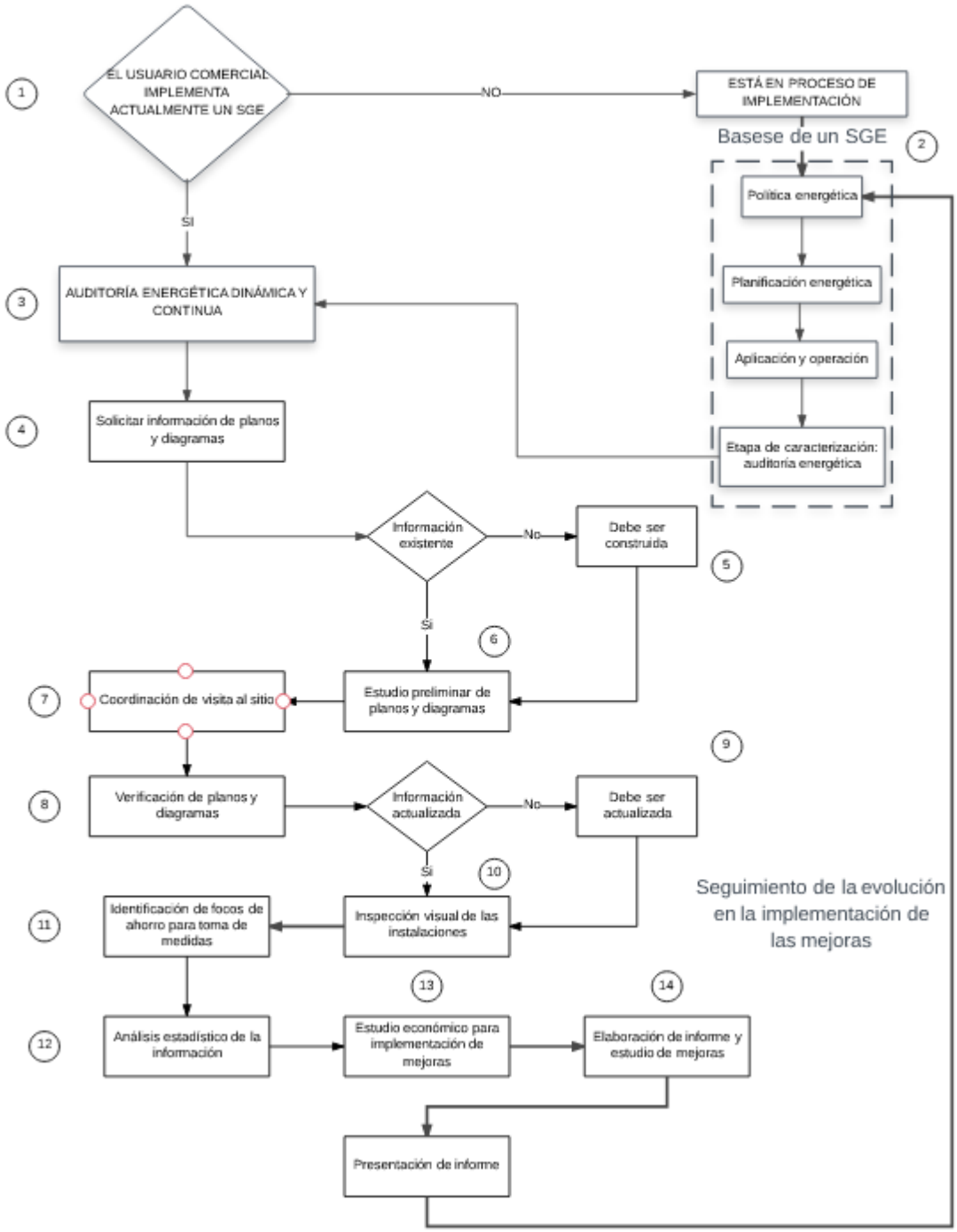

Figura 23. Diagrama de flujo Auditoría energética dinámica y continua en usuario comercial. Fuente: elaboración propia

Tabla 7. Explicación ítems del proceso auditoría energética dinámica y continua en usuario comercial. Fuente: Elaboración propia

1	Este tipo de auditoría se realizará cuando está enmarcada dentro de un Sistema de Gestión de Energía ya sea porque se piensa implementar o porque ya se está implementando uno. Y es precisamente esa claridad la que se debe hacer desde el primer paso.
2	Si el usuario comercial no tiene un SGE y está en proceso de adoptarlo, debe basarse en el esquema básico establecido por la norma ISO 50001 para cumplir con todos los lineamientos y requerimientos.
3	La cuarta etapa en el proceso de implementación de un SGE es la caracterización energética la cual en este caso la denominamos auditoría energética. En el caso que el usuario ya esté implementando un SGE, es decir que ya ha cumplido con las etapas previas de conformación y construcción de dicho sistema, abordará directamente el proceso con la auditoría energética dinámica y continua.
4	La solicitud de planos y diagramas básicamente debe contener la siguiente información: - Planos de circuitos de iluminación. - Planos de circuitos de tomacorrientes de red normal y red regulada. - Planos de circuitos de red de respaldo de energía. - Planos de circuitos de red contra incendios. - Planos de centros de control de motores. - Planos de sistemas de refrigeración. - Planos de máquinas especiales. - Diagramas unifilares. - Memorias de cálculo eléctrico.
5	Si la información solicitada (planos, diagramas y memorias) no se encuentra disponible ya sea porque fue extraviada o porque nunca ha sido realizada, debe ser construida ya que es el soporte de ingeniería para el conocimiento de la red de energía y deberá ser entregada al personal responsable con el fin de poderla consultar cuando se requiera.
6	Una vez se cuente con la información solicitada, esta debe ser analizada previamente por el equipo profesional que ejecuta la auditoría, ya sea un ente externo el mismo personal designado para estas funciones. Realizar un estudio previo de la información es de mucha utilidad antes de enfrentarse con la realidad del campo.
7	Se debe coordinar la visita al sitio la cual se llevará a cabo con acompañamiento del personal idóneo para tal fin. Se deben generar los respectivos permisos de ingreso a áreas restringidas ya que es fundamental el conocimiento de la instalación por completo.
8	Durante el recorrido en la visita técnica, se corroborará la veracidad y nivel de actualización de la información suministrada por el cliente, revisando que las rutas, canalizaciones, ductos y conductores sean los señalados en planos y plasmados en cuadros de carga. Además se realizará el diligenciamiento de formatos diseñados para documentar la información

	levantada en sitio.
9	Si la información que se encuentra en sitio no está actualizada, a medida que se avanza con las verificaciones se debe actualizar.
10	Dentro de las revisiones que se llevarán a cabo en inspección visual se consideran las siguientes: - Estado de subestaciones. - Estado de tableros principales. - Estado de acometida y alimentadores. - Estado de elementos de protección y maniobra. - Estado y condiciones de canalizaciones y ductos. - Estado de tableros de distribución. - Estado de salidas de iluminación. - Estado de salidas de tomacorrientes. - Estado de red contraincendios. - Estado de red de respaldo. - Revisión de protocolos de mantenimiento a grupos electrógenos. - Identificación y caracterización de comportamientos de consumo. - Identificación de posibilidades de ahorro a simple vista. - Identificación de focos de consumo para determinar puntos de medición.
11	Una vez identificados los focos de consumo, se debe proponer la medición específica mediante la utilización del dispositivo adecuado. Debido a que nos centramos en la parte eléctrica el dispositivo a emplear es el analizador de redes. Es importante contar con el registro de consumo de los últimos doce (12) meses el cual se puede encontrar en la factura de energía proporcionada por el comercializador de este servicio. Sin embargo, contar con mediciones independientes por circuitos permite identificar qué porcentaje de participación tienen en el consumo general y da la posibilidad de proponer medidas de ahorro adecuadas.
12	Todos los datos obtenidos por medio del analizar de redes deben ser sometidos a un análisis estadístico. Dicho análisis permitirá en primera instancia conocer detalladamente los perfiles de consumo en los circuitos medidos. De esta manera se podrán identificar posibilidades de ahorro. De igual manera, en aras de establecer la línea base como se establece en las metodologías de ISO 500001 se deben adoptar las diferentes alternativas existentes para tal fin.
13	Cuando el comité de energía haya revisado todas las alternativas de ahorro, se debe realizar un estudio económico de las implementaciones.
14	Una vez se tenga toda la información necesaria con sus respectivos registros fotográficos, se construirá el informe en el cual se plasmarán los resultados del estudio. Este informe deberá contener todo lo relacionado con el diagnóstico, las mediciones realizadas, las alternativas de ahorro encontradas, las propuestas de ahorro energético y el respectivo informe económico de las implementaciones.
15	Finalmente el informe deberá ser expuesto ante el personal adecuado. Es

	de tener en cuenta que debido a que el contenido del informe es de connotación técnico-económica, el personal que asistirá a la presentación es de formación técnica y administrativa. Se debe realizar una presentación ejecutiva con el fin de resaltar los aspectos más relevantes con el fin que todos los asistentes comprendan los resultados de la auditoría.

La característica particular que diferencia este tipo de auditoría energética de las demás, es la línea de retroalimentación que direcciona el último nivel del proceso y lo lleva nuevamente al Sistema de Gestión Energética.
El porqué de esta situación es precisamente la razón por la que se llama auditoria dinámica y continua, ya que debido a las exigencias del SGE se deben realizar actualizaciones periódicas y constantes de la información energética a manera de evaluación del Sistema de Gestión, para poder relacionar directamente las cargas con el consumo y el comportamiento de los usuarios del sistema eléctrico.

3.4.3 Criterios Sector Oficial o Público

En el capítulo anterior se mencionó que el sector oficial colombiano está conformado por todas las edificaciones donde operan las instituciones del Estado. Cabe recordar la clasificación que se ha establecido:

- Instituciones Educativas (Universidades, colegios y escuelas).
- Instituciones de Orden Nacional (Gobernaciones, alcaldías, ministerios, cárceles y palacios de justicia).
- Instituciones de Salud (Hospitales y clínicas).

A la hora de tener en cuenta las consideraciones más relevantes para afrontar un proceso energético en este sector, se deben determinar el tipo de cargas típicas que allí se instalan:

- En las instituciones educativas de carácter público tipo colegio y escuela, la carga más representativa es la iluminación y es en donde debe estar enfocado el análisis para determinar posibilidad de ahorro en el consumo.

- En las instituciones educativas de carácter público tipo universidad se deben considerar las siguientes cargas, ya que la iluminación no es la única que aporta al consumo total de energía:
  - Servidores.
  - Equipos de cómputo.
  - Sistemas de refrigeración (aire acondicionado).
  - Iluminación.

  Además resulta relevante evaluar las condiciones del usuario con el operador de red para considerar la posibilidad de ser usuario no regulado.

- En las instituciones de orden nacional, la atención debe centrarse en la carga instalada de equipos de cómputo e iluminación ya que es lo que predomina en estos edificios.
  En algunas zonas del país se debe considerar de manera particular la carga aportada por aires acondicionados debido a las condiciones de temperatura ambiente.

- En las instituciones de salud se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones para desarrollar una auditoría energética: (Sanz-calcedo et al., 2011)
  - Tipo de usuario ante el operador de red.
  - Equipos que consumen energía reactiva y pagos por este concepto.
  - Calderas.
  - Sistemas de iluminación.
  - Sistemas de climatización.
  - Aislamiento térmico.

La Figura 24 propone el inicio del proceso metodológico para la realización de una auditoría energética en un usuario oficial.

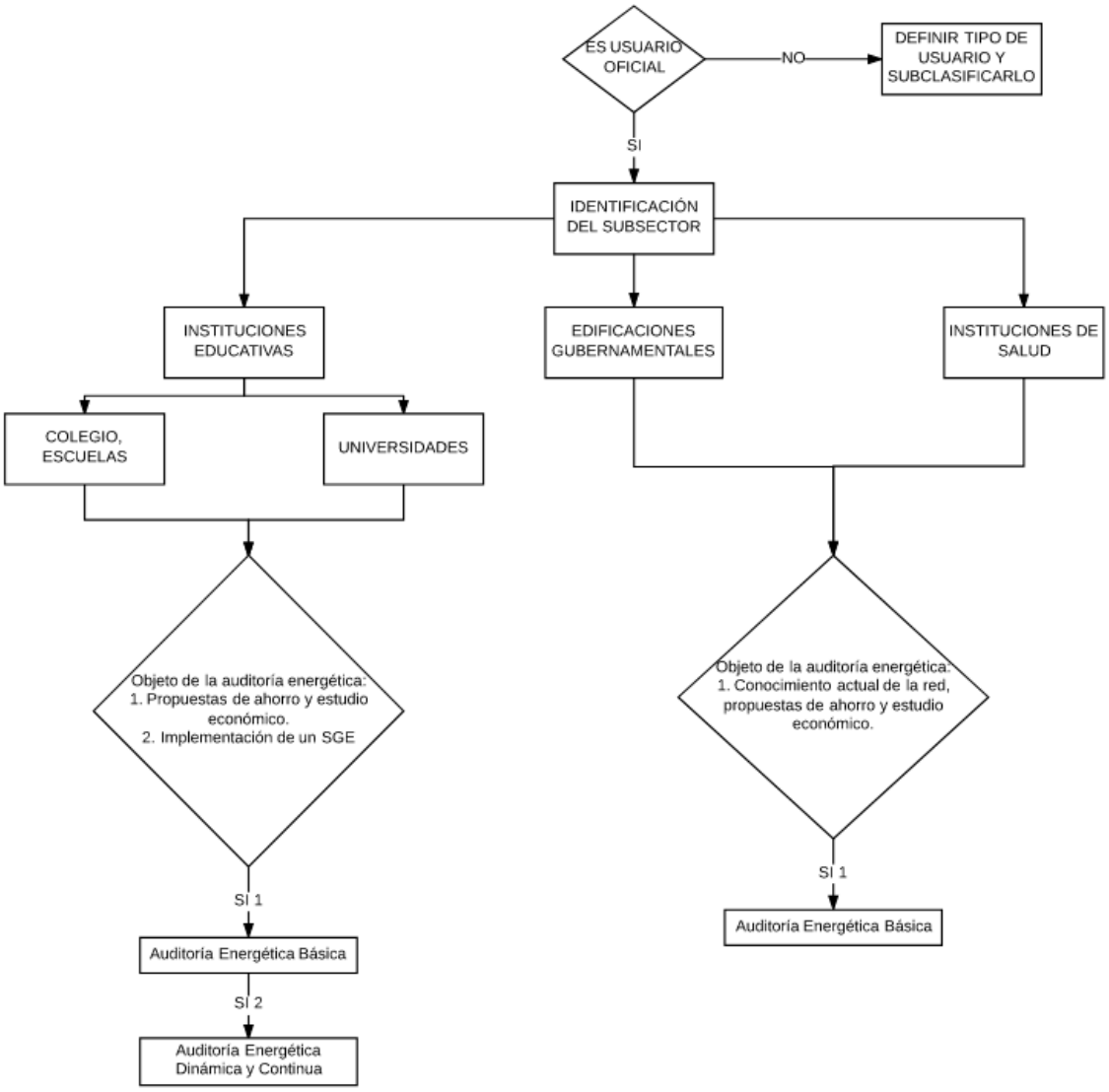

Figura 24. Diagrama de flujo Inicio de auditoría energética en usuario oficial. Fuente: Elaboración propia.

A continuación se realizará el esquema de cada proceso de auditoría para cada caso.

AUDITORÍA ENERGÉTICA BÁSICA A UN USUARIO OFICIAL (INSTITUCIÓN EDUCATIVA):

La Figura 25 esquematiza de manera detallada los pasos a seguir cuando se pretende realizar una auditoría energética básica en una institución educativa tipo colegio o escuela de carácter oficial.

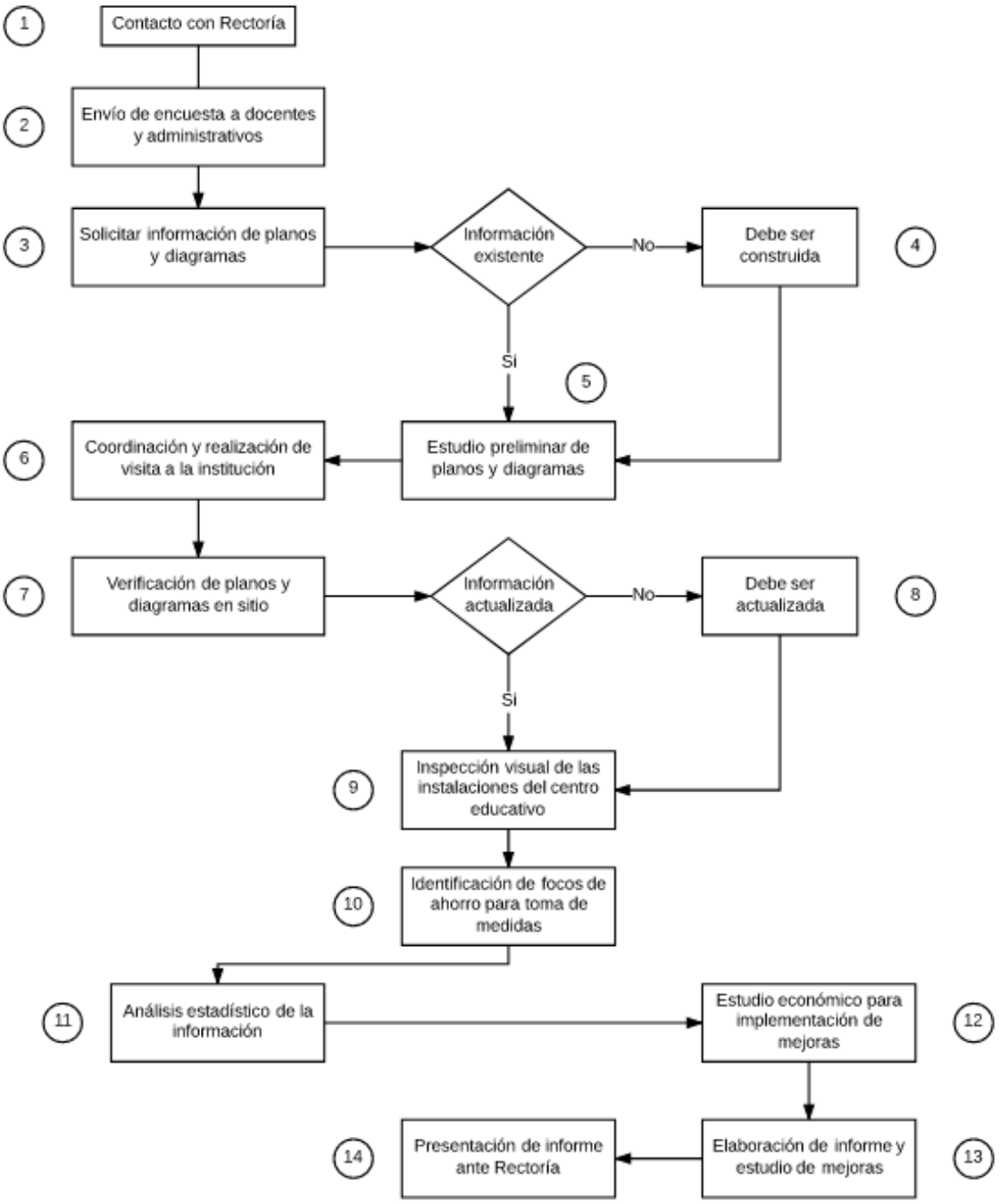

Figura 25. Diagrama de flujo Auditoría energética básica en institución educativa oficial. Fuente: elaboración propia

En la sección anterior en donde se expuso el proceso metodológico para la realización de auditorías energéticas en usuarios comerciales, se explicó la finalidad y el proceso de un diagnóstico energético. Debido a las necesidades y objetivos que tienen las instituciones educativas de tipo oficial se parte desde las auditorías energéticas básicas. Cabe recordar que el alcance de éstas es superior al del diagnóstico energético y que de igual forma el diagnóstico es la primera etapa de la auditoría.

En la tabla 8 se explica cada ítem del proceso de auditoría energética básica. En primer lugar se tratará el escenario de usuario oficial tipo colegio o escuela.

Tabla 8. Explicación ítems del proceso auditoría energética básica en institución educativa oficial. Fuente: Elaboración propia

1	El contacto con la rectoría del centro educativo es lo primero que se debe realizar para tener un acercamiento inicial a las directivas. Este primer contacto debe servir para aclarar el panorama del porqué de la actividad. Se debe buscar la obtención por parte del rector o de sus coordinadores información básica, como por ejemplo aclarar y acotar los objetivos que buscan con el estudio. Se puede obtener información general como área a intervenir, tipos de energía involucrada, equipos principales, entre otros. El personal de mantenimiento o servicios generales puede ser de gran utilidad en este proceso.
2	El envío de un cuestionario a los directivos y docentes de la institución educativa, busca conocer de primera mano el nivel educativo con el que cuentan los actores principales en temas de consumo energético. La consulta se puede elevar hasta estudiantes de educación media (grados décimo y once).
3	Con la solicitud de planos y diagramas se busca conocer los diseños básicos de la institución. Entre estos se pueden encontrar. - Planos de circuitos de iluminación. - Planos de circuitos de tomacorrientes de red normal y red regulada. - Planos de circuitos de red de respaldo de energía. - Planos de circuitos de red contra incendios. - Planos de centros de control de motores. - Planos de sistemas de refrigeración. - Diagramas unifilares. - Memorias de cálculo eléctrico.
4	Es común encontrar que la información solicitada (planos, diagramas y memorias) no está disponible debido a la edad de las instalaciones o porque no fue archivada cuidadosamente. Esta información deberá ser construida ya que es el soporte de ingeniería para el conocimiento de la red de energía.
5	Una vez se cuente con la información necesaria, esta debe ser analizada previamente por el equipo profesional que ejecutará la auditoría. Realizar un estudio previo de la información es de mucha utilidad antes de enfrentarse con la realidad del campo.

6	Se deberá coordinar, planear y programar la visita a la institución con la rectoría y las respectivas coordinaciones. Idealmente la visita se debe realizar en ausencia de estudiantes para alterar en la menor medida posible la normal ejecución de las actividades académicas, a excepción de las actividades de evaluación de comportamiento y caracterización de consumo que requiera de la presencia de la población estudiantil.
7	Durante el recorrido en la visita técnica, se corroborará la veracidad y nivel de actualización de la información suministrada por la institución, revisando que las rutas, canalizaciones, ductos y conductores sean los señalados en planos y plasmados en cuadros de carga. Además se realizará el diligenciamiento de formatos diseñados para documentar la información levantada en sitio. Los formatos se presentarán en el anexo.
8	Si la información que se encuentra en sitio no está actualizada, a medida que se avanza con las verificaciones se debe actualizar.
9	La gran mayoría de instituciones educativas de carácter oficial tipo escuela o colegio, son edificaciones antiguas y de tamaño considerable. Por esta razón las verificaciones visuales se deben enfocar en. - Redes primarias de suministro de energía eléctrica. - Estado y características de subestaciones. - Estado de tableros principales. - Estado de acometida y alimentadores. - Estado de elementos de protección y maniobra. - Estado y condiciones de canalizaciones y ductos. - Estado de tableros de distribución. - Estado y tecnología del sistema de iluminación. - Estado de salidas de tomacorrientes. - Estado de red contraincendios si la tiene. - Estado de red de respaldo si lo tiene. - Revisión de protocolos de mantenimiento a grupos electrógenos si los tiene. - Identificación y caracterización de comportamientos de consumo, estudio que se deberá realizar en jornada escolar normal para evaluar el uso que la población estudiantil hace de la energía eléctrica. - Identificación de posibilidades de ahorro a simple vista. - Identificación de focos de consumo para determinar puntos de medición.
10	Una vez identificados los focos de consumo, se debe proponer la medición específica mediante la utilización del dispositivo adecuado. Debido a que nos centramos en la parte eléctrica el dispositivo a emplear es el analizador de redes. Es importante contar con el registro de consumo de los últimos doce (12) meses el cual se puede encontrar en la factura de energía proporcionada por el Operador de Red. Sin embargo, contar con mediciones independientes por circuitos permite identificar qué porcentaje de participación tienen en el consumo general y da la posibilidad de proponer medidas de ahorro adecuadas.
11	Todos los datos obtenidos por medio del analizar de redes deben ser

	sometidos a un análisis estadístico. Dicho análisis permitirá en primera instancia conocer detalladamente los perfiles de consumo en los circuitos medidos. De esta manera se podrán identificar posibilidades de ahorro.
12	Cuando el equipo de ingeniería haya revisado todas las alternativas de ahorro, se debe realizar un estudio económico de las implementaciones, el cual contendrá información relacionada con los recursos necesarios para la ejecución de las obras y el tiempo de retorno de la inversión.
13	Una vez se tenga toda la información necesaria con sus respectivos registros fotográficos, se construirá el informe en el cual se plasmarán los resultados del estudio. Este informe deberá contener todo lo relacionado con el diagnóstico, las mediciones realizadas, las alternativas de ahorro encontradas, las propuestas de ahorro energético y el respectivo informe económico de las implementaciones. Es importante recordar que como se trata de instituciones oficiales, los recursos destinados para las actividades resultantes del estudio dependerán de la disponibilidad presupuestal con la que cuenten este tipo de entidades. No se puede olvidar las modalidades de contratación pública con las que cuenta Colombia.
14	Finalmente el informe deberá ser expuesto ante la Rectoría de la institución y/o Secretaría de Educación pertinente para justificar la consecución de recursos. Es de tener en cuenta que debido a que la connotación del informe es técnico-económica, el personal que asistirá a la presentación es de formación técnica y administrativa. Se debe realizar una presentación ejecutiva con el fin de resaltar los aspectos más relevantes con el fin que todos los asistentes comprendan los resultados de la auditoría.

Explicado el proceso metodológico para ser aplicado a un colegio o a una escuela de tipo oficial, en la tabla 9 se explica cada ítem del proceso de auditoría energética básica para una institución de educación superior (universidad).

Tabla 9. Explicación ítems del proceso auditoría energética básica en universidades. Fuente: Elaboración propia

1	El contacto con la rectoría de la institución es lo primero que se debe realizar para tener un acercamiento inicial a las directivas y de esta manera poder tener un direccionamiento con la sección de mantenimiento del campus universitario que se intervendrá o de la edificación específica que se someterá a la auditoría energética. Este primer contacto debe servir para aclarar el panorama del porqué de la actividad. Se debe buscar la obtención por parte del personal de mantenimiento o de ingeniería información básica, como por ejemplo aclarar y acotar los objetivos que buscan con el estudio. Se puede obtener información general como área a intervenir, tipos de energía involucrada, equipos principales, entre otros.
2	El envío de un cuestionario a los directivos, docentes, cuerpo

	administrativo y estudiantes de la universidad, busca conocer de primera mano el nivel educativo con el que cuentan los actores principales en temas de consumo energético.
3	Con la solicitud de planos y diagramas se busca conocer los diseños básicos del campus o de la edificación particular. Entre estos se pueden encontrar. - Planos de circuitos de iluminación. - Planos de circuitos de tomacorrientes de red normal y red regulada. - Planos de circuitos de red de respaldo de energía. - Planos de circuitos de red contra incendios. - Planos de centros de control de motores. - Planos de sistemas de refrigeración. - Diagramas unifilares. - Memorias de cálculo eléctrico.
4	Es común encontrar que la información solicitada (planos, diagramas y memorias) no está disponible debido a la edad de las instalaciones o porque no fue archivada cuidadosamente. Esta información deberá ser construida ya que es el soporte de ingeniería para el conocimiento de la red de energía.
5	Una vez se cuente con la información necesaria, esta debe ser analizada previamente por el equipo profesional que ejecutará la auditoría. Realizar un estudio previo de la información es de mucha utilidad antes de enfrentarse con la realidad del campo.
6	Se deberá coordinar, planear y programar la visita a la universidad con la dependencia competente para tal fin. Idealmente la visita se debe realizar en ausencia de estudiantes para alterar en la menor medida posible la normal ejecución de las actividades académicas, a excepción de las actividades de evaluación de comportamiento y caracterización de consumo que requiera de la presencia de la población estudiantil.
7	Durante el recorrido en la visita técnica, se corroborará la veracidad y nivel de actualización de la información suministrada por la institución, revisando que las rutas, canalizaciones, ductos y conductores sean los señalados en planos y plasmados en cuadros de carga. Además se realizará el diligenciamiento de formatos diseñados para documentar la información levantada en sitio. Los formatos se presentarán en el anexo.
8	Si la información que se encuentra en sitio no está actualizada, a medida que se avanza con las verificaciones se debe actualizar.
9	Muchos campus universitarios del país, son edificaciones antiguas y de tamaño considerable. Por esta razón las verificaciones visuales se deben enfocar en. - Redes primarias de suministro de energía eléctrica. - Estado y características de subestaciones. - Estado de tableros principales. - Estado de acometida y alimentadores. - Estado de elementos de protección y maniobra. - Estado y condiciones de canalizaciones y ductos.

	- Estado de tableros de distribución. - Estado y tecnología del sistema de iluminación. - Estado de salidas de tomacorrientes. - Estado de red contraincendios si la tiene. - Estado de red de respaldo si lo tiene. - Revisión de protocolos de mantenimiento a grupos electrógenos si los tiene. - Identificación y caracterización de comportamientos de consumo, estudio que se deberá realizar en jornada escolar normal para evaluar el uso que la población estudiantil hace de la energía eléctrica. - Identificación de posibilidades de ahorro a simple vista. - Identificación de focos de consumo para determinar puntos de medición. Es de rescatar que los campus universitarios nuevos, o los bloques de construcción más reciente en las universidades del país, debieron ser diseñados y construidos bajo los lineamientos establecidos en la normatividad vigente, la auditoría constatará que esto sea verídico.
10	Una vez identificados los focos de consumo, se debe proponer la medición específica mediante la utilización del dispositivo adecuado. Debido a que nos centramos en la parte eléctrica el dispositivo a emplear es el analizador de redes. Es importante contar con el registro de consumo de los últimos doce (12) meses el cual se puede encontrar en la factura de energía proporcionada por el comercializador. Sin embargo, contar con mediciones independientes por circuitos permite identificar qué porcentaje de participación tienen en el consumo general y da la posibilidad de proponer medidas de ahorro adecuadas.
11	Todos los datos obtenidos por medio del analizar de redes deben ser sometidos a un análisis estadístico. Dicho análisis permitirá en primera instancia conocer detalladamente los perfiles de consumo en los circuitos medidos. De esta manera se podrán identificar alternativas de ahorro.
12	Cuando el equipo de ingeniería haya revisado todas las alternativas de ahorro, se debe realizar un estudio económico de las implementaciones, el cual contendrá información relacionada con los recursos necesarios para la ejecución de las obras y el tiempo de retorno de la inversión.
13	Una vez se tenga toda la información necesaria con sus respectivos registros fotográficos, se construirá el informe en el cual se plasmarán los resultados del estudio. Este informe deberá contener todo lo relacionado con el diagnóstico, las mediciones realizadas, las alternativas de ahorro encontradas, las propuestas de ahorro energético y el respectivo informe económico de las implementaciones. Es importante recordar que como se trata de instituciones oficiales, los recursos destinados para las actividades resultantes del estudio dependerán de la disponibilidad presupuestal con la que cuenten este tipo de entidades. No se puede olvidar las modalidades de contratación pública

	que rige en Colombia.
14	Finalmente el informe deberá ser expuesto ante la Rectoría de la institución y/o Secretaría de Educación pertinente para justificar la consecución de recursos. Es de tener en cuenta que debido a que la connotación del informe es técnico-económica, el personal que asistirá a la presentación es de formación técnica y administrativa. Se debe realizar una presentación ejecutiva con el fin de resaltar los aspectos más relevantes con el fin que todos los asistentes comprendan los resultados de la auditoría.

Consideración adicional:
Si bien en esta sección se ha comentado lo relacionado con las auditorías energéticas básicas en instituciones educativas de carácter público u oficial, se puede evaluar la aplicabilidad de estos criterios y procesos metodológicos en instituciones de carácter privado ya que se considera que las modificaciones al proceso no son de fondo más no de forma.

AUDITORÍA ENERGÉTICA DINÁMICA Y CONTINUA A UN USUARIO OFICIAL (INSTITUCIÓN EDUCATIVA - UNIVERSIDAD):

Como se ha mencionado en varias oportunidades, la auditoría energética dinámica y continua es aquella que se realiza en los casos de aplicación de Sistemas de Gestión Energética (SGE) ya sea porque éste se encuentran en curso desde tiempo atrás o porque apenas se iniciará su implementación.

La Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá, inició en 2016 la implementación de un SGE en el campus universitario. Es un caso de éxito que lleva de validez el objetivo de esta tesis, ya que trata un tema de importante aplicación en la actualidad. (Agencia de noticias. (2017). *La U.N. caracteriza consumo energético en sus edificios*. [En línea] Disponible en: http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/la-un-caracteriza-consumo-energetico-en-sus-edificios.html [Revisado 4 May 2017]).

La auditoría energética en la implementación de un SGE es la que permite cumplir con todos los requerimientos de caracterización del consumo con el fin de hallar la línea base.

La Figura 26 esquematiza de manera detallada los pasos a seguir cuando se pretende realizar una auditoría energética dinámica y continua en una institución de educación superior en el marco de la implementación de un SGE.

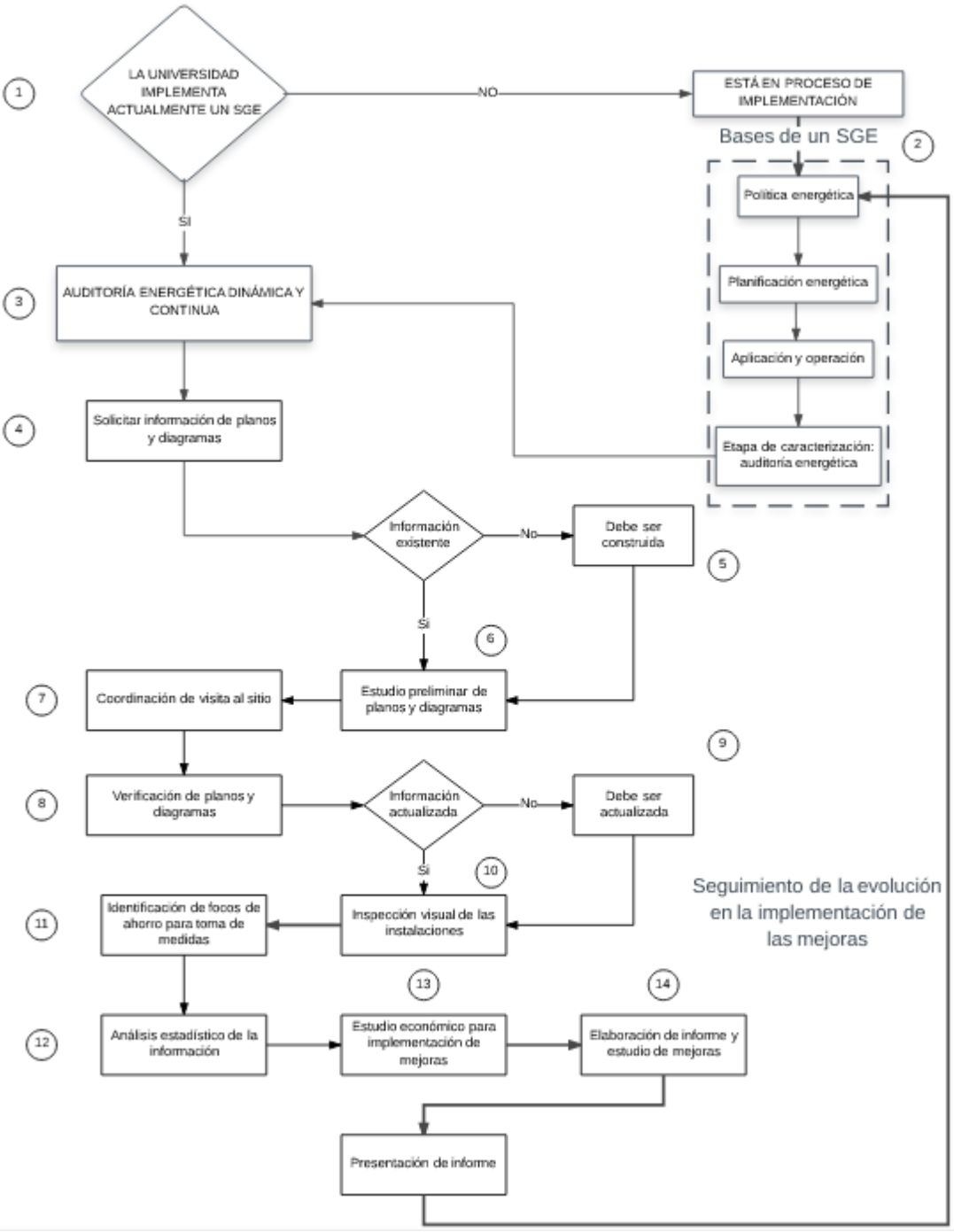

Figura 26. Diagrama de flujo Auditoría energética dinámica y continua en universidad oficial. Fuente: elaboración propia

En la tabla 10 se explican todos los ítems numerados del proceso metodológico.

Tabla 10. Explicación ítems del proceso auditoria energética dinámica y continua en universidades. Fuente: Elaboración propia

1	Este tipo de auditoría se realizará cuando está enmarcada dentro de un Sistema de Gestión de Energía ya sea porque se piensa implementar o porque la universidad ya se está implementando uno. Se debe tener claridad de este hecho desde el primer momento para abordar de manera adecuada el proceso metodológico con los criterios correctos.
2	Si la universidad no tiene un SGE en curso y está en proceso de adoptarlo, debe basarse en el esquema básico establecido por la norma ISO 50001 para cumplir con todos los lineamientos y requerimientos. La NTC ISO 500001 es la norma colombiana de aplicación voluntaria que se toma como referencia para estos casos.
3	La cuarta etapa en el proceso de implementación de un SGE es la caracterización energética la cual en este caso la denominamos auditoría energética. En el caso que la institución ya esté implementando un SGE, es decir que ya ha cumplido con las etapas previas de conformación y construcción de dicho sistema, abordará directamente el proceso con la auditoría energética dinámica y continua.
4	Con la solicitud de planos y diagramas se busca conocer los diseños básicos del campus o de la edificación particular. Entre estos se pueden encontrar. - Planos de circuitos de iluminación. - Planos de circuitos de tomacorrientes de red normal y red regulada. - Planos de circuitos de red de respaldo de energía. - Planos de circuitos de red contra incendios. - Planos de centros de control de motores. - Planos de sistemas de refrigeración. - Diagramas unifilares. - Memorias de cálculo eléctrico.
5	Es común encontrar que la información solicitada (planos, diagramas y memorias) no está disponible debido a la edad de las instalaciones o porque no fue archivada cuidadosamente. Esta información deberá ser construida ya que es el soporte de ingeniería para el conocimiento de la red de energía.
6	Una vez se cuente con la información necesaria, esta debe ser analizada previamente por el equipo profesional que ejecutará la auditoría. Realizar un estudio previo de la información es de mucha utilidad antes de enfrentarse con la realidad del campo.
7	Se deberá coordinar, planear y programar la visita a la universidad con la dependencia competente para tal fin. Idealmente la visita se debe realizar en ausencia de estudiantes para alterar en la menor medida posible la normal ejecución de las actividades académicas, a excepción de las actividades de evaluación de comportamiento y caracterización de consumo que requiera de la presencia de la población estudiantil.
8	Durante el recorrido en la visita técnica, se corroborará la veracidad y nivel

	de actualización de la información suministrada por la institución, revisando que las rutas, canalizaciones, ductos y conductores sean los señalados en planos y plasmados en cuadros de carga. Además se realizará el diligenciamiento de formatos diseñados para documentar la información levantada en sitio. Los formatos se presentarán en el anexo.
9	Si la información que se encuentra en sitio no está actualizada, a medida que se avanza con las verificaciones se debe actualizar.
10	Muchos campus universitarios del país, son edificaciones antiguas y de tamaño considerable. Por esta razón las verificaciones visuales se deben enfocar en. - Redes primarias de suministro de energía eléctrica. - Estado y características de subestaciones. - Estado de tableros principales. - Estado de acometida y alimentadores. - Estado de elementos de protección y maniobra. - Estado y condiciones de canalizaciones y ductos. - Estado de tableros de distribución. - Estado y tecnología del sistema de iluminación. - Estado de salidas de tomacorrientes. - Estado de red contraincendios si la tiene. - Estado de red de respaldo si lo tiene. - Revisión de protocolos de mantenimiento a grupos electrógenos si los tiene. - Identificación y caracterización de comportamientos de consumo, estudio que se deberá realizar en jornada escolar normal para evaluar el uso que la población estudiantil hace de la energía eléctrica. - Identificación de posibilidades de ahorro a simple vista. - Identificación de focos de consumo para determinar puntos de medición. Es de rescatar que los campus universitarios nuevos, o los bloques de construcción más reciente en las universidades del país, debieron ser diseñados y construidos bajo los lineamientos establecidos en la normatividad vigente, la auditoría constatará que esto sea verídico.
11	Una vez identificados los focos de consumo, se debe proponer la medición específica mediante la utilización del dispositivo adecuado. Debido a que nos centramos en la parte eléctrica el dispositivo a emplear es el analizador de redes. Es importante contar con el registro de consumo de los últimos doce (12) meses el cual se puede encontrar en la factura de energía proporcionada por el comercializador. Sin embargo, contar con mediciones independientes por circuitos permite identificar qué porcentaje de participación tienen en el consumo general y da la posibilidad de proponer medidas de ahorro adecuadas.
12	Todos los datos obtenidos por medio del analizar de redes deben ser sometidos a un análisis estadístico. Dicho análisis permitirá en primera instancia conocer detalladamente los perfiles de consumo en los circuitos

	medidos. De esta manera se podrán identificar alternativas de ahorro. De igual manera, en aras de establecer la línea base como se establece en las metodologías de ISO 500001 se deben adoptar las diferentes alternativas existentes para tal fin.
13	Cuando el equipo de ingeniería haya revisado todas las alternativas de ahorro, se debe realizar un estudio económico de las implementaciones, el cual contendrá información relacionada con los recursos necesarios para la ejecución de las obras y el tiempo de retorno de la inversión.
14	Una vez se tenga toda la información necesaria con sus respectivos registros fotográficos, se construirá el informe en el cual se plasmarán los resultados del estudio. Este informe deberá contener todo lo relacionado con el diagnóstico, las mediciones realizadas, las alternativas de ahorro encontradas, las propuestas de ahorro energético y el respectivo informe económico de las implementaciones. Es importante recordar que como se trata de instituciones oficiales, los recursos destinados para las actividades resultantes del estudio dependerán de la disponibilidad presupuestal con la que cuenten este tipo de entidades. No se puede olvidar las modalidades de contratación pública que rige en Colombia.
15	Finalmente el informe deberá ser expuesto ante la Rectoría de la institución y/o Secretaría de Educación pertinente para justificar la consecución de recursos. Es de tener en cuenta que debido a que la connotación del informe es técnico-económica, el personal que asistirá a la presentación es de formación técnica y administrativa. Se debe realizar una presentación ejecutiva con el fin de resaltar los aspectos más relevantes con el fin que todos los asistentes comprendan los resultados de la auditoría.

La característica particular que diferencia este tipo de auditoría energética de las demás, es la línea de retroalimentación que direcciona el último nivel del proceso y lo lleva nuevamente al Sistema de Gestión Energética.
El porqué de esta situación es precisamente la razón por la que se llama auditoria dinámica y continua, ya que debido a las exigencias del SGE se deben realizar actualizaciones periódicas y constantes de la información energética a manera de evaluación del Sistema de Gestión, para poder relacionar directamente las cargas con el consumo y el comportamiento de los usuarios del sistema eléctrico.

Consideración adicional:
Si bien en esta sección se ha comentado lo relacionado con las auditorías energéticas dinámicas y continuas enmarcadas en un SGE en instituciones de educación superior de carácter público u oficial, se puede evaluar la aplicabilidad de estos criterios y procesos metodológicos para instituciones de carácter privado, ya que se considera que las modificaciones al proceso se presentan más en su forma que en su contenido fundamental y las características constructivas de ambos tipos de instituciones pueden llegar a ser similares.

AUDITORÍA ENERGÉTICA BÁSICA A UN USUARIO OFICIAL (INSTITUCIÓN DE ORDEN NACIONAL):

La Figura 27, esquematiza de manera detallada los pasos a seguir cuando se pretende realizar una auditoría energética básica en una institución de orden nacional. Esta sección está ligada directamente al estudio de caso ya que allí se expondrá en detalle el procedimiento realizado con una entidad del Estado Colombiano a la que se le aplicó este tipo de auditoría energética.

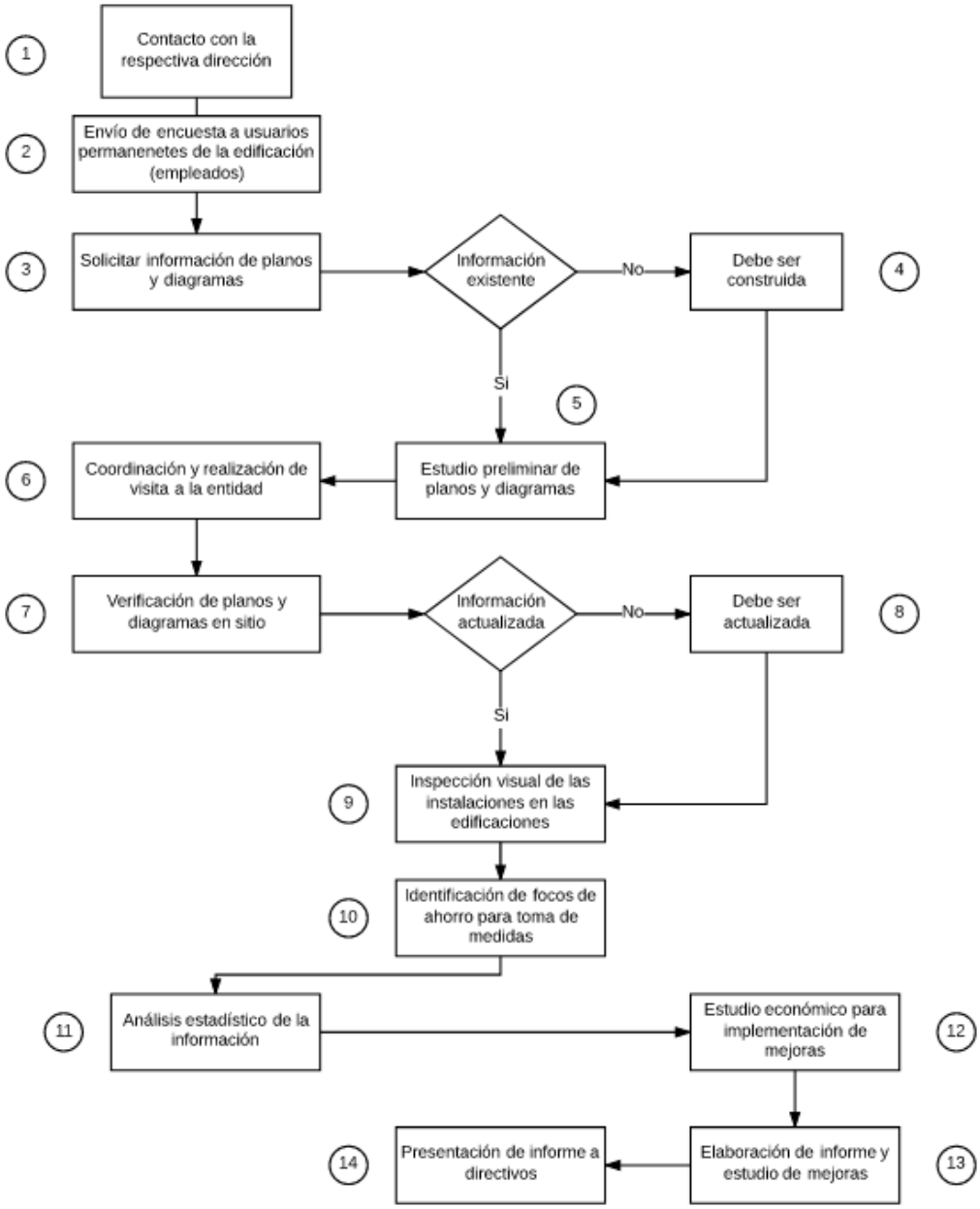

Figura 27. Diagrama de flujo Auditoría energética básica en institución de orden nacional. Fuente: elaboración propia

En la tabla 11, se explica cada ítem del proceso de auditoría energética básica en una institución de orden nacional.

Tabla 11. Explicación ítems del proceso auditoría energética básica en instituciones de orden nacional. Fuente: Elaboración propia

1	Después de obtenido el contrato y de realizar una adecuada investigación sobre las características del usuario, el primer contacto directo se presenta generalmente con la dirección o administración del edificio quien realiza el respectivo direccionamiento a la división de mantenimiento de la entidad. Este primer contacto debe servir para aclarar el panorama del porqué de la actividad. Se debe buscar la obtención por parte del administrador, ingeniero de mantenimiento o técnico información básica, como por ejemplo aclarar y acotar los objetivos que buscan con el estudio. Se puede obtener información general como área a intervenir, tipos de energía involucrada, equipos principales, entre otros. La buena disposición del personal de la edificación será fundamental ya que el acompañamiento para el proceso de auditoría será por parte de ellos.
2	En algunas ocasiones las directivas de entidades públicas son evasivas con las encuestas de cualquier tipo, ya que son aprovechadas para otros fines como por ejemplo vislumbrar negligencias o faltas de cuidado. En este caso se debe procurar la realización de una encuesta de tipo energético con mucho tacto, con las preguntas claves y puntuales para obtener el objetivo principal: conocer el nivel de educación y conocimiento en temas energéticos de los usuarios permanentes de las instalaciones.
3	Con la solicitud de planos y diagramas se busca conocer los diseños básicos de la edificación. Entre estos se pueden encontrar. - Planos de circuitos de iluminación. - Planos de circuitos de tomacorrientes de red normal y red regulada. - Planos de circuitos de red de respaldo de energía. - Planos de circuitos de red contra incendios. - Planos de centros de control de motores. - Planos de sistemas de refrigeración. - Diagramas unifilares. - Memorias de cálculo eléctrico.
4	Las entidades gubernamentales cuentan en la mayoría de los casos con una dependencia de archivo. Allí es posible encontrar la información solicitada en el punto anterior pero como es de entender es material antiguo que seguramente no se encontrará en medio magnético sino físico y en ocasiones en mal estado. Es común encontrar también que la información solicitada (planos, diagramas y memorias) no está disponible debido a la edad de las edificaciones. Esta información deberá ser construida ya que es el soporte de ingeniería para el conocimiento de la red de energía.
5	Una vez se cuente con la información necesaria, esta debe ser analizada previamente por el equipo profesional que ejecutará la auditoría. Realizar un estudio previo de la información es de mucha utilidad antes de enfrentarse con la realidad del campo.

6	Se deberá coordinar, planear y programar con la dependencia encargada la visita a la edificación. Es fundamental contar con los permisos y autorizaciones adecuadas además del acompañamiento respectivo de personal de la edificación, para tener acceso a todos los lugares. Es importante recordar que la mayoría de las entidades gubernamentales restringen el acceso a lugares importantes de los edificios por el carácter confidencial de mucha información que se maneja en estas entidades. Pocos organismos del Estado permiten trabajos los fines de semana, ya que la jornada laboral de los empleados es de lunes a viernes, se debe realizar una programación de los trabajos adecuada teniendo en cuenta esta situación.
7	Durante el recorrido en la visita técnica, se corroborará la veracidad y nivel de actualización de la información suministrada por la institución, revisando que las rutas, canalizaciones, ductos y conductores sean los señalados en planos y plasmados en cuadros de carga. Además se realizará el diligenciamiento de formatos diseñados para documentar la información levantada en sitio. Los formatos se presentarán en el anexo.
8	Si la información que se encuentra en sitio no está actualizada, a medida que se avanza con las verificaciones se debe actualizar. Uno de los entregables del estudio deben ser los planos actualizados de la red eléctrica.
9	La inspección visual deberá realizarse durante todo el recorrido. Dentro de las particularidades a tener en cuenta se encuentran las siguientes: - Redes primarias de suministro de energía eléctrica. - Estado y características de subestaciones. - Estado de tableros principales. - Estado de acometida y alimentadores. - Estado de elementos de protección y maniobra. - Estado y condiciones de canalizaciones y ductos. - Estado de tableros de distribución. - Estado y tecnología del sistema de iluminación. - Estado de salidas de tomacorrientes. - Estado de red contraincendios si la tiene. - Estado de red de respaldo si lo tiene. - Revisión de protocolos de mantenimiento a grupos electrógenos si los tiene. - Revisión de protocolos de centros de transformación de ser necesarios. - Identificación y caracterización de comportamientos de consumo. - Identificación de posibilidades de ahorro a simple vista. - Identificación de focos de consumo para determinar puntos de medición.
10	Una vez identificados los focos de consumo, se debe proponer la medición específica mediante la utilización del dispositivo adecuado. Debido a que nos centramos en la parte eléctrica el dispositivo a emplear es el analizador de redes. Es importante contar con el registro de consumo de los últimos doce (12)

	meses el cual se puede encontrar en la factura de energía proporcionada por el Operador de Red. Sin embargo, contar con mediciones independientes por circuitos permite identificar qué porcentaje de participación tienen en el consumo general y da la posibilidad de proponer medidas de ahorro adecuadas.
11	Todos los datos obtenidos por medio del analizar de redes deben ser sometidos a un análisis estadístico. Dicho análisis permitirá en primera instancia conocer detalladamente los perfiles de consumo en los circuitos medidos. De esta manera se podrán identificar posibilidades de ahorro.
12	Cuando el equipo de ingeniería haya revisado todas las alternativas de ahorro, se debe realizar un estudio económico de las implementaciones, el cual contendrá información relacionada con los recursos necesarios para la ejecución de las obras y el tiempo de retorno de la inversión. Las entidades gubernamentales han buscado realizar en el último tiempo estudios de prefactibilidad para la implementación de energías renovables. La auditoría energética básica no contempla esta posibilidad, sin embargo la auditoría energética profunda llega hasta estas consideraciones. Si desde el inicio del proceso se han dejado claros los alcances y se incluirá este tipo de estudio en la auditoría energética básica, se deberán realizar los análisis pertinentes a la hora de evaluar la viabilidad de implementar sistemas de generación no convencional de energía eléctrica e incluir los estudios económicos de implementación. Además se deberá considerar el ahorro en consumo, en dinero y en emisiones a la atmósfera.
13	Una vez se tenga toda la información necesaria con sus respectivos registros fotográficos, se construirá el informe en el cual se plasmarán los resultados del estudio. Este informe deberá contener todo lo relacionado con el diagnóstico, las mediciones realizadas, las alternativas de ahorro encontradas, las propuestas de ahorro energético y el respectivo informe económico de las implementaciones, además del estudio de prefactibilidad de implementación de energías renovables si está dentro del alcance. Es importante recordar que como se trata de instituciones oficiales, los recursos destinados para las actividades resultantes del estudio dependerán de la disponibilidad presupuestal con la que cuenten este tipo de entidades. No se puede olvidar las modalidades de contratación pública con las que cuenta Colombia.
14	Finalmente el informe deberá ser expuesto ante la dirección de la entidad para justificar la consecución de recursos. Es de tener en cuenta que debido a que la connotación del informe es técnico-económica, el personal que asistirá a la presentación es de formación técnica y administrativa. Se debe realizar una presentación ejecutiva con el fin de resaltar los aspectos más relevantes con el fin que todos los asistentes comprendan los resultados de la auditoría.

AUDITORÍA ENERGÉTICA BÁSICA A UN USUARIO OFICIAL (SECTOR SALUD):

Así como el sector industrial posee una complejidad particular de cada industria en especial, el subsector salud dentro del macro sector oficial tiene sus características independientes.

Teniendo en cuenta las particularidades y diferencias que tienen las entidades de salud en comparación con otro tipo de edificaciones, en esta tesis no se tratará a profundidad este sector. Sin embargo se mencionarán a continuación algunos lineamientos a tener en cuenta en la realización de auditorías energéticas.

1. Medidas para la eficiencia energética.
2. Diseño del edificio.
3. Ahorro de energía eléctrica en los sistemas de iluminación.
4. Ahorro de energía eléctrica mediante el control racional y eficiente de la iluminación y el control automático de temperatura mediante dispositivos inverter.
5. Sistemas de ahorro de agua y energía.
6. Tecnologías de calefacción que promuevan la eficiencia energética.
7. Eficiencia energética en la climatización del hospital o clínica.
8. Estudios para emplear energías renovables en cargas no vitales de la instalación.

La implementación de sistemas de gestión energética en entidades de salud públicas no ha tenido aún el impacto deseado. Es una iniciativa que se debe considerar teniendo en cuenta el nivel de consumo de energía eléctrica y térmica con el que cuenta los hospitales y clínicas.

3.4.4 Criterios Sector Residencial

En esta sección se propondrán unos criterios a tener en cuenta para la construcción del proceso metodológico que incluye al sector residencial del país teniendo en cuenta el subsector de conjuntos residenciales conformados por edificios de apartamentos.

En el desarrollo de este sector no se tendrán en cuenta las viviendas unifamiliares debido a que la complejidad es menor en comparación de los edificios de apartamentos. No se quiere decir con esto que este tipo de viviendas no deban aplicar conceptos de eficiencia energética, por el contrario deben adoptar medidas de ahorro y eficiencia los cuales pueden ser socializados de manera directa sin la necesidad de la realización de un diagnóstico o algún tipo de auditoría de las que se han descrito en esta tesis.

En las edificaciones que se incluirán en esta sección, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones para desarrollar una auditoría energética: (Endesa, 2006)

- Seguridad del servicio de energía eléctrica.
- Calefacción.
- Ascensores.
- Sistemas de iluminación.

La Figura 28 propone el inicio del proceso metodológico para la realización de una auditoría energética en un usuario residencial.

En los conjuntos residenciales, la realización de una auditoría energética tiene como objetivo conocer el estado de la red de energía además de buscar posibilidades de ahorro energético que permita la reducción del consumo y por ende la reducción en el costo de la factura. Por esta razón el tipo de auditoría más adecuada para este caso es la auditoría energética básica.

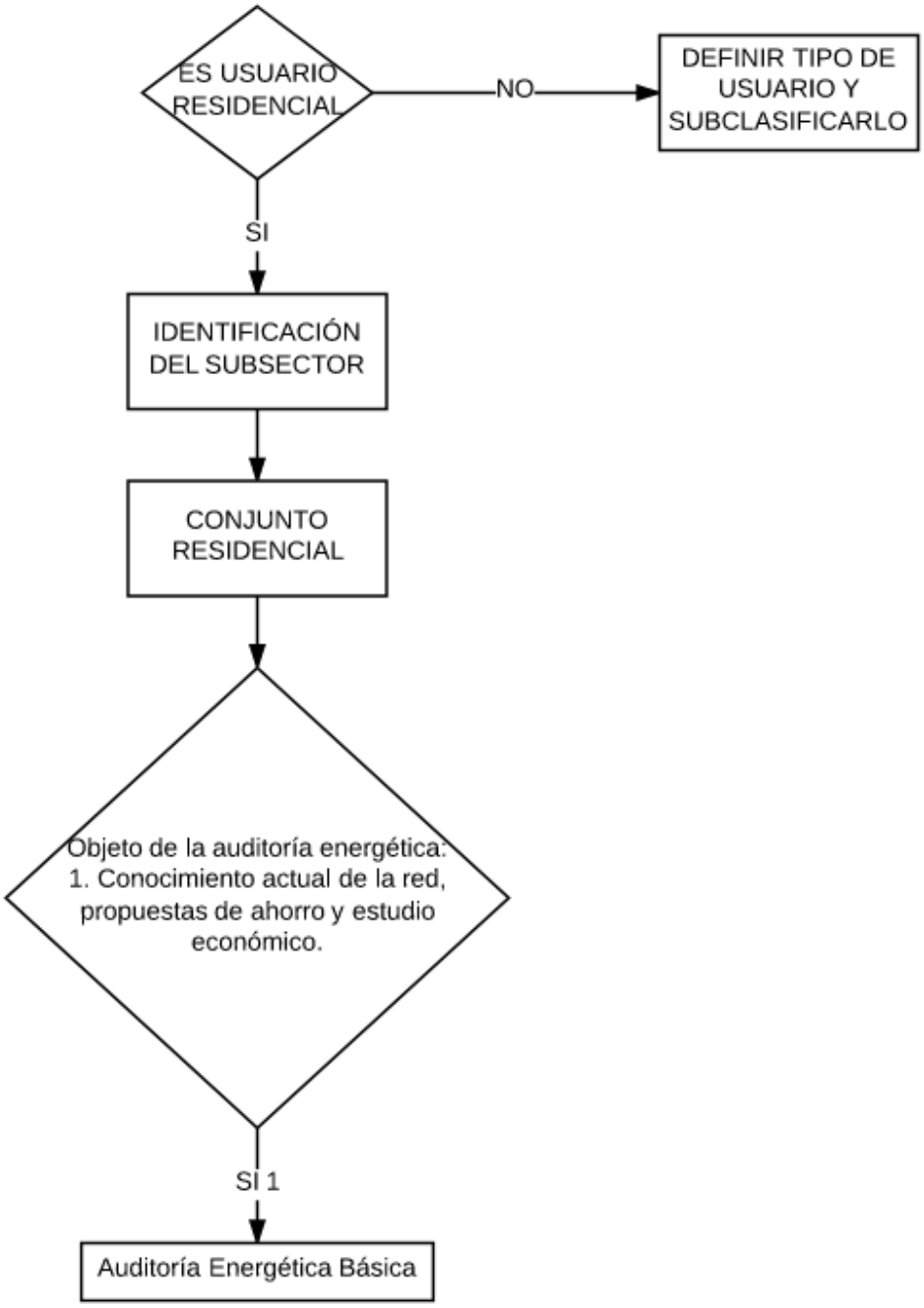

Figura 28. Diagrama de flujo Inicio de auditoría energética en usuario residencial. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 29 se explicará el proceso de auditoría energética básica para aplicarlo en un usuario residencial tipo conjunto residencial.

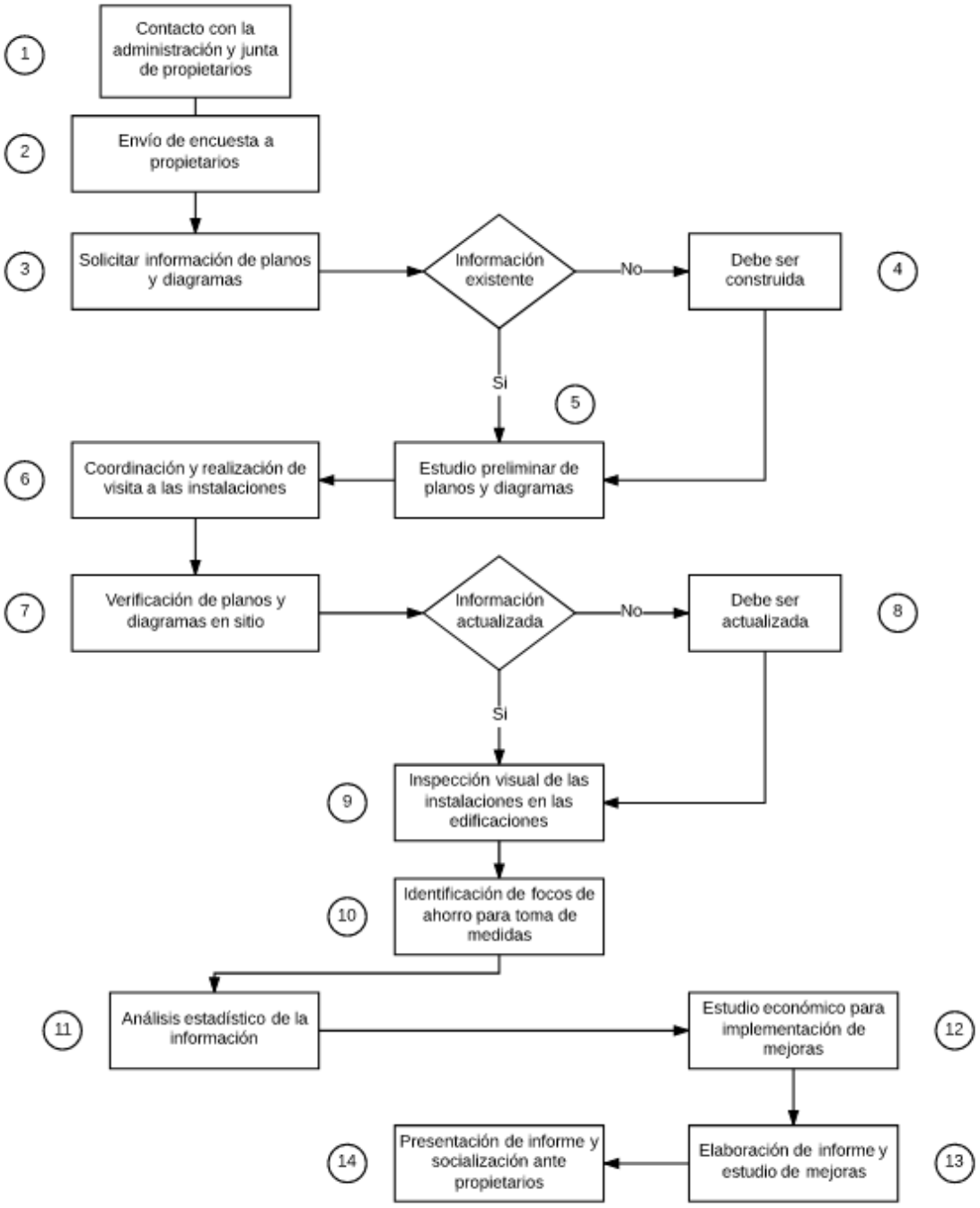

Figura 29. Diagrama de flujo Auditoría energética básica en edificios residenciales. Fuente: elaboración propia

En la tabla 12 se explicará de manera detallada cada una de las componentes del proceso.

Tabla 12. Explicación ítems del proceso auditoría energética básica en edificaciones residenciales. Fuente: Elaboración propia

1	El primer contacto deberá tenerse con la administración o con la junta de propietarios del conjunto residencial. Este primer acercamiento debe servir para aclarar el panorama del porqué de la actividad. Se debe buscar la obtención por parte de los delegados información básica, como por ejemplo aclarar y acotar los objetivos que buscan con el estudio. Se puede obtener información general como área a intervenir, tipos de energía involucrada, equipos principales, entre otros.
2	En el caso de conjuntos residenciales, la encuesta energética puede ser enviada a los propietarios o arrendatarios de los apartamentos.
3	Con la solicitud de planos y diagramas se busca conocer los diseños básicos de la edificación. Entre estos se pueden encontrar. - Planos de circuitos de iluminación. - Planos de circuitos de tomacorrientes. - Planos de circuitos de red de respaldo de energía. - Planos de circuitos de red contra incendios. - Planos de centros de control de motores para sistemas bombeo de agua. - Planos de ascensores. - Planos de sistemas de calefacción. - Diagramas unifilares. - Memorias de cálculo eléctrico.
4	La mayor cantidad de edificaciones que fueron construidas previos a la expedición de las normas eléctricas, no han guardado de manera cuidadosa la planimetría ni documentos relevantes. Esta información deberá ser construida ya que prestará el respaldo de ingeniería a futuro.
5	Una vez se cuente con la información necesaria, esta debe ser analizada previamente por el equipo profesional que ejecutará la auditoría. Realizar un estudio previo de la información es de mucha utilidad antes de enfrentarse con la realidad del campo.
6	Se deberá coordinar, planear y programar con el personal encargado la visita a las edificaciones. La planeación para la ejecución de estas actividades resulta muy importante en este caso, ya que se debe procurar por alterar en la menor medida el descanso o el bienestar de los residentes y habitantes de las instalaciones.
7	Durante el recorrido en la visita técnica, se corroborará la veracidad y nivel de actualización de la información suministrada por la administración, revisando que las rutas, canalizaciones, ductos y conductores sean los señalados en planos y plasmados en cuadros de carga. Además se realizará el diligenciamiento de formatos diseñados para documentar la información levantada en sitio. Los formatos se presentarán en el anexo.
8	Si la información que se encuentra en sitio no está actualizada, a medida que se avanza con las verificaciones se debe actualizar. Uno de los entregables del estudio deben ser los planos actualizados de la red eléctrica.
9	La inspección visual deberá realizarse durante todo el recorrido. Dentro de

	las particularidades a tener en cuenta se encuentran las siguientes: - Redes primarias de suministro de energía eléctrica. - Estado y características de subestaciones. - Estado de tableros de medidores. - Estado de acometida y alimentadores. - Estado de elementos de protección. - Estado y condiciones de canalizaciones y ductos. - Estado de tableros de distribución. - Estado y tecnología del sistema de iluminación. - Estado de salidas de tomacorrientes. - Estado de red de respaldo si lo tiene. - Estado de motores en centros de bombeo. - Calefacción de piscinas. - Revisión de protocolos de mantenimiento a grupos electrógenos si los tiene. - Revisión de protocolos de centros de transformación de ser necesarios. - Identificación y caracterización de comportamientos de consumo. - Identificación de posibilidades de ahorro a simple vista. - Identificación de focos de consumo para determinar puntos de medición.
10	Una vez identificados los focos de consumo, se debe proponer la medición específica mediante la utilización del dispositivo adecuado. Debido a que nos centramos en la parte eléctrica el dispositivo a emplear es el analizador de redes. Es importante contar con el registro de consumo histórico de los últimos meses.
11	Todos los datos obtenidos por medio del analizar de redes deben ser sometidos a un análisis estadístico. Dicho análisis permitirá en primera instancia conocer detalladamente los perfiles de consumo en los circuitos medidos. De esta manera se podrán identificar posibilidades de ahorro.
12	Cuando el equipo de ingeniería haya revisado todas las alternativas de ahorro, se debe realizar un estudio económico de las implementaciones, el cual contendrá información relacionada con los recursos necesarios para la ejecución de las obras y el tiempo de retorno de la inversión. En este tipo de usuario se puede proponer implementación de energías renovables de tener la posibilidad técnica y económica.
13	Una vez se tenga toda la información necesaria con sus respectivos registros fotográficos, se construirá el informe en el cual se plasmarán los resultados del estudio. Este informe deberá contener todo lo relacionado con el diagnóstico, las mediciones realizadas, las alternativas de ahorro encontradas, las propuestas de ahorro energético y el respectivo informe económico de las implementaciones, además del estudio de prefactibilidad de implementación de energías renovables si está dentro del alcance.
14	Finalmente el informe deberá ser expuesto ante la administración o ante la junta de propietarios del conjunto residencial. La socialización de los resultados con los propietarios y usuarios de las

	viviendas es muy importante para la retroalimentación del conocimiento ya que en este tipo de actividades se pueden hacer sugerencias directas de medidas de ahorro que en muchas ocasiones la gente del común desconoce.

4 Estudio de Caso – Auditoría energética sector oficial o público.

En este capítulo se presentará un resumen del trabajo realizado a una entidad estatal colombiana, la cual en el año 2016 se propuso llevar a cabo una auditoría energética en una de sus sedes ubicada en el Eje Cafetero.
Lo expuesto en este capítulo permitirá identificar, que durante el proceso de implementación de la auditoría energética se tuvieron en cuenta lineamientos y criterios propuestos en los procesos metodológicos para el sector oficial o público, enfocado al subsector de “instituciones de orden nacional” el cual se desarrolló en el tercer capítulo de esta tesis.

4.1 Etapa previa

4.1.1 Contratación pública

Como se mencionó en algunos párrafos del capítulo anterior, se debe recordar que en Colombia rige un sistema de contratación especial para todas las entidades oficiales o estatales. Básicamente el sistema consiste en que toda entidad pública que requiera la intervención de empresas o personas naturales privadas para la realización de alguna actividad, debe ser seleccionada por medio de convocatoria pública.

La entidad contratante realizó todos los trámites exigidos por la ley y mediante licitación pública en la modalidad de proceso de menor cuantía, adjudicó el contrato cuyo objeto fue: “ESTUDIOS PARA LA PROPOSICIÓN Y APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS EN PRO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y LA IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES”. La ejecución de este

proyecto se realizaría como prueba piloto para evaluar la viabilidad de aplicar el mismo estudio a otras sedes del país, ya que la entidad hace presencia en todo el territorio nacional.

4.1.2 Identificación de la necesidad del usuario final

La necesidad que se ha identificado dentro de los requerimientos establecidos por el ente contratante, básicamente son el conocimiento de la red eléctrica actual de la edificación, realizar propuestas de ahorro y estudio económico para la implementación de dichas alternativas.
Se ha establecido como un adicional del estudio, realizar un análisis de prefactibilidad para determinar si es viable o no la implementación de un sistema de generación de energía renovable por medio de paneles solares.

De esta manera se puede identificar que el alcance en la ejecución del proyecto tiene connotaciones técnicas, económicas y ambientales, ya que los resultados del estudio arrojarán alternativas para la mejora de los elementos eléctricas de la red, costo de las implementaciones y la posibilidad de implementar energías renovables lo cual golpea directamente el consumo eléctrico y reduce las emisiones de gases de efecto invernadero de la edificación a la atmósfera.

4.1.3 Selección y conformación del equipo de trabajo

Las capacidades profesionales y de experiencia del personal seleccionado para la conformación del grupo de trabajo, permitieron direccionar el estudio de tal manera que en el menor tiempo posible se cumplieran todas las expectativas del cliente. El equipo lo conformaron los siguientes profesionales.

- Ingeniero electricista con especialización en eficiencia energética.
- Ingeniero electricista con maestría en ingeniería eléctrica.
- Ingeniero electricista con especialización en finanzas.
- Ingeniero electricista con certificado de inspección RETIE.
- Ingeniero mecánico con especialización en sistemas de calefacción.
- Economista.
- Estadista experto en minería de datos.
- Técnicos electricistas.
- Dibujantes arquitectónicos.

4.1.4 Cronograma de actividades

Como última tarea en la etapa previa al inicio de los trabajos, se construyó el cronograma de actividades detallado con el fin de establecer un panorama de tiempo para la recolección de la información, estudio de datos y generación de entregables.

4.2 Etapa de ejecución

4.2.1 Contacto inicial con el contratante

El director seccional eje cafetero de la entidad gubernamental, el director de proyectos de ingeniería de la entidad a nivel eje cafetero y el directo de la división de mantenimiento de la edificación, se reunieron con el comité de ingenieros para tener el primer acercamiento directo con el fin de socializar el cronograma de actividades, determinar fechas importantes, conocer el acompañamiento que se tendría durante los recorridos programados a la edificación y aclarar puntos clave en cuanto al alcance del estudio que se realizaría.
Se dejó claro por parte del contratante, que el objetivo número uno de la auditoría energética sería proponer un plan de eficiencia energética que contemplara la implementación de mejoras para la optimización y reducción del consumo de energía eléctrica y realizar un estudio de prefactibilidad para la futura implementación de un sistema solar fotovoltaico contando con la disponibilidad de espacio en las terrazas de la edificación.

En la reunión se obtuvo información básica referente a las características de la edificación a intervenir las cuales se resumen en la tabla 13.

Tabla 13. Características generales de la edificación estudio de caso.

ÁREA A INTERVENIR	El lote sobre el cual se levanta la edificación tiene un área aproximada de 5.600 m^2. Está conformado por tres torres las cuales poseen la siguiente área construida: Torre 1: 8239.5 m^2 distribuidos en 8 niveles. Torre 2: 5647.1 m^2 distribuidos en 10 niveles. Torre 3: 5079.9 m^2 distribuidos en 10 niveles.
TIPO DE ENERGÍA INVOLUCRADA	La energía involucrada es totalmente eléctrica.
FOCOS DE CONSUMO	- Iluminación. - Equipos de cómputo.

4.2.2 Encuesta energética a usuarios y directivas

Al momento de proponer la realización de la encuesta para conocer el grado de educación y conocimiento en temas energéticos de los empleados de la entidad y de sus directivas, existió una oposición unánime por parte del ente contratante.
Las razones que justificaban la decisión era que se podrían presentar malos entendidos en cuanto a las respuestas y los encuestados manifestarían inconformidad por algunas situaciones ajenas al estudio que se estaba realizando. Por este motivo y al no contar con la autorización del contratante la encuesta no se realizó.

Para objetos del estudio resulta de mucha utilidad conocer el conocimiento básico que tienen los usuarios permanentes de la edificación en temas energéticos, conocer apreciaciones en cuanto al ahorro y posibles costumbres y así interpretar el porqué de algunos consumos.

Al no poder realizar encuestas, esta información se debe obtener por medio de la experiencia en sitio.

4.2.3 Solicitud de información (planimetría y diagramas unifilares)

La solicitud de la información se tuvo que realizar mediante oficio dirigido a la dirección nacional de la entidad en la ciudad de Bogotá. Debido al nivel de

seguridad de la edificación y por el tipo de trabajos que allí se realizan, los permisos y autorizaciones deben estar firmados desde la dirección nacional.

Al conseguir las autorizaciones, fueron suministrados varios paquetes de planos por parte de la división de archivo de la entidad. Fueron suministrados únicamente planos arquitectónicos de la edificación ya que no existía ningún otro tipo de material.

Al realizar un análisis previo de la información obtenida, el equipo de trabajo llegó a la conclusión que deberían ser construidos los planos eléctricos de la edificación, diagramas unifilares y memorias de cálculo hasta donde las posibilidades constructivas permitieran descubrir.

4.2.4 Visita técnica en sitio

Al obtener todas las autorizaciones de acceso necesarias para acceder a cada espacio de la edificación y la asignación del acompañamiento del personal de mantenimiento, se programa la visita al sitio donde se realizarán todas las verificaciones posteriores a la revisión de planos.

Como se mencionó con anterioridad, el contratante únicamente suministró planimetría arquitectónica, es decir que del sistema eléctrico de la edificación no existe ningún tipo de documentación. Entre las actividades más relevantes se destacan:

- La primera actividad que se llevó a cabo fue la construcción de los planos eléctricos con base en los planos arquitectónicos suministrados, identificando la ubicación de:
    - Subestación principal.
    - Tableros principales de protecciones.
    - Tableros de distribución.
    - Salidas de iluminación y tecnología empleada.
    - Salidas de tomacorrientes de la red normal.
    - Ubicación y características de unidades de alimentación ininterrumpida (UPS).
    - De igual manera se actualizó la información correspondiente a canalizaciones y ductos.
    - Identificación de conductores (acometida, alimentadores principales, circuitos ramales).

- Durante los recorridos a la edificación, se realiza el diligenciamiento de los formatos de levantamiento de información que se presentan en el anexo. Dichos formatos facilitan la recolección de información y su posterior análisis.

- El personal del equipo de trabajo designado para las actividades de inspección visual, realizaron una revisión general de la edificación enfocados en los siguientes aspectos:

    - **Redes primarias de suministro de energía eléctrica con colaboración de la empresa de energía local:** Se realizó una revisión general de la red primaria a nivel de tensión 33 kV. Se encontró estado irregular de algunos apoyos de la red y se elevaron solicitudes de revisión por parte de Operador de Red para corrección de esta situación. Así mismo, se encontró que un reconectador ubicado en el trayecto hacia nuestro cliente se encontraba fuera de operación. Finalmente, las cajas primarias ubicadas inmediatamente antes del ingreso a edificación se encontraban con los fusibles disparados.
      Toda la gestión para la corrección de estas anomalías se realizó con la entidad competente consiguiendo que se tomaran medidas correctivas al respecto.

    - **Estado y características de la subestación:** Se revisó con el personal técnico autorizado y capacitado el estado del seccionador principal de la subestación. La tecnología empleada para el sistema de protección y maniobra principal de esta subestación es de fusibles en aire. El transformador es tipo aceite de 500kVA con una relación de transformación 33.000V/208-120V. Se realizaron pruebas para determinar la existencia de gases PCB en el transformador con resultado negativo. Con el personal de inspección se determinó que debido a la edad de construcción de la subestación, las características constructivas de la misma no cumplen en su mayoría con el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE. El área destinada para la subestación es la adecuada pero la distribución y condiciones de los equipos en el sitio no es la correcta.
      Se construye un informe de diagnóstico de la subestación y se proponen las medidas correctivas a realizar.
      Las Figuras 30 y 31 muestran la celda y el transformador de 500 kVA.

Figura 30. Celda de transformador de 500 kVA

Figura 31. Transformador de 500 kVA

- **Estado de tableros principales:** Se identificó que no se cumplen las condiciones establecidas por RETIE en cuanto a utilización y señalización de código de colores y medidas de seguridad con partes energizadas como barrajes. Los tableros no tienen certificación de productos RETIE. Sin embargo por no estar obligados a cumplir lo establecido en el Reglamento por la edad de construcción de la subestación, los elementos operan adecuadamente.
  Se realizan recomendaciones de mantenimiento preventivo, señalización y marquillado de circuitos principales.
  La Figura 32 muestra lo mencionado con respecto de los barrajes principales de los tableros.

Figura 32. Barrajes sin protección ni aislamiento

- **Estado de acometida y alimentadores**: Al realizar la actualización de planos y poder determinar la cantidad de elementos eléctricos consumidores de energía, iluminación y tomacorrientes de las edificaciones, se construyeron los respectivos cuadro de carga teniendo en cuenta lo considerado en el Código Eléctrico Colombiano NTC2050. De esta manera se pudo confirmar el dimensionamiento tanto de la acometida y los alimentadores en el calibre correcto. El estado físico de los conductores es bueno.
  Se realizan recomendaciones de mantenimiento preventivo de limpieza y medidas para evitar la aparición de roedores en los cárcamos.

- **Estado de elementos de protección y maniobra**: Con toda la información levantada en sitio se pudo actualizar el diagrama unifilar general de la instalación. De esta manera se pudo simular una coordinación de protecciones en baja tensión adecuada y realizar el análisis de corto circuito y falla a tierra correspondiente. Se pudo determinar que el dimensionamiento de la mayoría de los elementos de protección es adecuado y las capacidades de corriente de cortocircuito son las correctas para cumplir con los principios de filiación, selectividad y respaldo.
  De igual manera se encontraron algunos dispositivos en mal estado y se realizan recomendaciones para su adecuada sustitución.
  Las Figuras 33 y 34 muestran el interruptor general electromecánico de baja tensión y algunas de las protecciones principales en los tableros generales.

Figura 33. Totalizador baja tensión.

Figura 34. Protecciones principales

- **Estado y condiciones de canalizaciones y ductos:** Se realizó una revisión general de cárcamos de subestación, bandejas portacables en techos y tuberías. Es un punto crítico de corrección debido a la dificultad que representa la sustitución de estos elementos. Se realizan recomendaciones enfocadas al mantenimiento preventivo para garantizar que este sistema pueda seguir operando con normalidad.

- **Estado de tableros de distribución**: Se identificaron en el recorrido un total de 97 tableros de distribución. Ninguno de los mencionados se encontraba marcado ni se conocía su correspondiente protección de respaldo en la subestación principal. En ese momento los trabajos se enfocaron en identificar dichas protecciones para realizar un proceso de marquillado completo de los tableros. Se encontraron en su mayoría tableros en buen estado de operación, pero en condiciones físicas irregulares. Se realizaron las respectivas recomendaciones de mantenimiento y limpieza de

estos elementos para evitar el deterioro sistemático de los conductores, barrajes y breakers de protección.
La Figura 35 y 36 muestra el estado en el que se encontraron algunos tableros de distribución de la edificación:

Figura 35. Tableros sin identificación, cerrados sin posibilidad de fácil acceso.

Figura 36. Tableros sin identificación

- **Estado y tecnología del sistema de iluminación:** Las edificaciones poseen un sistema de iluminación basado en tecnología fluorescente en su 95%. Las salidas típicas de iluminación se muestran a continuación en la tabla 14:

Tabla 14. Salidas de iluminación edificaciones estudio de caso.

Luminaria de 30x120 cm con dos (2) tubos fluorescentes de 32W T8 o T5.	**Figura 37. Luminaria 30x120 cm**
Luminaria con rejilla especular de 60x60 cm con cuatro (4) tubos fluorescentes de 17W o 14W T8.	**Figura 38. Luminaria 60x60 cm**
Luminaria tipo bala con bombillas ahorradoras.	**Figura 39. Luminaria tipo bala**
Proyector exterior tipo minitempo.	**Figura 40. Reflector minitempo.**

Según información suministrada por el personal de acompañamiento, en el último año se ha procurado por invertir en la modernización a luminarias LED, lo cual se evidenció en el recorrido; sin embargo, para determinar las características adecuadas del nuevo sistema de iluminación con todas las condiciones de eficiencia energética adecuadas, se sugiere la realización de diseños luminotécnicos, ya que el reemplazo de luminarias existente por luminarias LED en el mismo lugar de ubicación no asegura las condiciones de eficiencia.

La Figura 41 y 42 expone algunos modelos que se construyeron con el fin de asesorar al contratante en el proceso de modernización de iluminación.

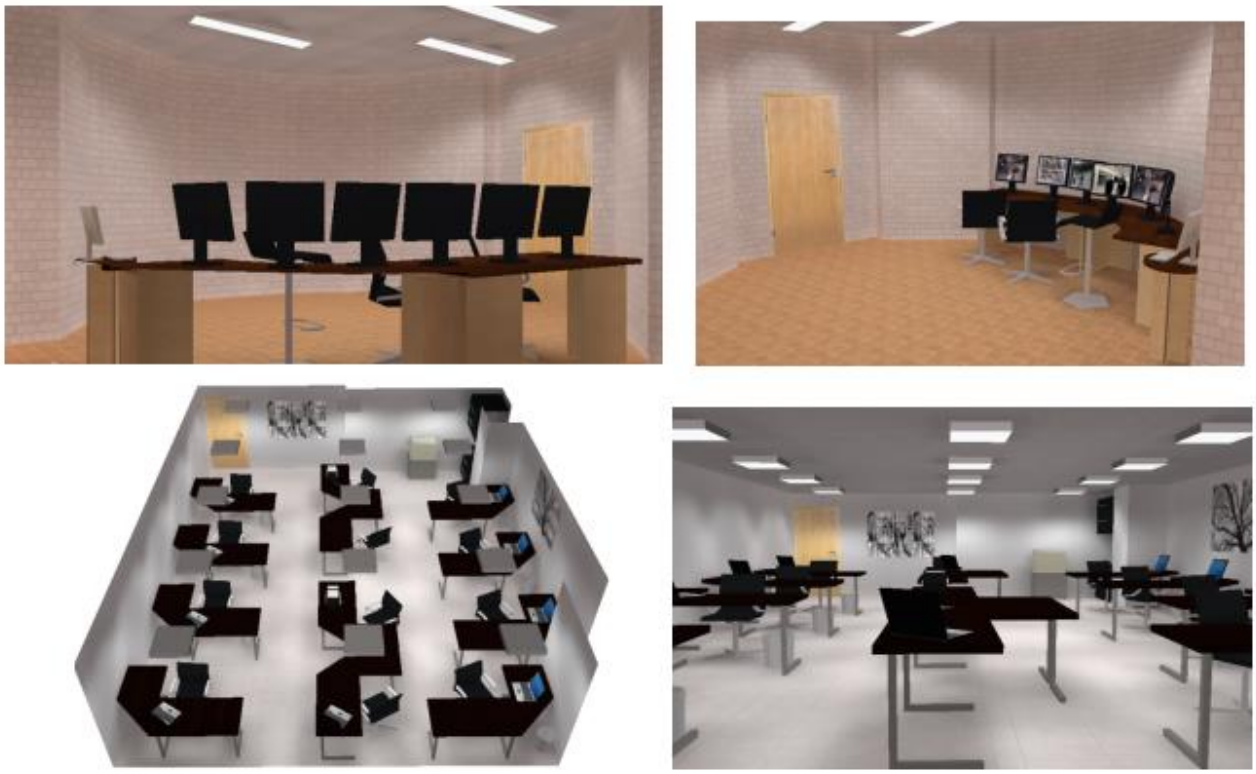

Figura 41. Renders en 3D rediseño luminotécnico de oficinas torre 1

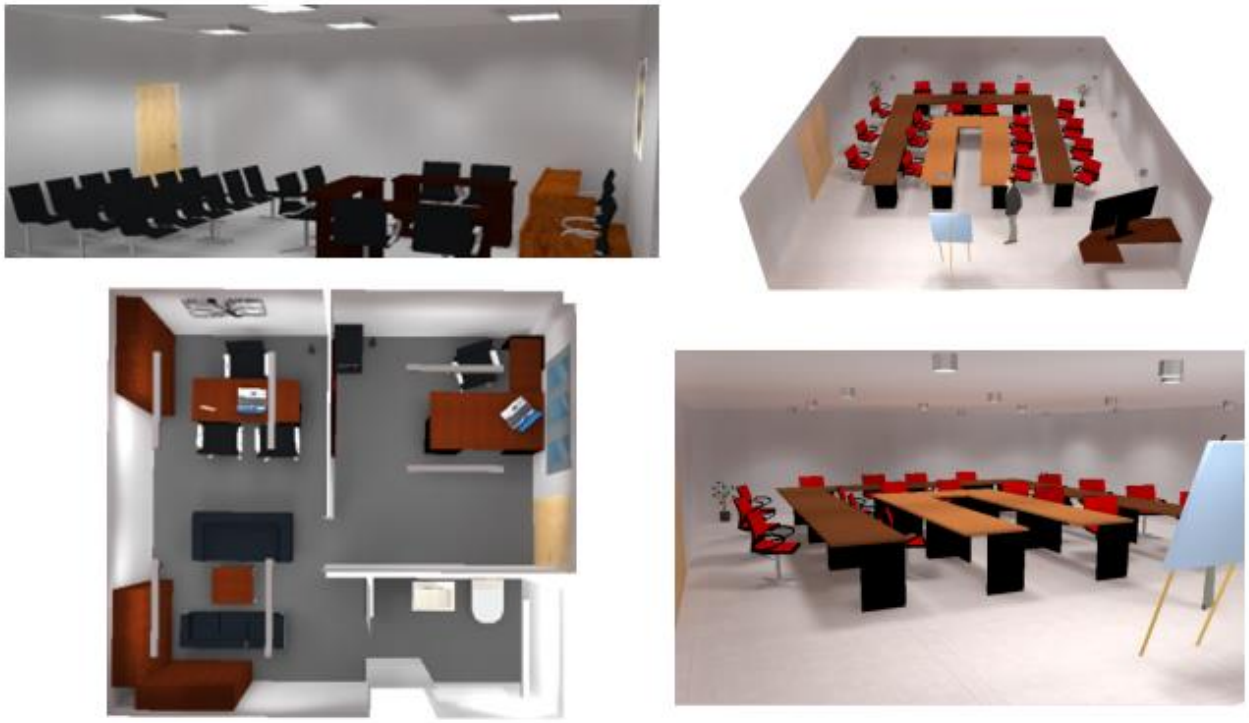

Figura 42. Renders en 3D rediseño luminotécnico de oficinas torre 3.

- **Estado de salidas de tomacorrientes:** Se realizó una revisión general de las salidas de tomacorrientes evaluando el estado de las cajas ratwell de 2x4 que no estén deterioradas. Las condiciones de funcionamiento, estado y operación de las salidas normales, reguladas (color naranja) y para zonas de humedad (tipo GFCI).
  Se realizan recomendaciones de mantenimiento preventivo.

- **Estado de red contraincendios:** Se identifica que la edificación no posee red de detección ni extinción contra incendios. Se recomienda gestión para realización de diseños e implementación de sistema de detección y extinción como lo sugiere la normatividad vigente.

- **Estado de red de respaldo:** La edificación intervenida, cuenta con un grupo electrógeno de 250kVA el cual por falta de mantenimiento se encuentra fuera de servicio. La transferencia automática tras someterse a verificaciones de carácter técnico se encuentra en buen estado. Se sugiere realización de actividades de reparación al grupo electrógeno para contar con el servicio de la unidad generadora diésel nuevamente.
  La Figura 43 muestra el estado de la transferencia automática.

Figura 43. Transferencia automática.

- **Identificación y caracterización de comportamientos de consumo:** Mediante observación se permite determinar el comportamiento de consumo de los usuarios permanentes de la edificación. Se identifican costumbres de dichos usuarios que no ayudan a los planes de ahorro y reducción de consumo. Todos los hallazgos se documentan con el fin de proponer medidas de concientización en el uso racional y eficiente de la energía.

- **Identificación de focos de consumo para determinar puntos de medición:** Al tener actualizada toda la documentación correspondiente a la información fundamental del sistema de energía eléctrica de la edificación en su conjunto y al realizar la respectiva visita técnica identificando las cargas más significativas por importancia, consumo y cantidad, se propone realizar mediciones localizadas a circuitos ramales para conocer en detalle el comportamiento del consumo y en general de las variables eléctricas más relevantes.

4.2.5 Medición y captura de datos

Para realizar la toma de datos de la red eléctrica en especial de los circuitos ramales seleccionados para las mediciones, se instala un analizador de redes cuya ficha técnica se presenta en el anexo junto a su respectivo certificado de calibración.

A continuación se presenta el protocolo para la instalación y adecuada conexión del analizador de redes con el objetivo de documentar la experiencia para prácticas futuras. La correcta instalación del dispositivo permitirá que los datos capturados por el mismo sean veraces y de un alto nivel de confiabilidad.

EL EQUIPO:

El DMG 800 es un dispositivo confeccionado por la firma italiana Lovato Electric, el cual tiene características de multímetro digital y de analizador digital de redes de energía eléctrica. Cuenta con los siguientes elementos:

- Cable de poder.
- Cables de conexión de tensión.
- Cables de transformadores de corriente.
- Cable de conexión del neutro
- Adaptador a puerto USB
- Cable USB
- Software

Figura 44. Analizador de redes DMG800 sin ensamblar

Al adquirir el dispositivo es entregado como se muestra en la Figura 44 con todos los elementos mencionados. El usuario debe ensamblarlo como mejor pueda emplearlo. La Figura 45 muestra un ejemplo de ensamble del analizador de redes.

Figura 45. Analizador de redes DMG800 ensamblado

REFERENTE A LA SEGURIDAD

El personal involucrado en la manipulación y conexión del DMG 800, debe cumplir con todas las normas de seguridad eléctrica expuestas en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE.
Se debe recordar que en estos casos se interactúa con elementos energizados y que se deben optimizar las medidas de precaución para evitar accidentes de cualquier tipo.

RECUERDE QUE NUNCA, POR NINGUN MOTIVO SE LE DEBE PERDER EL RESPETO A LA ENERGÍA ELÉCTRICA

En lo referente a las prendas de vestir adecuadas con las que se debe ingresar al trabajo y manipular el equipo, tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- No utilizar cadenas, relojes metálicos, pulseras o cualquier accesorio que pueda conducir corriente eléctrica.
- No acercar el rostro ni la cabeza de manera exagerada a las partes energizadas.
- Utilizar guantes aislados.
- Utilizar botas dieléctricas.
- Utilizar gafas y casco.

Figura 46. Elementos de protección personal para trabajo eléctrico. Fuente: Norma OHSAS 18001

PROTOCOLO DE CONEXIÓN

Paso 1: Identificar que se dispone de todos los elementos listados a continuación:

- Computador con software de dispositivo instalado. Debe estar configurado para que nunca se apague o suspenda. Debe permanecer encendido y así el software podrá guardar todos los datos requeridos.
- Extensión. Se debe prever que en el lugar donde se van a tomar las mediciones no exista una salida de tomacorriente disponible.
- Cables de alimentación analizador. Rectificar terminales.
- Cables de señal de tensión 1 por fase. Rectificar terminales.
- Plug USB. Es un accesorio del dispositivo que permite conectarlo a un computador por medio de conexión USB.
- Cable USB estándar tipo B macho - USB estándar tipo A macho. (Para otras referencias de analizadores de redes se debe rectificar las características de los conectores).
- Transformadores de corriente (3). Rectificar terminales de conexión. Asegurarse de emplear los transformadores de corriente con la relación de transformación adecuada.
- Cables de transformadores de corriente. Rectificar terminales.

Paso 2: Conexión del computador:

Ubicar un tomacorriente energizado cerca del lugar donde se realizarán las mediciones. De no ser posible emplear la extensión. En el peor de los casos cuando no se presenten ninguna de las dos situaciones, se deberá buscar la alimentación dentro del tablero que se desea intervenir.

La alimentación de la extensión puede ser a 220V, es decir conexión fase – fase y ser extraída de un lugar disponible en las protecciones o del barraje mismo.

Rectificar que la conexión haya quedado segura y bien hecha y no implica ningún riesgo para el personal y para la instalación como tal.

De esta manera se podrá dar energía al computador. Al rectificar que todo está correcto, subir el breaker que opera como protección de sobretensión del analizador y éste deberá encenderse.

Paso 3: Conexión de cables para las fases.

Los cables para las fases son los portadores de las señales de tensión. Éstos por lo general van conectados en la parte posterior del analizador. Se debe ser muy cuidadoso en el orden de las fases por lo que se recomienda la utilización previa de un secuencímetro con el fin de realizar las conexiones con plena seguridad. La Figura 47 muestra un secuencímetro tradicional.

Figura 47. Secuencímetro

Tener sumo cuidado en el momento de hacer esta conexión ya que se estará interactuando con los barrajes energizados. Evitar tener contacto con la carcasa del tablero o con otras partes metálicas. TENER ALTO GRADO DE CUIDADO Y CONCENTRACIÓN.

Al rectificar que todo está correcto, se puede observar que el analizador marca valores de la variable de tensión.

En el caso de la edificación intervenida los valores referencia para la señal de tensión son:

Tensión lado primario del transformador: 33.000 V

Tensión lado secundario fase – fase: 214V

Tensión lado secundario fase – neutro: 123V

Paso 4: Conexionado del neutro.

Se debe ubicar el barraje de neutro del tablero que se interviene, hacer la conexión con el cable destinado para tal fin. Rectificar que la conexión está bien hecha y que el neutro permanecerá conectado fijamente.

Cuando no se conecta el neutro del dispositivo o éste se desconecta en algún momento se pueden presentar inconsistencias en la toma de datos.

Paso 5: Armado de los trasformadores de corriente:

Cada transformador de corriente deberá estar debidamente marcado (en el caso de la práctica el nombre era T1, T2, T3).

Se debe identificar el primario del transformador el cual está marcado con la letra (P) y el secundario el cual lo está con la respectiva letra (S) las marcas vienen de fábrica con el producto.
Se debe analizar y determinar cuál es el flujo de la corriente y de esta manera ubicar correctamente los transformadores teniendo en cuenta que el primario debe estar hacia donde entra la corriente.
Ser muy cuidadosos a la hora de ensamblar el transformador, las letras de la parte extraíble deben coincidir alfabéticamente con el resto del toroide.
Se debe tener agilidad para realizar este proceso ya que los transformadores no deben permanecer mucho tiempo armados recibiendo corriente sin estar conectados al analizador, ya que esto los puede dañar.

Paso 6: Conexión de los transformadores:

Cada transformador de corriente tiene su respectivo cable de conexión al analizador de redes.
En este caso se debe realizar una verificación de conexión adecuada de la fase. Es decir que si el transformador de corriente se instaló sobre un alimentador que sale de la protección y ésta está asignada a la fase 1, la conexión debe ir a la fase 1 del analizador. DE NO SER ADECUADA LA CONEXIÓN LOS DATOS TOMADOS NO SERÁN DE UTILIDAD. Ser rigurosos en esta revisión.

Realizar este mismo procedimiento con cada uno de los transformadores.
Al rectificar que todo está correctamente conectado, el analizador deberá estar en la capacidad de mostrar datos relacionados con flujo de corriente si la hay.

Paso 7: Configuración de variables y toma de datos:

Por medio del software que viene con el dispositivo el cual se debe instalar adecuadamente según las indicaciones del fabricante se pueden realizar las configuraciones que se deseen para la captura y descarga de datos.

- **Tiempo de muestreo:** Se puede configurar la ventana de tiempo deseada para la captura de datos. En este caso se tomaron datos cada minuto en los circuitos de iluminación y tomacorrientes. En los circuitos de motores se deben tomar medidas cada segundo para identificar los picos en los arranques.

- **Variables:** Se deben seleccionar las variables adecuadas para obtener los datos necesarios y así realizar un análisis estadístico correcto de la información. Las variables esenciales son las siguientes:
    - Tensiones de fase.
    - Tensiones de línea.

- Tensión equivalente.
- Corrientes de fase.
- Corrientes equivalentes.
- Potencias activas.
- Potencias reactivas.
- Potencias aparentes.
- Potencias equivalentes.
- Factor de potencia.
- Frecuencia.
- Energía.
- THD (Tasa de distorsión armónica).
- Amónicos.

- **Relación de transformación:** Es requerimiento indispensable para que las medidas sean correctas y confiables, que la relación de transformación que tenga programada el dispositivo corresponda a la relación de transformación de los transformadores de corriente.

Paso 8: Extracción de información:

En el momento que se deseen extraer los datos, el dispositivo deberá estar encendido pero en modo off. Esta opción se aplicará directamente desde el computador. El archivo que el programa arroja con los datos capturados es un archivo de texto (.txt) el cual deberá ser trasformado a un archivo de hoja de cálculo (.csv) para poder ser analizado estadísticamente.

INFORMACIÓN ADICIONAL

En los procesos de auditoría energética es muy importante contar también con la información de facturación de por lo menos los últimos seis (6) meses. Esta información la puede suministrar el Operador de Red. En este caso, debido a que el usuario oficial sobre el cual se ejecutó la auditoría energética es no regulado, el Operador de Red pudo suministrar la información de los últimos seis meses en medidas reflejadas por días. Los primeros seis meses del año 2016 significan 182 días.

4.3 Etapa de análisis y cierre del estudio

4.3.1 Análisis estadístico de la información (Línea base)

En la edificación gubernamental en donde se ha desarrollado el presente estudio, la carga instalada está comprendida por el sistema de iluminación, equipos de cómputo, sistema de refrigeración, ascensores y sistema de motobombas.

Con el objetivo de conocer el comportamiento detallado de cada uno de estos sistemas, se realizaron medidas independientes con el analizador de redes a los circuitos de las cargas más significativas. En este orden de ideas se midieron todos los tableros de manera independiente para evaluar las características de las variables eléctricas y los perfiles de consumo detallados.

Para realizar el análisis estadístico de la información, se pueden emplear diferentes softwares especializados para tal fin. En este caso se empleó el programa Minitab®. A continuación se presenta con brevedad las dos cargas más significativas.

- **SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y EQUIPOS DE CÓMPUTO:** El sistema de iluminación de la edificación está comprendido por todas las luminarias de las oficinas, áreas comunes y sótanos de parqueaderos, mientras que la red de tomacorrientes normales está siendo utilizada en su totalidad para equipos de cómputo en las oficinas. El horario típico en el que se ocupa la edificación es el horario de oficina colombiano: lunes a viernes, de 8:00 a.m. a 12:00 m y de 2:00 p.m. a 6:00 p.m. A los tableros de iluminación y tomacorrientes de la edificación se les realizó un análisis estadístico completo para analizar el comportamiento de las variables de tensión, corriente, potencias, armónicos y consumo de energía. La Figura 48 muestra una serie de tiempo para ilustrar el balance de fases y corriente de uno de los tableros de iluminación más significativo de la edificación en un día laboral normal.

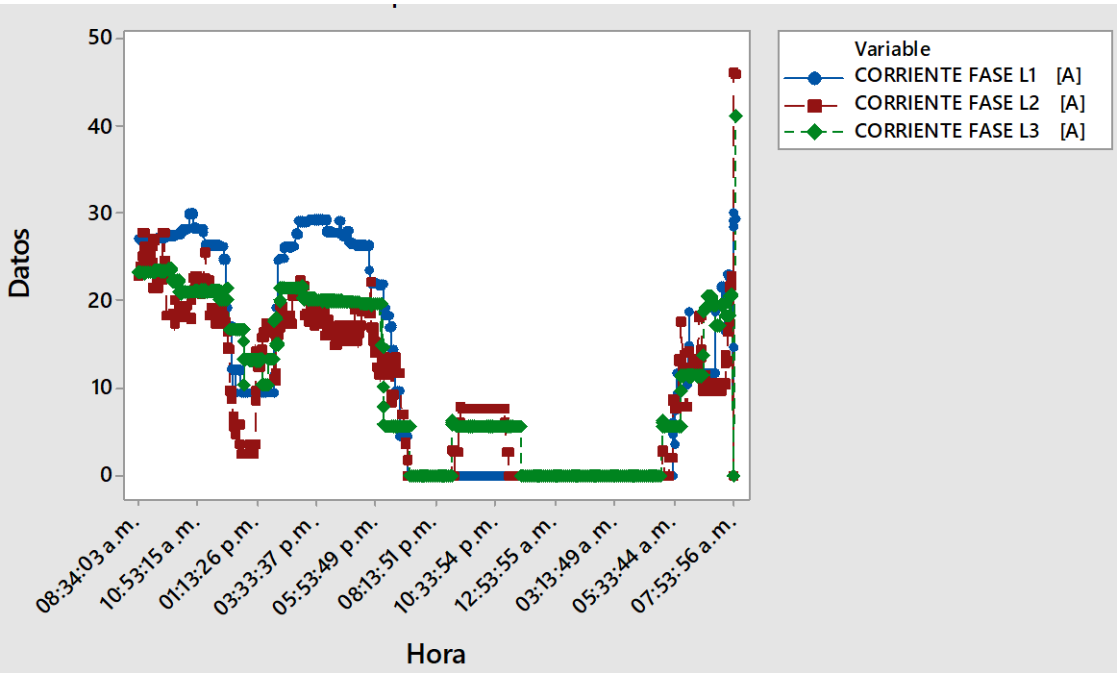

Figura 48. Balance de fases tablero de iluminación estudio de caso.

Se puede observar en la Figura 48, como el comportamiento de los flujos de corriente son consecuentes con el horario laboral de las instalaciones. La primera medida se capta a las 8:34 a.m. teniendo un valor alto de flujo. Finalizando la mañana se presenta una reducción debido a la hora de almuerzo de los funcionarios. Hacia las 2:00 p.m. se presenta un incremento nuevamente el cual permanece hasta las 6:30 p.m. aproximadamente cuando el sistema entra en estado de reposo hasta las 6:00 a.m. del día siguiente donde comienza a activarse el sistema progresivamente y llega a su pico más alto a las 8:00 a.m. cuando comienza la jornada laboral formalmente. El comportamiento de la red normal es muy similar.

- **SISTEMA DE REFRIGERACIÓN:** La zona geográfica donde está construida la edificación es de climas cambiantes. La tabla 15 muestra los indicadores de temperatura:

Tabla 15. Indicadores de temperatura zona edificación estudio de caso

INDICADOR	VALOR
TEMPERATURA PROMEDIO	22 °C
TEMPERATURA MÁXIMA	27 °C
TEMPERATURA MÍNIMA	16 °C

Debido a la temperatura promedio relativamente alta y el pico que se presenta como temperatura máxima, el sistema de refrigeración que ha adoptado la edificación, está basado en aires acondicionados monofásicos. En la visita técnica se pudo identificar el estado defectuoso de muchas

unidades, lo cual se puede ver reflejado en las mediciones obtenidas. En la figura 49 se observa el comportamiento de consumo de energía de un grupo de unidades.

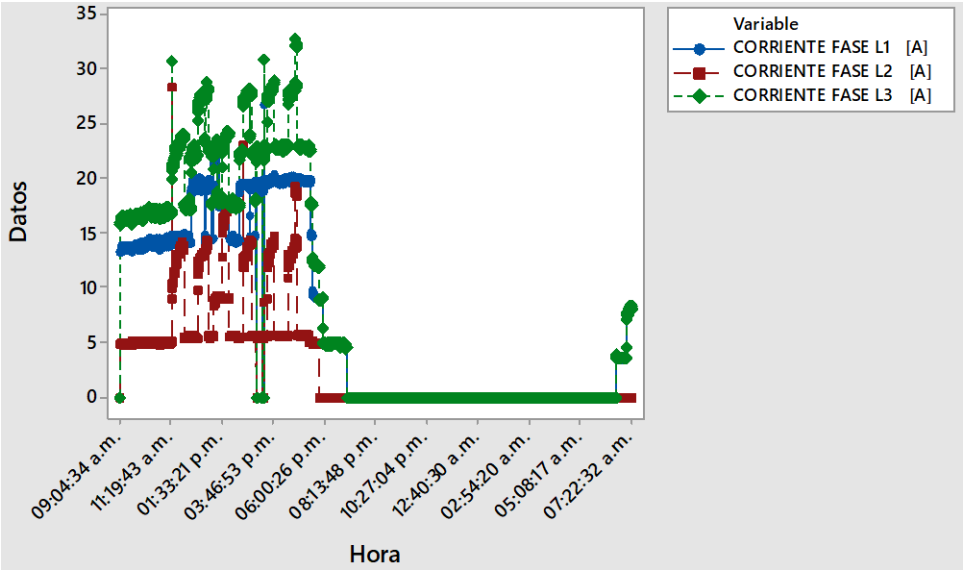

Figura 49. Comportamiento de consumo unidades de calefacción.

El comportamiento del consumo energético de las unidades de calefacción es irregular, las fases presentan desbalances en algunos momentos de las mediciones y el estado operativo de los mismos no es el adecuado. Presenta fugas de líquidos y no se les aplican protocolos de mantenimiento correctivo ni preventivo desde hace mucho tiempo.

4.3.2 Línea Base

Por las características del usuario sobre el cual se ejecutó el estudio, se aplicó una auditoría energética básica. Sin embargo por la posibilidad que se ha tenido de obtener datos de consumo de energía eléctrica por días (información suministrada por el Operador de Red), se quiso realizar el cálculo de línea base como se hace generalmente a los usuarios industriales para aplicar un Sistema de Gestión Energética basada en indicadores y metas de consumo.

Si bien el cálculo de la línea base se debe ligar directamente con energía relacionada con la producción (hablando de usuarios industriales), en este ejercicio se pretende documentar el proceso para que en futuros estudios se tenga una base para su implementación.

A. LOS DATOS:

Debido a las características del usuario, el cual es no regulado, permitió obtener datos de consumo de energía eléctrica por día de los primeros seis meses del año 2016. Los datos fueron suministrados por el Operador de Red y se muestran en el Anexo D

Las tablas del anexo muestran el consumo de energía eléctrica en kWh de los meses de enero a junio de 2016. Los días que se encuentran en color rojo, son fines de semana y días festivos, los cuales bajan significativamente el promedio de consumo del mes porque son fechas en las cuales la edificación se encuentra prácticamente desocupada, ya que las entidades gubernamentales no laboran los días festivos y solo prestan servicio de lunes a viernes.

Se puede observar en la tabla correspondiente al mes de marzo que los consumos entre los días 19 y 27 son significativamente más bajos que el promedio, debido a que durante los días de Semana Santa, aproximadamente el 60% de los empleados tienen la semana libre.

En total se cuenta con 182 datos correspondiente a la primera mitad del año 2016. Con estos datos se realizará el ejercicio de línea base.

B. GRÁFICO, ECUACIÓN Y R2:

La línea base energética según la norma NTC ISO 50001 permite correlacionar el consumo de energía con la producción, recordando que esta norma trata de los Sistemas de Gestión de energía los cuales están pensados inicialmente para el sector industrial.
Se puede inferir entonces que para la línea base se necesitan básicamente dos grupos de datos, el primero el cual contenga toda la información de consumo energético y el segundo en el cual se muestra la producción.

Para el ejercicio que se propone, al ser una edificación gubernamental donde no hay ningún indicar de producción, solo se cuenta con los datos de consumo por fechas.

Para hallar la línea base del consumo de energía eléctrica en la edificación gubernamental que fue sometida a la auditoría energética que se presenta en este estudio de caso, se propondrán dos metodologías de una manera muy pedagógica.

B.1 METODOLOGÍA EXCEL

Mediante el uso del software Microsoft Excel® del paquete de Microsoft Office®, se pueden seguir los siguientes pasos para hallar la línea base.

- Organizar los datos de mayor a menor (todos los datos)
- Cuando los datos se encuentren organizados se procede a generar una gráfica de dispersión de la siguiente manera: Seleccionar los datos, menú insertar, en la sección de gráficos seleccionar dispersión, seleccionar el tipo de gráfico dispersión solo con marcadores.
- Al gráfico obtenido generarle una línea de tendencia de la siguiente manera: seleccionar uno de los puntos de la gráfica, dar clic derecho y seleccionar la opción agregar línea de tendencia, seleccionar el tipo de tendencia lineal. Habilitar las opciones de presentar ecuación en el gráfico y presentar el valor de R cuadrado en el gráfico.
- Al realizar todos los pasos se obtiene el gráfico que se presenta en la Figura 50.

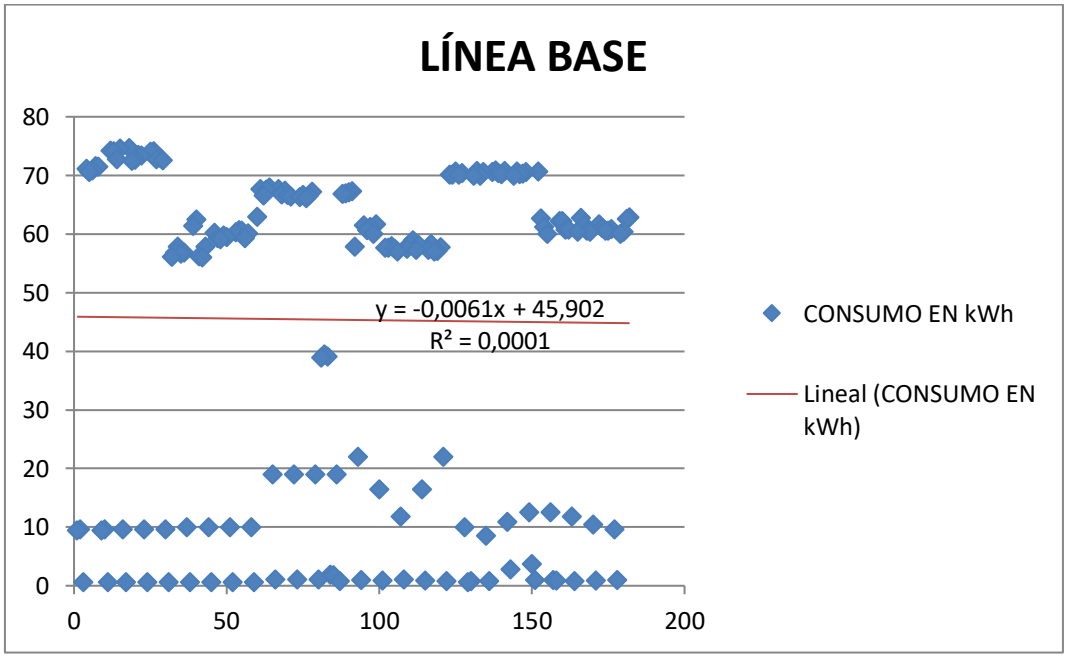

Figura 50. Primer gráfico de línea base

La primera gráfica que se obtiene no es confiable debido a que se están teniendo en cuenta todos los datos capturados y existen valores que afectan considerablemente la ecuación y el R cuadrado.

Para mejorar la gráfica, la línea de tendencia su ecuación y el valor de correlación, se debe filtrar la información que está notablemente alejada de la línea de tendencia. En primera instancia se deben eliminar los elementos que están en cero. Como se ha mencionado con anterioridad, la edificación gubernamental no tiene presencia de personal los fines de semana ni tampoco

los días festivos, y son los datos capturados durante estos días los que están afectando la gráfica. Para mejorar este punto proceder de la siguiente manera:

- Al tener ordenados los valores de mayor a menor, se deben seleccionar aquellos que son menores a la unidad y eliminarlos de la lista.
- Cuando se tenga la lista filtrada, generar nuevamente el gráfico.
- Al realizar este proceso se obtiene el gráfico que se muestra en la Figura 51.

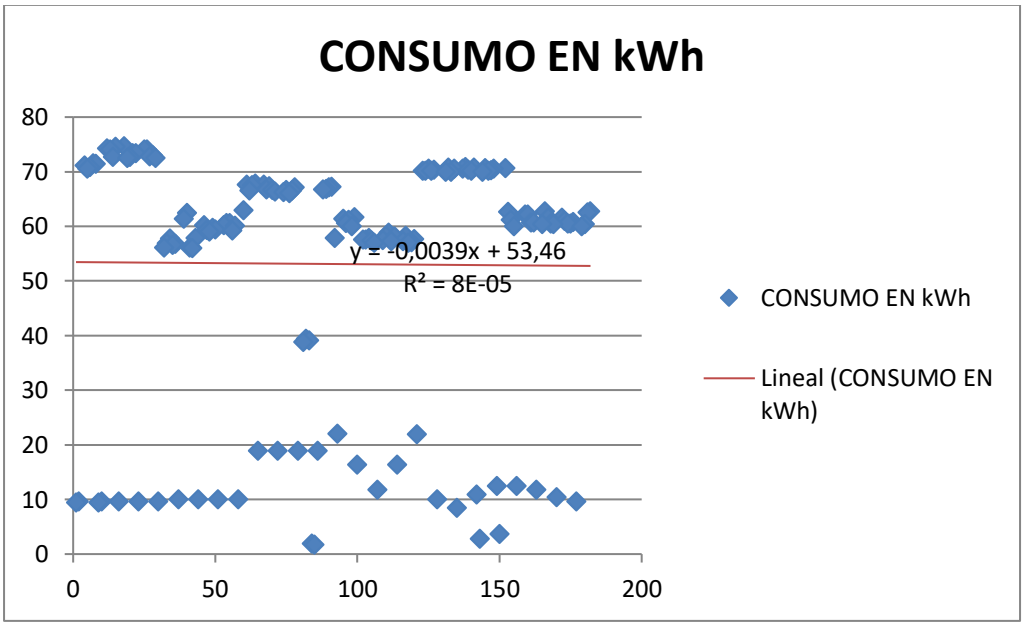

Figura 51. Segundo gráfico de línea base

- Los cambios efectuados a la lista de datos, permite observar que siguen existiendo valores muy alejados de la línea de dispersión lo cual no permite obtener un R cuadrado confiable. Si se realiza una revisión de los datos presentados en las tablas del anexo D, se puede observar que en los fines de semana y días festivos no solo se presentan consumos por debajo de 1kWh sino que hay consumos temporales que se pueden presentar por diferentes causas. En este sentido, los valores que están por debajo de los 40 kWh son datos extraños y poco recurrentes. Por esta razón también deben ser filtrados de la lista y generar un nuevo gráfico. Al realizar el procedimiento adecuado se obtiene el gráfico que se muestra en la Figura 52.

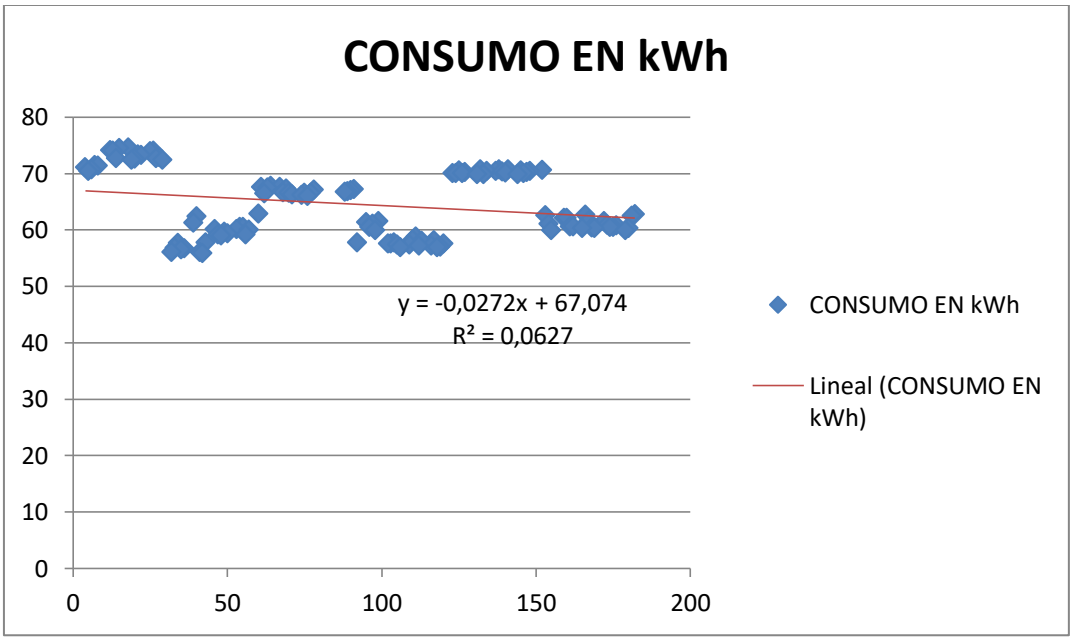

Figura 52. Gráfico final de línea base

Se puede observar en la Figura 52, como el grupo inicial de datos ha sido filtrado de manera que los valores que se encontraban muy alejados de la línea de tendencia fueron retirados de la muestra. Al examinar los datos capturados, se puede concluir que el comportamiento típico de los meses analizados, se encuentra entre los 40kWh y los 75kWh.

Para que la implementación de este modelo sea exitosa, los datos deben ser suficientemente confiables. Se deben datos coincidentes de consumo y producción, en este caso este método no es válido para la línea base de la edificación gubernamental expuesta.

B.2 MODELO DEL PROMEDIO:

En este modelo se trabajará únicamente con el promedio de energía consumida. Con esos valores promedio se procede de la siguiente manera:

- Organizar los datos de mayor a menor (solo los promedios)
- Cuando los datos se encuentren organizados se procede a generar una gráfica de dispersión de la siguiente manera: Seleccionar los datos, menú insertar, en la sección de gráficos seleccionar dispersión, seleccionar el tipo de gráfico dispersión solo con marcadores.
- Al gráfico obtenido generarle una línea de tendencia de la siguiente manera: seleccionar uno de los puntos de la gráfica, dar clic derecho y seleccionar la opción agregar línea de tendencia, seleccionar el tipo de tendencia lineal. Habilitar las opciones de presentar ecuación en el gráfico y presentar el valor de R cuadrado en el gráfico.

- Al realizar todos los pasos se obtiene el gráfico que se presenta en la Figura 53.

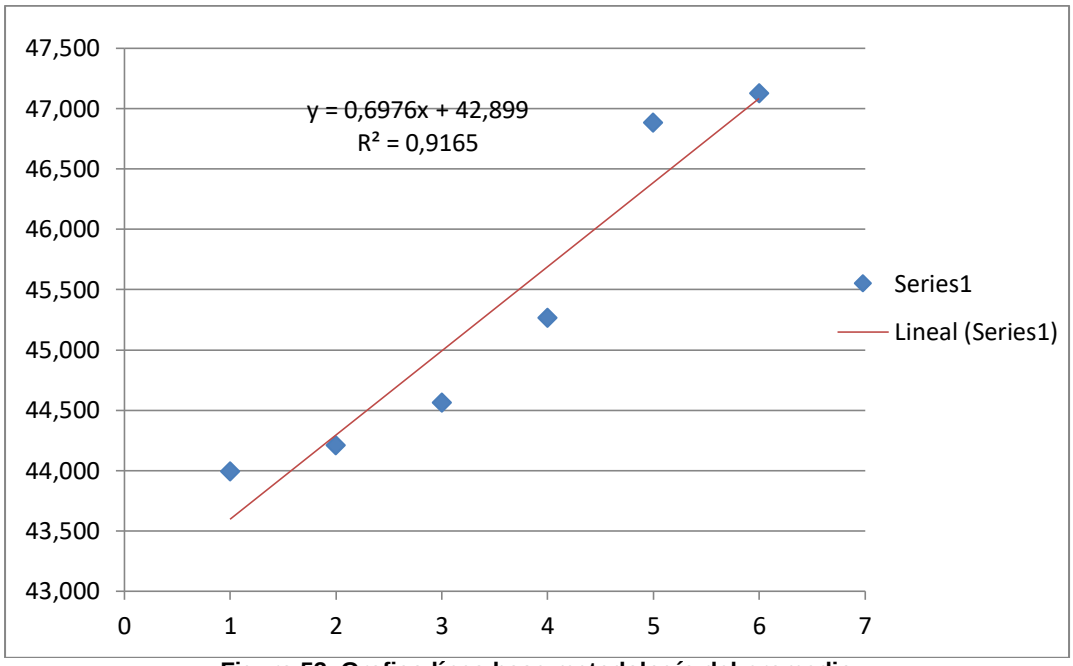

Figura 53. Grafico línea base metodología del promedio

Debido a las falencias que puede llegar a presentarse por el uso de los datos en Microsoft Excel®, se recomienda trabajar con el método del promedio cuando no se tengan datos muy confiables ni certeros. En este caso se presenta una menor dispersión de la información, el promedio de consumo de los meses analizados se encuentra cerca de la línea de tendencia y se obtiene un R cuadrado positivo de 90.1%

B.3 MODELO ESTADÍSTICO:

Para futuros trabajos, se recomienda realizar el ejercicio de línea base empleando modelos basados en series de tiempo. Existen modelos de este tipo como ARIMA y SARIMA que pueden resultar de gran utilidad para unos resultados más confiables y concretos.

C. CONCLUSIONES:

Como se ha mencionado, el objetivo del ejercicio planteado es netamente pedagógico con el fin de exponer los pasos y lineamientos para hallar una línea base cuando se tiene un grupo de datos relacionados con el consumo de energía

eléctrica sin tener datos disponibles de producción. Debido a que el tema de línea base está enfocado a la industria y el estudio de caso se ha efectuado sobre una edificación gubernamental, las conclusiones no serán muy dicientes, sin embargo se puede realizar una interpretación.

- El índice de correlación R cuadrado, permite determinar el porcentaje de relación que existe entre las variables analizadas. En el caso de estudio solo se relacionó la variable de consumo de energía eléctrica. Cuando se realiza con variables de producción, se puede determinar qué porcentaje del consumo depende de la producción.
- Mediante la primera metodología, el valor de R cuadrado obtenido tenía un valor inadmisible y por más filtrado que se realizó a los datos no fue posible mejorar el índice de correlación. Con la segunda metodología (metodología del promedio), mejoró sustancialmente la situación y se pudo llegar a la obtención de un R cuadrado de 91%
- Una correcta elaboración de línea base permite basar los contratos de servicios de energía en la línea base, prever el consumo energético de una industria en particular, detectar problemas en el funcionamiento de forma inmediata, sirve de base para el Sistema de Gestión Energética, con base en esta práctica se pueden establecer objetivos de ahorro.

4.3.3 Estudio económico para la implementación de mejoras.

Si bien todos los elementos que componen una auditoría energética son importantes en su conjunto, este ítem desarrolla el que los clientes consideran el punto coyuntural de la gestión, debido a que se determinan los costos de las sugerencias que se arrojan después de todo el estudio técnico, normativo, ambiental y estadístico realizado.

Para el estudio de caso desarrollado a una entidad gubernamental ubicada en la zona eje cafetero de Colombia, se realizaron las siguientes propuestas con sus respectivos estudios económicos:

- **CAMBIO DE TECNOLOGÍA EN EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN:**

  La asesoría que se ha impartido para la modernización del sistema de iluminación, es que para que en realidad sea un sistema eficiente, reemplazar las luminarias existentes directamente por luminarias LED, no sería la alternativa correcta. Seguramente sería un sistema que consumiría menos energía eléctrica pero no se estaría pensando en el confort y adecuada luminosidad de los espacios.
  Fue por esta razón que la primera sugerencia fue realizar un nuevo diseño eléctrico y luminotécnico de todos los espacios de la edificación, con las simulaciones adecuadas que permitieran obtener las nuevas cantidades de

obra. A continuación en la tabla 16 se muestra el resumen de dichas implementaciones.

Tabla 16. Estudio económico modernización sistema de iluminación

MEDIDA DE AHORRO	CANTIDAD	COSTO DE IMPLEMENTACIÓN	AHORRO DE ENERGÍA	AHORRO DE DINERO	AHORRO EN EMISIONES
Cambio de tecnología fluorescente a tecnología LED en iluminación.	Según nuevo diseño	$ 204'120.000 AIU incluido	1.15 MWh/mes	$ 332.064/mes	28 kilos de CO_2 al mes

- **MODERNIZACIÓN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN:**

Teniendo en cuenta el análisis de los hallazgos obtenidos en sitio con relación al estado de algunas unidades de refrigeración y posterior al análisis estadístico del consumo de dichos elementos, se propuso modernizar este componente de la edificación. La modernización consiste básicamente en la sustitución de los aires acondicionados los cuales son de tecnología obsoleta, por nuevos elementos de tecnología inverter con certificación *Energy Star* y con todos los componentes que cumplan con el Reglamento Técnico de Etiquetado con su respectiva etiqueta energética.
La base del funcionamiento de la tecnología inverter, es que el aire acondicionado incluye un dispositivo de censado de temperatura ambiente tipo termostato, el cual mide la temperatura exterior y con base a esa medida determina cual es la temperatura adecuada a la cual saldrá el aire del elemento. Esto permite tener un consumo de energía optimizado según la necesidad. A continuación en la tabla 17 se muestra el resumen de dichas implementaciones.

Tabla 17. Estudio económico modernización sistema de refrigeración

MEDIDA DE AHORRO	CANTIDAD	COSTO DE IMPLEMENTACIÓN	AHORRO DE ENERGÍA	AHORRO DE DINERO	AHORRO EN EMISIONES
Modernización del sistema de aires acondicionados por tecnología inverter.	20 unidades	$ 86'621.684 AIU incluido	0.47 MWh/mes	$ 135.360/mes	9 kilos de CO_2 al mes

- **IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO:**

Considerando el espacio disponible en las terrazas de la edificación, la ubicación geográfica estratégica y los resultados obtenidos en el estudio meteorológico

realizado para determinar las características de radiación solar histórica del lugar, se concluyó que técnicamente era viable la instalación de un sistema solar fotovoltaico que generara la energía eléctrica suficiente para abastecer la demanda de las áreas comunes, baños y parqueaderos de la edificación. El espacio disponible para tal fin se muestra en la Figura 54.

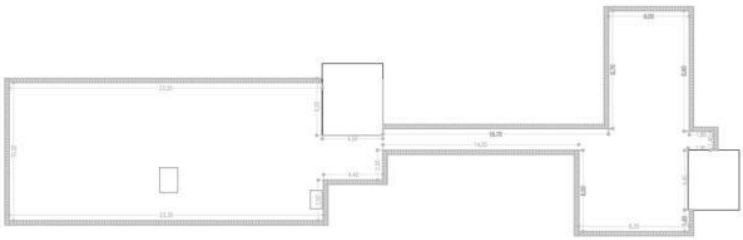

Figura 54. Terrazas edificación. Instalación de paneles solares

Al efectuar el diseño del sistema solar fotovoltaico, el cual se presenta detalladamente en el anexo, se llegó a las conclusiones económicas que se presentan en la tabla 18.

Tabla 18. Estudio económico implementación paneles solares

MEDIDA DE AHORRO	CANTIDAD	COSTO DE IMPLEMENTACIÓN	AHORRO DE ENERGÍA	AHORRO DE DINERO	AHORRO EN EMISIONES
Implementación de sistema solar fotovoltaico	Según diseño	$ 239’574.739 AIU incluido	43.17 MWh/mes	$ 12’818.382/mes	892 kilos de CO_2 al mes

- **OTRAS MEJORAS:**

Si bien en los ítems anteriores se desarrollaron las propuestas de ahorro energético, en esta sección se desea exponer otras mejoras sugeridas a la entidad con base en los hallazgos y a las cuales se les realizó estudio económico. Si bien no están directamente ligadas con el ahorro en el consumo de energía, son mejoras que si van enfocadas a la eficiencia energética ya que optimizarían el sistema eléctrico, modernizándolo y llevándolo a niveles de seguridad considerables, teniendo en cuenta las características de la edificación.
La tabla 19 resume los proyectos planteados.

Tabla 19. Propuestas de mejora sistema eléctrico edificación estudio de caso

PROYECTO	CANTIDAD	COSTO DE IMPLEMENTACIÓN
Instalación de reconectador en remplazo de las cajas primarias.	Global	$ 59’377.600 AIU incluido
Modernización de la celda de protección y medida en la subestación.	Global	$ 44’030.000 AIU incluido
Mantenimiento preventivo y correctivo de la subestación de baja tensión.	Global	$ 37’917.045 IVA incluido

4.3.4 Elaboración y presentación de informe.

Al finalizar con todos los análisis, los mismos deben ser plasmados en un informe detallado. Si bien el contenido del informe es fundamental, debe tener un enfoque más ejecutivo debido a las características del personal al cual será presentado, los cuales tienen un enfoque más administrativo. En el anexo se presenta un ejemplo de esquema para la presentación de un informe de auditoría energética.

5 Conclusiones, Recomendaciones y Trabajos Futuros

5.1 Conclusiones

A continuación se presentan las principales conclusiones del trabajo realizado. Las mismas surgen a partir de los objetivos específicos los cuales se plantearon al comienzo de la tesis. Así mismo, con base en los resultados obtenidos en el estudio de caso, se han extraído conclusiones que aportan contenido al trabajo realizado con el fin de promover la correcta ejecución de auditorías energéticas.

La auditoría energética vista como una herramienta que busca mejorar la eficiencia y promover el ahorro de energía en diferentes tipos de instalaciones, ha generado la necesidad de proponer criterios específicos a la hora de implementar este proceso en diferentes tipos de usuarios. De igual manera, la clasificación de auditorías energéticas según el alcance de las mismas, ha permitido generar escenarios en los cuales según las necesidades y objetivos de los usuarios finales, se pueden aplicar los criterios adecuadas para cada tipo de auditoría y así optimizar los recursos y el tiempo, acotando el alcance del trabajo y dando profundidad a las necesidades más relevantes.

Debido al creciente interés de diferentes sectores del país, como el sector público, comercial y residencial, de emular los pasos del sector industrial en busca de certificaciones internacionales de gestión energética como ISO 50001, LEED (Liderazgo en diseño ambiental y energía), BREEAM (método de evaluación y certificación de la sostenibilidad en la edificación) y Energy Star, se validaron los criterios propuestos y se identificó la conveniencia de emplear procesos metodológicos diferenciados, en la realización de auditorías energéticas

en los sectores mencionados, explotando de la manera más conveniente las propiedades y oportunidades que ofrece éste trabajo.

Mediante el estudio de caso, se pudo analizar el comportamiento típico del consumo de energía eléctrica en una institución pública, por medio de la implementación de uno de los procesos de auditoría energética propuesto según los criterios establecidos. Este proceso se pudo emplear como herramienta, que además de dar las pautas para analizar los niveles de consumo, permitió realizar diagnósticos e identificar aspectos débiles de las instalaciones eléctricas para proponer recomendaciones de mejora técnica y normalización, buscando mejorar la eficiencia y la sostenibilidad.

Una vez aplicados los procesos metodológicos construidos, con base en los criterios diferenciados según los usuarios finales, e implementado esta propuesta en la ejecución de la auditoría energética del estudio de caso, se obtuvieron una serie de resultados que vale la pena resaltar. Generar una planificación de la auditoría energética por etapas, permite tener un mayor control sobre las actividades que se deben realizar. Durante la ejecución de la auditoría energética en sitio, seleccionando el tipo de proceso adecuado y siguiente la metodología propuesta, se puede llegar de manera más rápida a las conclusiones. Los formatos de levantamiento sugeridos en el anexo A, permiten un diligenciamiento ágil de los datos capturados.
Igualmente, en la etapa de análisis de datos se mostró como el método de “línea base” resulta de mucha utilidad para determinar posibles medidas de ahorro, siempre y cuando los datos se traten adecuadamente para que los resultados tengan un alto grado de confiabilidad.

Las auditorías energéticas se han presentado como el primer paso en busca de una mayor eficiencia energética y sostenibilidad en diferentes sectores del país y como parte fundamental de los sistemas de gestión energética planteados en la NTC ISO 50001. Teniendo en cuenta que la Organización Internacional de Normalización ya ha publicado una norma de aplicación voluntaria para la realización de auditorías energéticas llamada ISO 50002, la cual no se ha adoptado aún en Colombia, los planteamientos de este trabajo pueden ser tenidos en cuenta como marco de referencia.

5.2 Recomendaciones

A la hora de ejecutar auditorías energéticas, contar con el personal capacitado en formación profesional y experiencia, así como la utilización de equipos adecuados tales como los que se han mencionado en esta tesis, garantizará en buena medida al éxito de los trabajos.

Para en análisis estadístico de la información capturada en sitio y debido a que en la mayoría de los casos esto representa una cantidad considerable de datos, se sugiere el uso de herramientas para minería de datos como los modelos ARIMA y SARIMA, garantizando que la obtención de “línea base” y otros mecanismos como la “línea meta” representan fielmente la realidad de los consumos y futuros ahorros.

5.3 Trabajos Futuros

A partir del estudio realizado en esta tesis, diferentes trabajos futuros se pueden proponer. A continuación se exponen algunos de ellos que serían de impacto en nuestro medio.

Realizar guías detalladas de procesos de auditoría energética enfocada a la industria nacional, donde se tengan en cuenta todas las variables que intervienen en los diferentes procesos productivos, con estudios de caso que permitan conocer cómo se realizaron estos estudios.

Ampliar los estudios que incluyen al sector salud, ya que debido a sus requerimientos técnicos especiales de diseños, instalaciones y productos, se deben tener en cuenta unos criterios especiales a la hora de realizar auditorías energéticas.

Fomentar los planes de formación técnica y normativa en procesos de auditoría energética y en sistemas de gestión de energía.

Fortalecer los lazos entre la industria, los entes gubernamentales y el sector comercial con la Universidad mediante los programas de extensión, que permitan involucrar a la academia en los proyectos de la cotidianidad del país en temas de eficiencia y gestión energética.

6 Referencias

AEC. (2014). *Los Sistemas de Gestión Energética (SGE)*.

Alis Restrepo, J. E. (2014). *Metodología para la evaluación energética de edificios comerciales en Colombia basados en estándares y normas internacionales*. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.

Almer, C., & Winkler, R. (2017). Analyzing the effectiveness of international environmental policies : The case of the Kyoto Protocol. *Journal of Environmental Economics and Management*, *82*(December 1997), 125–151. http://doi.org/10.1016/j.jeem.2016.11.003

BID. Metodología de eficiencia energética en la industria (2011).

C. Turner, W., & Doty, S. (2006). *Energy Management Handbook* (6th ed.).

Consejo Mundial de la Energía. (2015). Sustentamos el debate energético. Retrieved from https://www.worldenergy.org/publications

Cooper. (2011). Green Button.

de Isable, J., García Galludo, M., & Egido Ramos, C. (2012). *Guía de auditorías energéticas en centros docentes*. Madrid.

Emgesa-Endesa. Gestión Energética Integral. Confiabilidad, seguridad y eficiencia energética en su proceso productivo. (2014).

Endesa. (2006). *Guía sobre Eficiencia Energética en Comunidades de Propietarios*.

ISO. NTC ISO 50001 (2011).

ISO. ISO 50002 (2013).

Macías, M., & Navarro, J. G. (2010). Metodología y herramienta VERDE para la evaluación de la sostenibilidad en edificios, 9–12.

http://doi.org/10.3989/ic.08.056

Rallo, D. (2015). ¿Por qué implantar un sistema de gestion de energía?

República, B. de la. (1992). *Colombia. Reseña de su Estructura Económica*.

Sanz-calcedo, J. G., Cuadros, F., & López, F. (2011). La auditoría energética : una herramienta de gestión en atención primaria. *Gaceta Sanitaria*, *25*(6), 549–551. http://doi.org/10.1016/j.gaceta.2011.04.007

Subgerencia Cultural del Banco de la República. (2015). Sectores económicos. Retrieved from http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/sectores_economicos

Tocancipá, Z. F. (2017). Tipos de Usuario. Retrieved from http://www.zonafrancatocancipa.com/informacion/171/155/tipos-de-usuarios

UPME. (2017). UPME. Retrieved from http://www.upme.gov.co

UPME, & XM. (2015). Participación por tipo de generación. Retrieved from http://www.xm.com.co

UPME, & XM. (2017). Demanda de energía por sectores económicos. Retrieved from http://www.upme.gov.co

7 ANEXO A: Formatos de levantamiento de información en proceso de auditoría energética.

En este anexo se muestran una serie de formatos construidos, con el fin que puedan servir como base para documentar adecuadamente las actividades de levantamiento de información en sitio en el proceso de auditoría energética.

FORMATO 1
INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

Elaboró:_____ Fecha:_____

Firma:_____

Revisó:_____ Fecha:_____ Firma:_____

Localización:

Dirección:_____

Municipio:_____ Departamento:_____

Contacto:_____ Nro. Telefónico:_____

Datos generales:

Actividad de la empresa:_____

Año de inicio de operaciones:_____ Superficie del terreno:_____

Superficie construida:_____

Estructura Administrativa del proyecto:

NOMBRE DEL FUNCIONARIO	CARGO

FORMATO 2.1
HISTORIAL DE DATOS ELÉCTRICOS

Elaboró:_____ Fecha:_____

Firma:_____

Revisó:_____ Fecha:_____ Firma:_____

Tarifa:_____ Capacidad Instalada:_____ Suministrador:_____

Mes	Demanda (kW)			Consumo (kW/h)			Costo total

NOTAS:_____
_____
_____
_____
_____

FORMATO 2.2
INSPECCIÓN VISUAL

Elaboró:_____ Fecha:_____

Firma:_____

Revisó:_____ Fecha:_____ Firma:_____

Guía del recorrido:_____

Nombre:_____ Cargo:_____

Nombre:_____ Cargo:_____

Nombre:_____ Cargo:_____

Diagrama unifilar	Observaciones:
	Equipos Consumidores de energía:

FORMATO 2.3
Encuesta de mantenimiento

Proyecto:_____
_____

Empresa:_____

Nombre:_____ Fecha:_____

1. Perfil del personal de mantenimiento

a) Ingeniero (__)
b) Técnico (__)
c) Bachiller (__)
d) Otro (__)

2. Indique en que porcentaje, cuales son los problemas más comunes que se presentan en la gestión del mantenimiento. Todo debe sumar 100%

a) Trámites administrativos (__)
b) Falta de planeación (__)
c) Falta de recursos económicos (__)
d) Falta de capacitación (__)
e) Otros.
cuales_____
_____ (__)

3. ¿Cuenta la empresa con un programa de mantenimiento predictivo?

Si (___) No (___)

Aspecto	Edad promedio	Frecuencia				
		Mensual	Trimestral	Semestral	Anual	Nunca
M.P Subestación						
M.P Iluminación						
M.P Aires						
M.P Electromecánico						
Capacitación personal						

M.P: Mantenimiento preventivo

FORMATO 3.1
REGISTRO DE LEVANTAMIENTO – DATOS DE PLACA DE TRANSFORMADORES

Elaboró:_____ Fecha:_____

Firma:_____

Revisó:_____ Fecha:_____ Firma:_____

Identificación			
Tipo			
Marca			
kVA			
Relación de transformación			
Posición del TAP			
Conexión			
Z %			
Enfriamiento			
Aceite			
Serie			
Peso total			
Observaciones:			

FORMATO 3.2
REGISTRO DE LEVANTAMIENTO DE ILUMINACIÓN

Elaboró:_____ Fecha:_____

Firma:_____

Revisó:_____ Fecha:_____ Firma:_____

Área	Luminaria (1)			Lámparas			Operación	Observaciones
	Tipo	Altura de montaje	Separación entre luminarias	Tipo	Nro.	W	h/año	

(1) Se refiere a la característica de los gabinetes que alojan a las lámparas, pueden ser: de pared, empotrados, de sobreponer y de techo, arbotantes, de suspender, reflectores, postes, etc.

FORMATO 3.3
REGISTRO DE LEVANTAMIENTO DE MOTORES

Elaboró:_____ Fecha:_____

Firma:_____

Revisó:_____ Fecha:_____ Firma:_____

Descripción	TIPO DE MOTOR					DATOS DE PLACA									OPERACIÓN			
	DC/AC	V/H	A/C	Acoplamiento	Carga	Marca	HP	V	I	RPM	Armazón	Nro. de cátalo	F.S	Eficiencia	h/año	Nro. de rebobinados	Técnica de rebobinados	Antigüedad

FORMATO 3.4
REGISTRO DE LEVANTAMIENTO – EQUIPOS DE BOMBEO

Elaboró:_____ Fecha:_____

Firma:_____

Revisó:_____ Fecha:_____ Firma:_____

Identificación	EQUIPO DE BOMBEO									MOTOR					APLICACIÓN
	Marca	Modelo	Tipo	Tamaño	Nro. de serie	H.P	Gasto	Carga	RPM	H.P	V	A	R.P.M	Horas de uso	

FORMATO 3.5
REGISTRO DE LEVANTAMIENTO – EQUIPOS DE BOMBEO

Elaboró:_____ Fecha:_____

Firma:_____

Revisó:_____ Fecha:_____ Firma:_____

Identificación	V	A	W	RPM	Marca	Modelo	Operación	Caudal
Observaciones:								

FORMATO 3.6

REGISTRO DE LEVANTAMIENTO – AIRE ACONDICIONADO

Elaboró:_____ Fecha:_____

Firma:_____

Revisó:_____ Fecha:_____ Firma:_____

Ubicación	Tipo	Marca	Capacidad	Potencia	EER	Refrigerante		Operación	Observaciones
			BTU/hora	W	BTU/W*h	Tipo	Cantidad	h/año	

Características del edificio: (Orientación de las fachadas, materiales de techo y paredes, utilización, volumen, etc.)

_____
_____
_____
_____
_____

FORMATO 3.7

REGISTRO DE LEVANTAMIENTO – EQUIPOS DE OFICINA

Elaboró:_____ Fecha:_____

Firma:_____

Revisó:_____ Fecha:_____ Firma:_____

Área	Equipo	Potencia	Nro. de equipos	Operación h/año	Observaciones

FORMATO 4.1
REGISTRO DE MEDICIONES EN ILUMINACIÓN

Elaboró:_____ Fecha:_____

Firma:_____

Revisó:_____ Fecha:_____ Firma:_____

Localización	LUMINARIA		LAMPARA			Balasto	Operación	Niveles de iluminación (luxes)			Reflectancia		Observaciones
	Tipo	Cantidad	Tipo	Potencia	Nro.	Tipo	h/año	Lugar de trabajo	Max	Min	Directa	Reflejada	

FORMATO 4.2
REGISTRO DE MEDICIONES EN MOTORES

Elaboró:_____ Fecha:_____

Firma:_____

Revisó:_____ Fecha:_____ Firma:_____

Identificación	TENSIONES			CORRIENTES			POTENCIAS			FACTOR DE POTENCIA			Observaciones
	B-C	A-C	A-B	A	B	C	B-C	A-C	A-B	A	B	C	

FORMATO 5
VISITA PROGRAMADA

Empresa:_____

Fecha de visita:_____ Hora inicio:____ Hora final:_____

Personal a cargo:_____

Registro fotográfico:

Observaciones:

Firma del responsable:_____

FORMATO 6
OBSERVACIONES TÉCNICAS Y ACLARACIONES

Elaboró:_____ Fecha:_____

Firma:_____

Revisó:_____ Fecha:_____ Firma:_____

COMENTARIOS Y OBSERVACIONES APORTADOS POR EL PERSONAL DE LA EMPRESA.

FORMATO 7

LEVANTAMIENTO DETALLADO TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN

Elaboró:_____ Fecha:_____

Firma:_____

Revisó:_____ Fecha:_____ Firma:_____

Tablero en inventario Nro.					
Ubicación detallada:					
Registro Fotográfico:					
Número de Breakers:					
Breaker	Capacidad	Función	Calibre Conductor	Marcado S/N)	COMENTARIOS

8 ANEXO B: Ejemplo para la presentación de informe de auditoría energética

En este anexo se expone el contenido básico que se recomienda debe tener un informe de un proceso de auditoría energética enfocado a un usuario oficial o residencial. Puede servir como base para los usuarios comerciales e industriales, aunque se deben agregar otros criterios importantes.

1. Resumen Ejecutivo

1.1 Objetivo General
1.2 Objetivos Específicos
1.3 Actividades a Realizar
1.4 Metodología

2. Descripción de la Instalación

2.1 Datos Estructurales
2.2 Climatología y Situación
  2.2.1 Climatización
    2.2.1.1 Consumo en Climatización
    2.2.1.2 Unidades
  2.2.2 Iluminación
    2.2.2.1 Consumo en Iluminación
    2.2.2.2 Tipo de Lámparas
    2.2.2.3 Tipo de Luminarias
  2.2.3 Oficinas y Ofimática
    2.2.3.1 Consumo Equipos de Oficina
  2.2.4 Bombas
  2.2.5 Ascensores

3. Recomendaciones y Medidas de Ahorro

3.1 Recomendaciones
  3.1.1 Ahorro en Climatización
  3.1.2 Ahorro en Iluminación
  3.1.3 Ahorro en Equipos de Oficina
3.2 Optimización de la Factura
3.3 Inventario de Cargas de Consumo por Tipo
  3.3.1 Equipos de Ofimática y Tecnología
  3.3.2 Carga de Tomacorrientes
  3.3.3 Salidas de Iluminación
  3.3.4 Aires Acondicionados
  3.3.5 Motores
  3.3.6 Totales

4. Aspecto Ambiental

4.1 Cálculo de emisiones de CO_2 Actuales

4.2 Cálculo de ahorro de CO_2

5. Aspecto Eléctrico

5.1 Subestaciones
5.2 Tableros de Distribución
5.3 Transformadores
  5.3.1 Cargabilidad de transformadores
5.4 Análisis Estadístico de datos tomados

6. Implementación de Energías Renovables

6.1 Clasificación de Cargas
  6.1.1 Cargas Críticas
  6.1.2 Cargas Sensibles
  6.1.3 Cargas Menores
6.2 Selección del Recurso
  6.2.1 Sistema Solar Fotovoltaico
  6.2.2 Espacio Disponible
  6.2.3 Simulaciones

9 ANEXO C: Ficha técnica analizador de redes y certificado de calibración.

Para mayor confiabilidad del estudio realizado, se presenta en este anexo la ficha técnica suministrada por el fabricante del analizador de redes con el cual se realizaron las mediciones. Así mismo se adiciona el último certificado de calibración del dispositivo.

- **FICHA TÉCNICA:**

Instrumentos de medida y transformadores de corriente

Instrumentos de medida digitales

Multímetros empotrables con LCD, expandibles

DMG 700 - DMG 800...

DMG M3 800...

DMG M3 KIT01

Código de pedido	Descripción	Uds. de env.	Peso
		n°	[kg]
DMG 700	LCD gráfico 128x80 pixeles, alimentación auxiliar 100÷440VAC/110÷250VDC. Multilingüe: italiano, inglés, francés, español y portugués	1	0,510
DMG 700 L01	LCD gráfico 128x80 pixeles, alimentación auxiliar 100÷440VAC/110÷250VDC. Multilingüe: inglés, checo, polaco, alemán y ruso	1	0,510
DMG 800	LCD gráfico 128x80 pixeles, análisis armónico, alimentación auxiliar 100÷440VAC/110÷250VDC. Multilingüe: italiano, inglés, francés, español y portugués	1	0,510
DMG 800 L01	LCD gráfico 128x80 pixeles, análisis armónico, alimentación auxiliar 100÷440VAC/110÷250VDC. Multilingüe: inglés, checo, polaco, alemán y ruso	1	0,510
DMG 800 D048	LCD gráfico 128x80 pixeles, análisis armónicos, alimentación auxiliar 12-24-48VDC	1	0,520
DMG M3 800 01	DMG 800 precableado en caja M3 N, para aplicaciones portátiles con puerto USB integrado	1	3,300
DMG M3 800 02	DMG 800 precableado en caja M3 N, para aplicaciones portátiles con puerto USB integrado, con expansiones EXP10 04 y EXP10 30 integradas	1	3,400
Kit cables para DMG M3 800...			
DMG M3 KIT01	Kit cables compuesto por 3 pinzas amperimétricas 1000/1 y 4 cables de medición tensión	1	6,900

Características generales

Los multímetros digitales DMG 700 y DMG 800 pueden visualizar los parámetros eléctricos en la gran pantalla gráfica LCD con suma precisión para un control total de la red de distrbución de energía.
Están realizados en un cuerpo empotrable (96x96mm) con 4 ranuras para módulos de expansión enchufables que permiten adaptarlos a múltiples aplicaciones.
Las caracteristics principales de estos multímetros son el amplio campo de alimentación, la gran precisión en la medición de los valores, la posibilidad de expansión y la interface gráfica interactiva que facilita su uso.
Los principales parámetros medidos son los siguientes:

- Tensión (tensiones de fase, fase-fase y de sistema)
- Corriente de fase (corriente de neutro calculada)
- Potencia (potencias activas, reactivas, aparentes de fase y totales)
- P.F. (factor de potencia de cada fase y total)
- Frecuencia de la tensión medida
- Función de valor máximo (HIGH), valor mínimo (LOW) y valor medio (AVERAGE) para todos los parámetros
- Valores de pico (max demand) de potencia y corriente
- Asimetrías de tensión y corriente
- Distorsión armónica total (THD) de tensiones y corrientes
- Análisis de armónicos de tensión y corriente hasta el 31° (sólo DMG 800)
- Contadores de energía activa, reactiva, aparente (parciales y totales con funciones de tarifas programables)
- Cuentahoras (total y parcial, programables)
- Contador de impulsos para uso general (consumo de agua, gas, etc. sólo con módulo de expansión).

Características de empleo

- Tensión auxiliar de alimentación: 90÷484VAC / 93,5÷300VDC; 9÷70VDC sólo para DMG 800 D048
- Rango de medida tensión: 20÷830VAC fase-fase; 10÷480VAC fase-neutro
- Posibilidad de uso en sistemas de mediana y alta tensión mediante TV
- Corriente nominal de entrada:
  - 5A mediante TC externo para DMG 700
  - 5A o 1A mediante TC externo para DMG 800
- Medidas de corriente mediante TC de hasta 10.000A
- Rango de medida de la frecuencia 45÷66Hz
- Mediciones en verdadero valor eficaz (TRMS) de las tensiones y corrientes
- Precisión de las medidas para DMG 700:
  - tensiones: ±0,5% (50÷830VAC)
  - corriente: ±0,5% (0,1÷1,1In)
  - potencia: ±1% f.esc.
  - frecuencia: ±0,05%
  - energía activa: Clase 1 (IEC/EN 62053-21)
  - energía reactiva: Clase 2 (IEC/EN 62053-23)
- Precisión de las medidas para DMG 800...:

EXP 10...

Código de pedido	Descripción
Módulos de expansión para DMG 700, DMG 800. Entradas y salidas.	
EXP10 00	4 entradas digitales aisladas
EXP10 01	4 salidas estáticas aisladas
EXP10 02	2 entradas dígito. y 2 salidas estáticas aisladas
EXP10 03	2 relés de salida 5A 250VAC
EXP10 04	2 entradas analógicas aisladas 0/4-20mA o PT100 o 0÷10V o 0...±5V (sólo para DMG 800)
EXP10 05	2 salidas analógicas aisladas 0/4-20mA o 0÷10V o 0...±5V (sólo para DMG 800)
Puertos de comunicación.	
EXP10 10	Interface USB aislado
EXP10 11	Interface RS232 aislado
EXP10 12	Interface RS485 aislado
EXP10 13	Interface Ethernet aislado con función webserver (sólo para DMG 800)
EXP10 14	Interface Profibus-DP aislado (sólo para DMG 800)
EXP10 30	Memoria de datos, reloj calendario con reserva de carga p/registro datos (sólo para DMG 800)

  - tensiones: ±0,2% (50÷830VAC)
  - corriente: ±0,2% (0,1÷1,1In)
  - potencia: ±0,5% f.esc.
  - factor de potencia: ±0,5%
  - frecuencia: ±0,05%
  - energía activa: Clase 0.5S (IEC/EN 62053-22)
  - energía reactiva: Clase 2 (IEC/EN 62053-23)
- Memoria no volátil para memorización de datos
- Protocolo de comunicación Modbus® RTU, ASCII y TCP (sólo con módulos de expansión para comunicación)
- Programación y control remoto mediante software (sólo con módulos de expansión para comunicación)
- Cuerpo empotrable 96x96mm
- Grado de protección: IP65 frontal; IP20 en terminales.

Módulos de expansión serie EXP10 (ver pág. 22-28)

Dimensiones caja M3 N (ver pág. 4-15)

Homologaciones y conformidad
Homologaciones obtenidas: cULus, GOST (excepto DMG M3...).
Conforme a normas: IEC/EN61010-1, IEC/EN61000-6-2, IEC/EN61000-6-4, UL508, CSA C22-2 n° 14.

- **CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN:**

FUPT2402 Edición: 07 2016/04/28

colmetrik

ACREDITADO ONAC

ISO/IEC 17025:2005
10-LAC-049

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN COLMETRIK LTDA.®

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CALIBRATION CERTIFICATE

NÚMERO: CMK-ELEC-16487

Instrumento Calibrado: *Calibrated Instrument*	Digital Multimeter			
	Fabricante:	LOVATO ELECTRIC		
	Modelo:	DMG800		
	Serie:	10490008		
	Dispositivo indicador:	Pantalla LCD		
	Identificación:	IYD0005		
Método de Calibración: *Calibration method*	- EURAMET CG-15 Guía sobre la calibración de multímetros digitales (Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters). Version 2 (03/2011)			
Trazabilidad: *Trazability*	Las mediciones realizadas son trazables al sistema internacional de unidades según se evidencia en los certificados referidos a continuación:			
	- *Precision Multi Product Calibrator Transmille 3041 A ID: CMK-03011*			
	Certificado de Calibración CMR-GELEC-15236 del 2015/10/13 emitido por laboratorio de calibración Colmetrik Ltda®. Acreditado ONAC			
Condiciones ambientales: *Environmental Conditions*	Temperatura Máxima	22.5 °C	Temperatura Mínima	21.7 °C
	Humedad Máxima	45 %	Humedad Mínima	44 %
Fecha de recepción: *Date of reception*	2016/09/27		Fecha de calibración: *Date of calibration*	2016/09/27
Fecha de emisión: *Date of emission*	2016/09/29			
Calibró: *Calibrated by*	Camilo Andrés Baquero Nieto Técnico de Laboratorio			
Autoriza este certificado: *Authorized by*	Juan S. Soto Gomez. Juan Sebastián Soto Gómez Coordinador de Laboratorio Revisado por - *Checked by*			

Estos resultados corresponden únicamente a la calibración del equipo descrito. Este certificado no debe ser reproducido sin aprobación escrita de ColMetrik Ltda.®

Calle 72 N° 55 - 54 PISO 3 Bogotá D.C.
Teléfonos: (571) 5476161 - 3108231 ; Fax: (571) 5491573
www.colmetrik.com
Correo electrónico:

colmetrik

ACREDITADO ONAC

ISO/IEC 17025:2005
10-LAC-049

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN COLMETRIK LTDA.
Certificado de calibración No. CMK-ELEC-16487

Incertidumbre de medición:

La estimación de la incertidumbre sigue los lineamientos de la "GUÍA PARA LA EXPRESIÓN DE INCERTIDUMBRE EN LAS MEDICIONES" GTC 51-1997, y del procedimiento interno LPT-06.

La incertidumbre de medición reportada fue estimada teniendo en cuenta las contribuciones debidas a la especificación del patrón, resolución del instrumento bajo prueba y dispersión de los datos al medir.

La incertidumbre de medición expandida reportada es estimada como la incertidumbre estándar de la medida multiplicada por un factor de cobertura k reportada en la tabla de resultados. Si la incertidumbre dominante tiene una distribución rectangular k= 1,65. Estos factores de cobertura corresponden a un nivel de confianza aproximado del 95,45 %.

Resultados de calibración:

Se realizaron mediciones del instrumento, se determinaron los errores al medir respecto al instrumento patrón. Estos datos se emiten en las siguientes tablas de resultados como error ± incertidumbre.

MEDICIÓN DE TENSIÓN ALTERNA (V~) - volt [V]						
Intervalo de medición	Frecuencia	Lectura Patrón*	Lectura Instrumento*	Error Instrumento*	Factor de cobertura k	± Incertidumbre expandida
Neutro - Linea 1						
(0 a 400) V	50Hz	40,000 V	40,0 V	0,000 V	2,0	0,062 V
(0 a 400) V	50Hz	120,000 V	120,2 V	0,200 V	2,0	0,084 V
(0 a 400) V	50Hz	200,000 V	200,0 V	0,00 V	2,0	0,11 V
(0 a 400) V	50Hz	280,00 V	280,2 V	0,20 V	2,0	0,19 V
(0 a 400) V	50Hz	360,00 V	360,3 V	0,30 V	2,0	0,24 V
Neutro - Linea 2						
(0 a 400) V	50Hz	40,000 V	40,0 V	0,000 V	2,0	0,071 V
(0 a 400) V	50Hz	120,000 V	120,1 V	0,100 V	2,0	0,077 V
(0 a 400) V	50Hz	200,000 V	200,0 V	0,00 V	2,0	0,11 V
(0 a 400) V	50Hz	280,00 V	280,2 V	0,20 V	2,0	0,20 V
(0 a 400) V	50Hz	360,00 V	360,2 V	0,20 V	2,0	0,22 V
Neutro - Linea 3						
(0 a 400) V	50Hz	40,000 V	40,0 V	0,000 V	2,0	0,062 V
(0 a 400) V	50Hz	120,000 V	120,1 V	0,100 V	2,0	0,077 V
(0 a 400) V	50Hz	200,000 V	200,1 V	0,10 V	2,0	0,11 V
(0 a 400) V	50Hz	280,00 V	280,1 V	0,10 V	2,0	0,20 V
(0 a 400) V	50Hz	360,00 V	360,2 V	0,20 V	2,0	0,22 V

*Valor Promedio

Calle 72 N° 55 - 54 PISO 3 Bogotá D.C.
Teléfonos: (571) 5476161 - 3108231 ; Fax: (571) 5491573
www.colmetrik.com
Correo electrónico:

10 ANEXO D: Datos de consumo para línea base.

DÍA	Consumo en kWh
viernes, 01 de enero de 2016	9,400
sábado, 02 de enero de 2016	9,600
domingo, 03 de enero de 2016	0,570
lunes, 04 de enero de 2016	71,114
martes, 05 de enero de 2016	70,510
miércoles, 06 de enero de 2016	70,802
jueves, 07 de enero de 2016	71,509
viernes, 08 de enero de 2016	71,423
sábado, 09 de enero de 2016	9,400
domingo, 10 de enero de 2016	9,600
lunes, 11 de enero de 2016	0,570
martes, 12 de enero de 2016	74,210
miércoles, 13 de enero de 2016	74,073
jueves, 14 de enero de 2016	72,730
viernes, 15 de enero de 2016	74,566
sábado, 16 de enero de 2016	9,600
domingo, 17 de enero de 2016	0,570
lunes, 18 de enero de 2016	74,609
martes, 19 de enero de 2016	72,483
miércoles, 20 de enero de 2016	72,661
jueves, 21 de enero de 2016	73,417
viernes, 22 de enero de 2016	73,366
sábado, 23 de enero de 2016	9,600
domingo, 24 de enero de 2016	0,570
lunes, 25 de enero de 2016	74,018
martes, 26 de enero de 2016	74,069
miércoles, 27 de enero de 2016	72,760
jueves, 28 de enero de 2016	72,966
viernes, 29 de enero de 2016	72,493
sábado, 30 de enero de 2016	9,600
domingo, 31 de enero de 2016	0,570

DÍA	Consumo en kWh
lunes, 01 de febrero de 2016	57,891
martes, 02 de febrero de 2016	57,137
miércoles, 03 de febrero de 2016	56,173
jueves, 04 de febrero de 2016	57,737
viernes, 05 de febrero de 2016	56,154
sábado, 06 de febrero de 2016	9,985
domingo, 07 de febrero de 2016	0,619
lunes, 08 de febrero de 2016	62,829
martes, 09 de febrero de 2016	62,512
miércoles, 10 de febrero de 2016	57,285
jueves, 11 de febrero de 2016	55,999
viernes, 12 de febrero de 2016	55,900
sábado, 13 de febrero de 2016	9,985
domingo, 14 de febrero de 2016	0,619
lunes, 15 de febrero de 2016	60,353
martes, 16 de febrero de 2016	60,440
miércoles, 17 de febrero de 2016	59,492
jueves, 18 de febrero de 2016	59,860
viernes, 19 de febrero de 2016	60,116
sábado, 20 de febrero de 2016	9,985
domingo, 21 de febrero de 2016	0,619
lunes, 22 de febrero de 2016	60,385
martes, 23 de febrero de 2016	60,106
miércoles, 24 de febrero de 2016	60,780
jueves, 25 de febrero de 2016	60,007
viernes, 26 de febrero de 2016	60,574
sábado, 27 de febrero de 2016	9,985
domingo, 28 de febrero de 2016	0,619
lunes, 29 de febrero de 2016	61,681

DÍA	Consumo en kWh
martes, 01 de marzo de 2016	66,376
miércoles, 02 de marzo de 2016	66,183
jueves, 03 de marzo de 2016	66,429
viernes, 04 de marzo de 2016	67,441
sábado, 05 de marzo de 2016	18,945
domingo, 06 de marzo de 2016	0,998
lunes, 07 de marzo de 2016	66,799
martes, 08 de marzo de 2016	67,331
miércoles, 09 de marzo de 2016	66,681
jueves, 10 de marzo de 2016	66,958
viernes, 11 de marzo de 2016	66,495
sábado, 12 de marzo de 2016	18,945
domingo, 13 de marzo de 2016	0,998
lunes, 14 de marzo de 2016	66,804
martes, 15 de marzo de 2016	66,688
miércoles, 16 de marzo de 2016	66,469
jueves, 17 de marzo de 2016	67,841
viernes, 18 de marzo de 2016	67,522
sábado, 19 de marzo de 2016	18,945
domingo, 20 de marzo de 2016	0,998
lunes, 21 de marzo de 2016	39,233
martes, 22 de marzo de 2016	39,435
miércoles, 23 de marzo de 2016	39,026
jueves, 24 de marzo de 2016	1,890
viernes, 25 de marzo de 2016	1,718
sábado, 26 de marzo de 2016	18,945
domingo, 27 de marzo de 2016	0,723
lunes, 28 de marzo de 2016	66,666
martes, 29 de marzo de 2016	67,324
miércoles, 30 de marzo de 2016	66,241
jueves, 31 de marzo de 2016	66,831

DÍA	Consumo en kWh
viernes, 01 de abril de 2016	56,610
sábado, 02 de abril de 2016	21,985
domingo, 03 de abril de 2016	0,951
lunes, 04 de abril de 2016	61,589
martes, 05 de abril de 2016	61,228
miércoles, 06 de abril de 2016	61,794
jueves, 07 de abril de 2016	60,482
viernes, 08 de abril de 2016	61,157
sábado, 09 de abril de 2016	16,362
domingo, 10 de abril de 2016	0,854
lunes, 11 de abril de 2016	58,457
martes, 12 de abril de 2016	57,574
miércoles, 13 de abril de 2016	57,160
jueves, 14 de abril de 2016	56,963
viernes, 15 de abril de 2016	58,528
sábado, 16 de abril de 2016	11,784
domingo, 17 de abril de 2016	0,995
lunes, 18 de abril de 2016	58,202
martes, 19 de abril de 2016	58,463
miércoles, 20 de abril de 2016	58,176
jueves, 21 de abril de 2016	58,450
viernes, 22 de abril de 2016	57,728
sábado, 23 de abril de 2016	16,362
domingo, 24 de abril de 2016	0,854
lunes, 25 de abril de 2016	57,532
martes, 26 de abril de 2016	58,756
miércoles, 27 de abril de 2016	58,430
jueves, 28 de abril de 2016	58,286
viernes, 29 de abril de 2016	57,493
sábado, 30 de abril de 2016	21,953

DÍA	Consumo en kWh
domingo, 01 de mayo de 2016	0,714
lunes, 02 de mayo de 2016	70,327
martes, 03 de mayo de 2016	70,836
miércoles, 04 de mayo de 2016	70,030
jueves, 05 de mayo de 2016	70,083
viernes, 06 de mayo de 2016	70,409
sábado, 07 de mayo de 2016	9,985
domingo, 08 de mayo de 2016	0,619
lunes, 09 de mayo de 2016	0,715
martes, 10 de mayo de 2016	70,138
miércoles, 11 de mayo de 2016	70,897
jueves, 12 de mayo de 2016	70,608
viernes, 13 de mayo de 2016	70,865
sábado, 14 de mayo de 2016	8,469
domingo, 15 de mayo de 2016	0,798
lunes, 16 de mayo de 2016	70,103
martes, 17 de mayo de 2016	70,629
miércoles, 18 de mayo de 2016	69,938
jueves, 19 de mayo de 2016	70,777
viernes, 20 de mayo de 2016	69,893
sábado, 21 de mayo de 2016	10,896
domingo, 22 de mayo de 2016	2,789
lunes, 23 de mayo de 2016	70,005
martes, 24 de mayo de 2016	70,587
miércoles, 25 de mayo de 2016	70,379
jueves, 26 de mayo de 2016	70,111
viernes, 27 de mayo de 2016	70,809
sábado, 28 de mayo de 2016	12,487
domingo, 29 de mayo de 2016	3,659
lunes, 30 de mayo de 2016	0,897
martes, 31 de mayo de 2016	70,127

DÍA	Consumo en kWh
miércoles, 01 de junio de 2016	60,340
jueves, 02 de junio de 2016	60,303
viernes, 03 de junio de 2016	59,953
sábado, 04 de junio de 2016	12,487
domingo, 05 de junio de 2016	0,968
lunes, 06 de junio de 2016	0,851
martes, 07 de junio de 2016	61,423
miércoles, 08 de junio de 2016	61,562
jueves, 09 de junio de 2016	62,281
viernes, 10 de junio de 2016	62,314
sábado, 11 de junio de 2016	11,785
domingo, 12 de junio de 2016	0,714
lunes, 13 de junio de 2016	60,738
martes, 14 de junio de 2016	62,193
miércoles, 15 de junio de 2016	60,090
jueves, 16 de junio de 2016	60,326
viernes, 17 de junio de 2016	62,463
sábado, 18 de junio de 2016	10,362
domingo, 19 de junio de 2016	0,862
lunes, 20 de junio de 2016	61,736
martes, 21 de junio de 2016	60,578
miércoles, 22 de junio de 2016	62,251
jueves, 23 de junio de 2016	60,292
viernes, 24 de junio de 2016	61,949
sábado, 25 de junio de 2016	9,603
domingo, 26 de junio de 2016	0,902
lunes, 27 de junio de 2016	61,491
martes, 28 de junio de 2016	59,975
miércoles, 29 de junio de 2016	59,986
jueves, 30 de junio de 2016	61,361