

PROPUESTA DE UN PROCEDIMIENTO BASADO EN INDICADORES PARA
EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD DE PROYECTOS DE EFICIENCIA
ENERGÉTICA SEGÚN ISO 50002 EN EMPRESAS COMERCIALES Y DE SERVICIOS



Autor:

María Isabel García Fajardo

Universidad del Cauca

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Maestría en Automática

Popayán

2018

PROPUESTA DE UN PROCEDIMIENTO BASADO EN INDICADORES PARA
EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD DE PROYECTOS DE EFICIENCIA
ENERGÉTICA SEGÚN ISO 50002 EN EMPRESAS COMERCIALES Y DE SERVICIOS

Modalidad:

Monografía

Director:

Mg. Juan Fernando Flórez Marulanda

Universidad del Cauca

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Maestría en Automática

Popayán

2018

Hoja de Aprobación

Director _____

Mag. Juan Fernando Flórez Marulanda

Jurado _____

Jurado _____

Fecha de sustentación:

AGRADECIMIENTOS

Ante todo, agradezco a Dios, que es mi pilar; a mi papá, mi mamá y mi hermana quienes con su apoyo incondicional me han acompañado durante mis logros.

A mis amigos y compañero de la maestría Natalie, Jeison, Cristina, Brenda, Diego, Fausto, Ary y Daniel con quienes compartí gratos momentos, a los profesores de la Universidad del Cauca que me han aportado lo mejor de ellos en todo momento, todos ellos siempre dispuestos a ayudar y servir de la mejor manera posible.

A mi director de trabajo de grado, el Mg. Juan Fernando Flórez, por su gran esfuerzo, dedicación y paciencia con migo; a la coordinadora de la Maestría PhD. Mariela Muñoz, quien siempre estuvo dispuesta a ayudarme, al PhD. Enrique Ciro Quispe por sus acertadas sugerencias que me permitieron enfocar la investigación.

Y un recuerdo muy especial para el personal de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones: la administración, los laboratoristas, los trabajadores de las tiendas y papelerías, que me ayudaron en todo momento.

RESUMEN

Teniendo en cuenta la Norma ISO 50002 se propone un procedimiento de auditoría energética basado en indicadores para la evaluación de la factibilidad de los proyectos de eficiencia energética en empresas comerciales y de servicios. El procedimiento está dirigido a Empresas de Servicios Energéticos, con el fin de brindarles una herramienta que permita evaluar mediante el cálculo de indicadores, el progreso de la auditoría energética en una organización. A partir de la identificación de tres etapas principales en una auditoría energética, se propone una serie de actividades y sub-actividades enfocadas en facilitar a la Empresas de Servicios Energéticos desarrollar proyectos de eficiencia energética en las organizaciones mediante un procedimiento detallado, que integrado con un banco de indicadores permite evaluar el progreso y la factibilidad de la auditoría energética. El procedimiento propuesto es aplicado a un caso de estudio de la Universidad del Cauca.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	i
LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE TABLAS	vi
INTRODUCCIÓN	1
1. GENERALIDADES.....	3
1.1. Marco teórico.....	3
1.1.1. Energías alternativas	3
1.1.2. Eficiencia Energética	4
1.1.3. Normas internacionales en Eficiencia Energética.....	4
1.1.4. ISO 50001	5
1.1.5. Eficiencia Energética en Colombia.....	6
1.1.6. Proyectos de Eficiencia Energética.....	7
1.1.7. Empresas de Servicios Energéticos.....	9
1.2. Planteamiento del problema.....	11
1.3. Objetivos	14
1.3.1. Objetivo general:.....	14
1.3.2. Objetivos específicos:	14
1.4. Estado del arte	15
2. PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	18
2.1. Aspectos involucrados en los proyectos de Eficiencia Energética.....	18
2.1.1. Sector eléctrico colombiano.....	18
2.1.2. Aspectos tecnológicos.....	19
2.1.3. Aspectos ambientales.....	22
2.1.4. Aspectos sociales	22
2.1.5. Aspectos económicos.....	23
2.1.6. Aspectos legales.....	24
2.2. Desarrollo de proyectos de Eficiencia Energética	28
2.2.1. Fases de un proyecto de Eficiencia Energética	29

2.2.2.	Ciclo de vida de un proyecto de ingeniería.....	30
2.2.3.	Metodología Front End Loading [66]	31
3.	DEFINICIÓN DE LAS ETAPAS DEL PROCEDIMIENTO DE AUDITORÍA ENERGÉTICA PARA ESEs SOPORTADO EN ISO 50002.....	37
3.1.	Análisis de la norma ISO 50002 Auditoría Energética	37
3.1.1.	Estructura de la auditoría energética.....	38
3.1.2.	Identificación de los procesos principales de una AE.....	39
3.1.3.	Etapas de la AE basada en ISO 50002 para proyectos de EE desarrollados por ESEs....	39
3.1.4.	Objetivos, entradas, salidas y entregables de cada Etapa de la Auditoría Energética.....	42
3.2.	Definición de las actividades principales de cada Etapa.....	45
3.2.1.	Actividades de la Etapa 1.....	45
3.2.2.	Actividades de la Etapa 2.....	50
3.2.3.	Actividades de la Etapa 3:.....	55
3.3.	Auditoría Energética para proyectos de eficiencia energética realizadas por ESEs.....	59
4.	DEFINICIÓN DE INDICADORES PARA EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA	63
4.1.	Generalidades de los indicadores.....	64
4.2.	Métodos de diseño de indicadores.....	66
4.3.	Definición del banco de indicadores	67
4.3.1.	Definición de indicadores para la Etapa 1	67
4.3.2.	Definición de indicadores para la Etapa 2	78
4.3.3.	Definición de indicadores para la Etapa 3	85
4.3.2.	Banco de indicadores para la Fase de AE.....	89
5.	APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE AE A UN CASO DE ESTUDIO DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA.....	94
5.2.	Etapa 1. Análisis general de la organización. Caso de estudio.....	94
5.2.1.	Actividad 1. Reunión para términos y condiciones.....	94
5.1.3.	Actividad 3. Visita de reconocimiento para recolección de información primaria	99
5.1.4.	Actividad 4. Análisis de la información, informe y propuestas	99
5.2.	Etapa 2. Análisis del uso y consumo de la energía. Caso de estudio	104
5.2.1.	Actividad 1. Instalación de equipos de medida adicionales.....	104
5.3.	Etapa 3. Identificación del potencial de ahorro. Caso de estudio.....	111

5.3.1. Análisis de la información	111
5.3.2. Cálculo del desempeño energético.....	113
5.3.3. Identificación de los potenciales de ahorro.....	113
5.3.4. Análisis de medidas de EE y elaboración de propuestas	113
5.3.5. Informe y propuesta (Reunión de cierre de la AE)	118
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	119
7. BIBLIOGRAFÍA.....	121
<i>“Climate Change: Implications for the Energy Sector”</i> , Cambridge Institute for Sustainability Leadership, 2014.....	121

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de Planificación Energética.....	6
Figura 2. Estructura de financiamiento y ganancias	9
Figura 3. Evolución proyectos de eficiencia energética en CEO.....	13
Figura 4. Aspectos involucrados en proyectos de eficiencia energética	28
Figura 5. Fases de un proyecto de eficiencia energética.....	29
Figura 6. Ciclo de vida clásico de un proyecto de ingeniería.	30
Figura 7. Metodología Front End Loading.	32
Figura 8. Proceso Etapa-Compuerta de la metodología Front End Loading.....	33
Figura 9. Relación fases del proyecto de eficiencia energética con la metodología FEL.	34
Figura 10. Fases del proyecto de eficiencia energética según el proceso Etapa-Compuerta.	35
Figura 11. Etapas de la AE según el proceso Etapa-Compuerta.	36
Figura 12. Diagrama de flujo de proceso de la Auditoría Energética según ISO 50002.	38
Figura 13. Relación Etapas de la Auditoría Energética propuesta e ISO 50002.....	40
Figura 14. Etapas de la Auditoría Energética para ESEs	40
Figura 15. Entradas, salidas y resultados esperados de la Etapa 1.....	42
Figura 16. Entradas, salidas y resultados esperados de la Etapa 2.....	43
Figura 17. Entradas, salidas y resultados esperados de la Etapa 3.....	44
Figura 18. Actividades de la Etapa 1.	45
Figura 19. Sub-actividades planteadas para cada actividad de la Etapa 1.	47
Figura 20. Actividades de la Etapa 2.	50
Figura 21. Sub-actividades planteadas para cada actividad de la Etapa 2.	52
Figura 22. Actividades de la Etapa 3.	55
Figura 23. Sub-actividades planteadas para cada actividad de la Etapa 3.	57
Figura 24. Esquema del procedimiento de AE para ESEs.	61
Figura 25. Sugerencia de indicadores para cada ámbito de medición	66
Figura 26. Procedimiento de AE con indicadores.....	93
Figura 27. Instalaciones de la FIET, FIC y FCCEA de la Universidad del Cauca.	95
Figura 28. Edificios de la FIET, FIC Y FCCEA de la Universidad del Cauca.....	97
Figura 29. Campus Tulcán de la Universidad del Cauca.....	98
Figura 30. Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas	104
Figura 31. Tablero de distribución principal a) Sin conexión del medidor b) Conexión del ALPHA METER y los transformadores de corriente.	105
Figura 32. Consumo energético mensual por tipo de carga.....	112
Figura 33. Perfil de carga diario de la FCCEA	114
Figura 34. Perfil de carga día laboral – Campus Tulcán.....	116
Figura 35. Perfil de carga día domingo – Campus Tulcán.....	116

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de las actividades que conforman la Etapa 1. Análisis general de la organización	46
Tabla 2. Descripción de las sub-actividades que conforman la Etapa 1	47
Tabla 3. Descripción de las actividades que conforman la Etapa 2. Análisis del uso y consumo de la energía	51
Tabla 4. Descripción de las sub-actividades que conforman la Etapa 2	52
Tabla 5. Descripción de las actividades que conforman la Etapa 3. Identificación del potencial de ahorro	55
Tabla 6. Descripción de las sub-actividades que conforman la Etapa 3	57
Tabla 7. Actividades y sub-actividades críticas y variables a medir en la Etapa 1	68
Tabla 8. Variables a medir en la Etapa 1, etiquetas y unidades	73
Tabla 9. Definición de indicadores de primer nivel para la Etapa 1	74
Tabla 10. Definición de indicadores de segundo nivel para la Etapa 1	75
Tabla 11. Definición de indicadores de tercer nivel para la Etapa 1	76
Tabla 12. Resumen de los IDs de la Etapa 1	77
Tabla 13. Actividades y sub-actividades críticas y variables a medir en la Etapa 2	79
Tabla 14. Variables a medir en la Etapa 2. Etiquetas y unidades	82
Tabla 15. Definición de indicadores de primer nivel para la Etapa 2	82
Tabla 16. Definición de indicadores de segundo nivel para la Etapa 1	83
Tabla 17. Resumen de los IDs de la Etapa 2	84
Tabla 18. Actividades y sub-actividades críticas y variables a medir en la Etapa 3	85
Tabla 19. Variables a medir en la Etapa 3. Etiquetas y unidades	87
Tabla 20. Definición de indicadores financieros para la Etapa 3	88
Tabla 21. Resumen de los IDs de la Etapa 3	89
Tabla 22. Banco de indicadores para la Fase de Auditoría Energética	89
Tabla 23. Formato utilizado para el inventario equipos consumidores de energía	106
Tabla 24. Preguntas de la encuesta de hábitos de consumo	107
Tabla 25. Inventario de cuatro equipos consumidores de energía del edificio P3	109
Tabla 26. Respuestas encuesta hábitos de consumo	109
Tabla 27. Consumo mensual real FCCEA	111
Tabla 28. Radiación solar promedio (diaria y mensual) obtenida en 2017	114

INTRODUCCIÓN

La dependencia casi total de un modelo energético basado en carbón, gas y petróleo, ha derivado alteraciones en el clima con efectos desastrosos para la vida en el planeta y un alto costo medio ambiental que a la larga es irreversible, pues no solo se trata de la disminución considerable de dichos recursos, sino del aumento desmedido en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), principales responsables del calentamiento global.

La creciente preocupación por el cambio climático mundial y el medio ambiente, los altos costos de construcción de plantas de generación de energía, el carácter limitado de las fuentes energéticas tradicionales, la inestabilidad de precios de los combustibles y la energía, han abierto una puerta hacia las fuentes no convencionales de energía principalmente las renovables, a la implementación de programas de uso eficiente de la energía, al desarrollo de tecnologías más amigables con el medio ambiente y a la incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación a la cadena de valor del sector energético, haciendo que la eficiencia energética sea actualmente el centro de atención de las empresas productivas, las electrificadoras y los entes reguladores, induciendo el desarrollo de un mercado de servicios relacionados con la eficiencia energética.

La necesidad de brindar a las organizaciones que producen bienes o servicios, estrategias para una gestión eficiente de la energía en sus procesos e instalaciones, ha derivado en el desarrollo de normas internacionales como la ISO 50001, para la implementación de sistemas de gestión de la energía garantizando una mejora continua del desempeño energético y la ISO 50002, cuyo propósito es definir el conjunto de requisitos mínimos que se deben desarrollar en una auditoría energética, con el fin de identificar y priorizar las oportunidades para mejorar el desempeño energético, para así reducir el desperdicio de energía y obtener beneficios ambientales y económicos en las organizaciones.

Una organización puede analizar y desarrollar por sí misma estrategias para el uso racional y eficiente de la energía en sus instalaciones, no obstante, existen empresas que prestan servicios energéticos a aquellas organizaciones que requieren de asesoría especializada, estas empresas son conocidas como Empresas de Servicios Energéticos (ESE) y su principal objetivo es lograr que las organizaciones sean más competitivas, partiendo de una gestión energética eficiente y de la reducción de los consumos de energía, mediante el desarrollo e implementación de proyectos de eficiencia energética. Aunque el mercado de los servicios energéticos está en auge, este tipo de empresas presentan inconvenientes ya que carecen de herramientas, principalmente de indicadores en etapas estratégicas del procedimiento de diseño de proyectos de eficiencia energética, que les permitan evaluar la complejidad de la prestación del servicio a una organización en particular. Evaluar la viabilidad técnica y económica desde el inicio de la prestación de los servicios energéticos, es de gran utilidad para determinar la complejidad del proyecto, el tiempo, personal e inversiones económicas

necesarias y así determinar si es viable técnica y financieramente prestar los servicios energéticos a dicha organización.

Teniendo en cuenta lo anterior, en este trabajo se propone un procedimiento de auditoría energética basado en la Norma ISO 50002, para llevar a cabo proyectos de eficiencia energética en empresas comerciales y de servicios del sector público y privado en Colombia. Este procedimiento además de tener en cuenta actividades que facilitan la relación Cliente – ESE, se complementa con indicadores para la evaluación de la factibilidad de los proyectos de eficiencia energética desde el inicio de la auditoría energética, de tal forma que las ESEs puedan evaluar la viabilidad de los proyectos desde el inicio del procedimiento y así evitar inversiones económicas y de tiempo, con poco o nulo retorno.

1. GENERALIDADES

1.1. Marco teórico

El consumo de energía está fuertemente relacionado con el desarrollo económico, social y ambiental de la humanidad, así como con la densidad de población [1]. La disponibilidad de energía proporcionada por la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) ha fomentado la expansión del desarrollo social y tecnológico permitiendo a los seres humanos mejorar su calidad de vida [2]. Sin embargo, estos recursos naturales no son infinitos y se está llegando a un punto en que el crecimiento mundial no puede ser sostenible si se continúa con los patrones de consumo y producciones vigentes, pues actualmente se presenta una notable disminución de dichos combustibles fósiles, que contrasta con un aumento en la demanda energética mundial (Aumento del consumo mundial de energía primaria por solo 1% en 2016, luego de un crecimiento de 0.9% en 2015 y 1% en 2014 [3]). Adicionalmente, se presenta un nivel alarmante de emisiones de Dióxido de carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido nitroso (N₂O) Clorofluorcarbonos (CFC) y Ozono (O₃), principales gases de efecto invernadero (GEI) que generan aumentos en la temperatura media global, de la atmosfera terrestre y de los océanos [4]. Sin duda el modelo energético basado en combustibles fósiles ha traído consecuencias negativas para el medio ambiente, por lo que es necesario encontrar soluciones energéticas que permitan mantener el ritmo de crecimiento mundial sin afectar al medio ambiente.

1.1.1. Energías alternativas

El sector energético al ser una fuente importante de emisiones de carbono, es uno de los que enfrenta mayores desafíos por las consecuencias del cambio climático, pues se ve afectado por las alteraciones en el medio ambiente y principalmente por las políticas de mitigación [5]. Sin embargo, es un sector que puede aportar potencialmente a la reducción de emisiones de CO₂ y al mejoramiento del abastecimiento energético a nivel mundial.

Una de las alternativas que está en pleno auge para solucionar esta problemática es la utilización de fuentes no convencionales de energía, tales como el calor producido por la desintegración de átomos de uranio para generar energía nuclear, la fuerza del agua o viento para producir energía hidroeléctrica y eólica, la radiación del solar para producir energía solar fotovoltaica o energía solar térmica, biomasa para producir energía a través de la descomposición de materia orgánica, calor del interior de la tierra para producir energía térmica, e hidrógeno para producir energía mediante celdas de combustible [6]. De las formas de energía anteriormente mencionadas, la energía nuclear no es catalogada como energía renovable ya que proviene de fuentes que no se renuevan infinitamente y además produce desechos radioactivos que representan un riesgo ambiental [7]. Por otra parte, aunque el hidrógeno es el elemento más abundante en el universo, es difícil encontrarlo en su forma elemental, lo que se traduce en altos costos de producción de energía, haciendo de las celdas

de combustible una fuente de energía que aún está fuera del alcance incluso de los países desarrollados [8].

Si bien el cambio de los combustibles fósiles por fuentes renovables para la generación de energía eléctrica es una medida que reduciría notablemente las emisiones de GEI, se debe destacar que esta transición requiere de grandes inversiones económicas, del desarrollo de nuevas tecnologías y principalmente de cambios en las políticas gubernamentales, convirtiéndola en una medida efectiva a largo plazo. Esto hace que se deba buscar alternativas para mitigar el cambio climático no solo en las actividades de generación sino también en el uso final de la energía, desarrollando estrategias que fomenten el ahorro energético en todos los sectores productivos, residencial, comercial e industrial, en especial cuando se sabe que el consumo energético mundial seguirá aumentando sin cesar. La Eficiencia Energética (EE) es considerada una de las medidas más efectivas a corto, mediano y largo plazo en el logro de la reducción de las emisiones de GEI, ofrecen otros beneficios como: la reducción en los costos de operación, incrementos en la productividad, mejor calidad en los productos, mayor seguridad laboral, reducción de residuos y prevención de la contaminación, entre otros [4]. Estas acciones, realizadas sin coordinación, aisladas o sólo por algunos individuos no tienen mayor efecto, pero sí son de gran importancia cuando se adoptan por la sociedad en general.

1.1.2. Eficiencia Energética

La EE es el uso eficiente de la energía y se define como la relación entre la energía aprovechada y la total utilizada en cualquier proceso de la cadena energética [9], de esta forma la EE permite optimizar los procesos productivos y el empleo de la energía utilizando lo mismo o menos para producir más bienes y servicios. Dependiendo del tipo de organización, las características de consumo o de la actividad de negocio, la EE se puede practicar de diferentes maneras, con diferentes tecnologías y con diferentes alcances, desde algo tan simple como disminuir el consumo energético del sistema de iluminación mediante el cambio a tecnología LED, hasta proyectos complejos y ambiciosos como el cambio en la climatización o sistemas de cogeneración y autogeneración de energía [10]. La EE no es un tema exclusivamente técnico-económico ya que en ella inciden tanto el comportamiento de los individuos como las prácticas sociales, lo mismo que las instituciones privadas o estatales que regulan lo referente a la energía. De esta manera, las organizaciones internacionales y los gobiernos juegan un papel fundamental para desarrollar e impulsar estrategias de EE a través de la legislación, del diseño de normas y de la constante comunicación y retroalimentación con los sectores productivos.

1.1.3. Normas internacionales en Eficiencia Energética

La necesidad de brindar a las organizaciones que producen bienes o servicios, estrategias para una gestión eficiente de la energía en sus procesos e instalaciones, ha derivado en el desarrollo de normas internacionales. Algunos países plantearon sus propios modelos de

gestión de la energía para impulsar el uso eficiente de la energía en las organizaciones, como es el caso de la norma ANSI/MSE 50021 que se aplica en USA [11] y la norma UNE-ISO 50003 que se aplica en España [12]. En Colombia, durante el 2005 y 2007 se desarrolló el Modelo de Gestión Integral de la Energía (MGIE), modelo elaborado por la Universidad Autónoma de Occidente y la Universidad del Atlántico, y financiado por Colciencias y la Unidad de Planeación Minero Energética UPME, organización adscrita al Ministerio de Minas y Energía. El MGIE permite implementar en las empresas Sistemas de Gestión Integral de la Energía el cual asegura el incremento de la EE mediante la mejora continua de los hábitos y las tecnologías, sin incurrir en grandes inversiones para cambios tecnológicos [13]. En 2011, la *International Organization for Standardization* presenta la ISO 50001, norma internacional que brinda a las organizaciones los requisitos para la implementación de un Sistema de Gestión de la Energía (SGE) [14], sustituyendo a las normas anteriores.

1.1.4. ISO 50001

La finalidad de la norma ISO 50001 es facilitar a las organizaciones, independientemente de su tamaño o sector de actividad, una herramienta que le permita reducir los consumos de energía, los costos financieros asociados y las emisiones de gases de GEI. La norma se basa en el principio “medir para identificar, e identificar para mejorar”, la implementación de un SGE de acuerdo a la norma ISO 50001 permite a las organizaciones ahorrar energía, haciendo que cualquier inversión en esta línea tenga un retorno económico inmediato.

En 2012, se presentó en Colombia, la NTC ISO 50001 adaptación de la ISO 50001, la cual especifica los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía con el fin de permitir a la organización alcanzar una mejora continua en su desempeño energético (entiéndase desempeño energético como los resultados medibles relacionados con la EE, el uso y consumo de la energía) [15]. Los requisitos que especifica la NTC ISO 50001 son referentes al consumo de la energía e incluyen la medición, documentación e información, las prácticas para el diseño y adquisición de equipos, sistemas, procesos y personal que contribuyen al desempeño energético.

La NTC ISO 50001 se basa en el ciclo de mejora continua: Planificar – Hacer – Verificar – Actuar (PHVA). El Ciclo de Mejora Continua PHVA fue desarrollado en la década de 1920 por Walter Shewhart y más adelante fue popularizado por William Edwards Deming. De ahí que el Ciclo de Mejora Continua también sea conocido como el Ciclo de Deming (ver Figura 1). En cuanto a la gestión de la energía, el enfoque del ciclo de mejora continua se presenta de la siguiente manera:

- **Planificar:** Parte de la realización de la revisión energética, establecer la línea de base, los indicadores de desempeño (IDE), los objetivos, las metas y los planes de acción necesarios para lograr los resultados que mejoraran el desempeño energético de acuerdo con la política energética de la organización.

- Hacer: Implementación de los planes de acción de la gestión de la energía.
- Verificar: Seguimiento y medición de los procesos y de las características clave de las operaciones que determinan el desempeño energético en relación a las políticas y objetivos energéticos e informar sobre los resultados.
- Actuar: toma de acciones para mejorar continuamente el desempeño energético y el sistema de gestión de la energía.

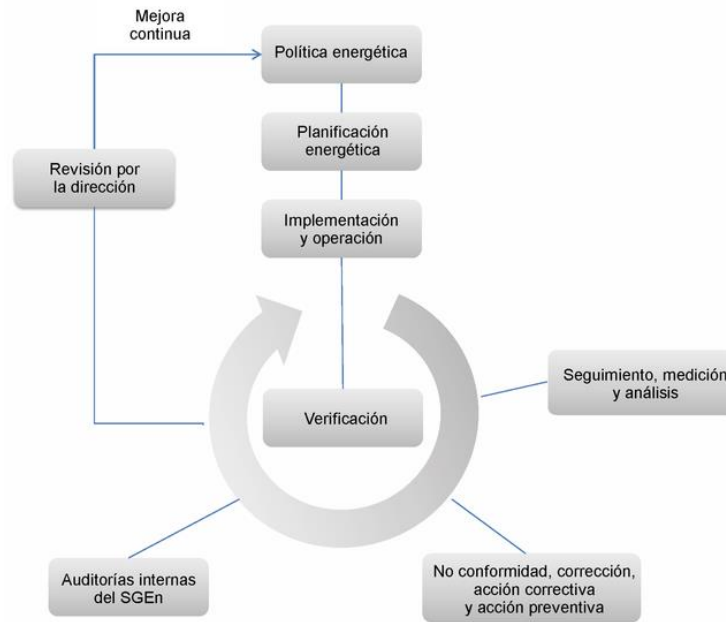


Figura 1. Proceso de Planificación Energética.

Fuente: Tomada de [15]

Posteriormente, aparece la ISO 50002:2014 que especifica los requisitos para llevar a cabo auditorías energéticas con relación a la EE. Esta norma es aplicable a todo tipo de organización y a todas las formas de energía y uso de estas, no aborda los requisitos para la selección y evaluación de la competencia de los organismos que prestan servicios de Auditoría Energética (AE) y tampoco cubre la auditoría del sistema de gestión energética de una organización [16]. A la fecha (noviembre 2018) no se cuenta con una adaptación para Colombia de esta norma.

1.1.5. Eficiencia Energética en Colombia

En el país se ha venido avanzando de manera exitosa para lograr una mayor cobertura en el servicio de energía eléctrica, así como en el estímulo de programas para promover el uso eficiente de la energía y asegurar el abastecimiento a los sectores industrial, comercial y residencial. El Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PROURE) derivación de la Ley 697 de 2001 y la Ley 1715 de 2014 promueve el desarrollo y la utilización de las

fuentes no convencionales de energía principalmente las fuentes renovables [17], abriendo paso al creciente mercado de servicios de EE, el cual hace referencia a una gama de servicios técnicos y financieros que buscan reducir el consumo energético a través del desarrollo de proyectos de EE en las organizaciones [18].

1.1.6. Proyectos de Eficiencia Energética

Los proyectos de EE están enfocados en promover el uso y el consumo eficiente de los recursos energéticos. Algunos de estos proyectos son planteados y coordinados por gobiernos cuyo objetivo es implementar programas que buscan mejorar la eficiencia en el consumo de energía, reducir las emisiones de GEI y promover la EE en todos los sectores de la nación. Por ejemplo, mediante el PROURE, el gobierno de Colombia tiene como objetivo el mejoramiento de la EE de los sectores de mayor consumo y la promoción de las fuentes no convencionales de energía principalmente las renovables, de manera que se contribuya a la seguridad energética y al cumplimiento de compromisos internacionales en temas ambientales, generando impactos positivos en la competitividad del país [19]. Otros proyectos de EE por el contrario son planteados para una organización puntual y se centran en diseñar estrategias para conocer cuánto y cómo se consume la energía en la organización, identificar las oportunidades de mejora y proponer planes de acción encaminados a mejorar su desempeño energético [20][21]. Teniendo en cuenta lo anterior, la mejora del desempeño energético en una organización se puede lograr actuando en dos líneas:

- Sobre el consumo: reduciendo el consumo de energía y/o mejorando el uso que se le da a ésta.
- Sobre el origen de la energía: mediante la cogeneración y autogeneración de energía a través de fuentes renovables de tal forma que se minimice el empleo de fuentes de energía no renovables.

Aunque algunos expertos en la temática consideran que las acciones relacionadas con la generación de energía, y por ende las energías renovables, no son soluciones para mejorar el desempeño energético de una organización [13].

De esta manera, mejorar el desempeño energético en una organización puede implicar:

- Realizar mejoras puntuales: donde es evidente que el aumento del consumo energético está directamente relacionado con un equipo o procedimiento determinado, afectando el costo de producción o de prestación de servicios, según sea la organización, el proyecto de EE puede estar determinado por el cambio de dicho equipo por uno de alta eficiencia o por una modificación puntual del procedimiento determinado [22].
- Realizar diagnósticos energéticos: que se constituyen en una herramienta indispensable para identificar las posibles medidas de ahorro de energía,

principalmente en los casos donde no se conocen las causas del aumento en el consumo de energía en la organización. Para ello se realiza una serie de actividades que parten del análisis de la facturación eléctrica, censos de carga, caracterización energética de los procesos, entre otros, con el fin de identificar los equipos, áreas y procesos que demandan mayor cantidad de energía y así tomar las medidas correspondientes [23].

- Desarrollar proyectos de EE: El alcance de un proyecto de EE puede ser más o menos amplio, se puede actuar sobre las dos líneas de la EE, el consumo de energía y/o sobre el origen de la energía, en función del grado de profundidad de la AE requerida por la organización. En general, durante un proyecto de EE se evalúa el estado actual del consumo energético de una instalación (equipos, procesos, etc.), permitiendo identificar posibilidades de ahorro de energía, se analizan medidas de ahorro para la optimización de las instalaciones actuales, así como la incorporación de nuevas tecnologías, se generan planes de mejoras e inversiones asociadas, y un estudio de viabilidad económica de las mismas [24].
- Implantar un Sistema de Gestión de la Energía: A partir de un SGE la organización puede desarrollar e implementar una política energética y establecer objetivos, metas y planes de acción que tengan en cuenta los requisitos legales y la información relacionada con el uso significativo de la energía. A diferencia de un proyecto de EE, con la implementación de un SGE se garantiza que la organización cuente con un enfoque sistemático para alcanzar una mejora continua en su desempeño energético. El referente principal de los SGE es la Norma internacional ISO 50001 [15].

Lo ideal es que las organizaciones implementen un SGE el cual garantice un compromiso general de toda la organización para el mejoramiento continuo de la EE, sin embargo, un proyecto de EE es una gran herramienta para aquellas organizaciones que deseen obtener mejoras en su EE a corto y mediano plazo, sin recurrir a la implementación de un SGE. De igual manera, un proyecto de EE es la base y un insumo importante para las organizaciones que deseen en un futuro implementar un SGE. Finalmente, se destaca que con la implementación de un proyecto de EE en una organización se espera:

- Optimizar los consumos energéticos
- Optimizar las compras energéticas
- Optimizar los costes energéticos
- Diversificar las fuentes energéticas e introducir energías renovables
- Minimizar las emisiones de GEI
- Implantar un sistema de gestión energética certificable bajo la Norma internacional ISO 50001

Para realizar un proyecto de EE en una organización y lograr el ahorro en sus instalaciones es necesario ejecutar una serie de pasos (cálculo de consumos energéticos, diseño de proyecto de reducción de energía, construcción, instalación, explotación, operación y mantenimiento),

incluida la financiación, para los cuales el propietario de la organización o usuario de la instalación no siempre tendrá la capacidad o experiencia necesaria. Por este motivo, desde hace unas décadas, se está desarrollando un nuevo tipo de negocio, proporcionado por los mercados de servicios energéticos compuestos por una gama de servicios técnicos y comerciales que buscan reducir el consumo energético y costos asociados a estos, además como la incorporación de fuentes de energía renovable. Estos servicios son proporcionados usualmente por personas o empresas especializadas conocidas como Empresas de Servicios Energéticos. El mercado de servicios energéticos supone una gran oportunidad para la reducción del consumo energético en Colombia y el alcance de los objetivos nacionales de ahorro y EE [25].

1.1.7. Empresas de Servicios Energéticos

Las Empresas de Servicios Energéticos (ESEs) o Energy Service Companies (ESCOs) como son conocidas internacionalmente, son un tipo de empresas que proporcionan servicios energéticos en las instalaciones de un usuario determinado. Las ESEs integran servicios de análisis, diseño, desarrollo e instalación de proyectos de ahorro energético y en algunos casos se encargan de la cogeneración y aprovechamiento de las energías renovables y la provisión e instalación de equipamiento energéticamente eficiente y fuentes de energía. La ventaja que presenta una organización con la contratación de una ESE, es que permite analizar la viabilidad y, en su caso, la implantación tanto de medidas de ahorro conocidas por el gran público, como de otras medidas propiciadas por desarrollos tecnológicos que no todo el mundo conoce y lo más importante es que son medidas de ahorro que se desprenden de las necesidades propias de la organización. Sin duda, este tipo de empresas están desempeñando el papel de gestores de EE llevando los esquemas de EE a los diferentes actores de la cadena productiva de la energía [26].

Las ESEs realizando un análisis previo de las instalaciones del cliente determinan las oportunidades de ahorro posibles. Mediante un contrato se comprometen a cumplir esos resultados y una vez logrados, recuperan la inversión compartiendo esos mismos ahorros, es decir, el pago de los servicios está basado en la obtención de dichos ahorros (ver Figura 2).

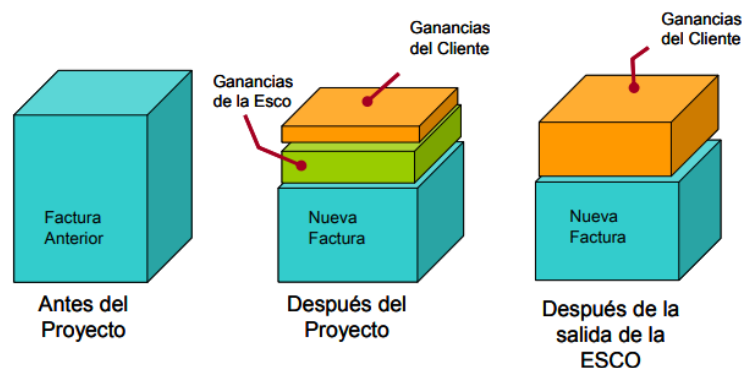


Figura 2. Estructura de financiamiento y ganancias

Fuente: Tomada de [18]

En el 2005 aparecen las primeras empresas en Colombia que empiezan a ofrecer servicios de EE. Para el 2015, según un estudio desarrollado por CEPAL sobre las ESEs en América Latina se observa que en Colombia ya existían 24 de estas empresas. Los tipos de ESEs que se observan en Colombia son [27]:

- Independientes: Empresas que no están vinculadas a empresas de energía ni a proveedores
- Ligadas a distribuidores de energía: Como es el caso de los Operadores de Red.
- Ligadas a proveedores de tecnología: las cuales brindan soluciones integradas al equipamiento que representa en el mercado local.
- Ligadas a empresas de ingeniería: Denominadas PROTO ESE que están vinculadas en su mayoría a firmas de ingeniería.

Las universidades también se han vuelto un actor importante del mercado energético, brindando servicios de consultoría o a través de proyectos de investigación desarrollando procedimientos o tecnologías aplicadas a la EE.

En general la ESE se caracteriza principalmente por [28]:

- Diseñar, ejecutar, operar y financiar (o gestionar la financiación de) un proyecto de EE en las instalaciones del cliente.
- Garantizar ahorros de energía y/o la provisión del mismo servicio energético a coste menor ejecutando proyectos de EE
- La ESE no recuperará todos sus costes a menos que el proyecto proporcione los ahorros energéticos garantizados, es decir que, los beneficios de la ESE están directamente asociados a los ahorros de energía conseguidos.
- Participar de la posterior operación de la instalación midiendo y verificar los ahorros conseguidos durante el periodo de tiempo que dure la financiación.

Su modelo de negocio, para el desarrollo de proyectos de EE, se basa principalmente en las siguientes 7 fases [18]:

1. Gestión contractual, contratación.
2. Auditoría energética
3. Identificación y diseño de los proyectos junto con sus potenciales ahorros
4. Implementación de los proyectos seleccionados
5. Operación y mantenimiento de los proyectos implementados
6. Control, medición y verificación de los consumos energéticos
7. Ajustes a las desviaciones en los ahorros estimados e identificación de nuevos proyectos de ahorro.

En la actualidad existe una variedad de contratos entre el cliente y la ESE, sin embargo, en Colombia los más comunes son [18]:

- Contrato de rendimiento o desempeño o EPC por sus siglas en inglés (Energy Performance Contract): Se basa en un convenio estable entre la ESE y la organización cliente, donde la ESE garantiza unos ahorros energéticos y económicos, que ayudarán a pagar las inversiones de los equipos, materiales y personal necesarios para implementar las medidas de EE que permitirán obtener los ahorros energéticos y económicos que prometió la ESE al inicio del proyecto. En este modelo de contratación, la ESE desde el inicio del proyecto asume la instalación de los nuevos equipos y la operación y mantenimiento de la instalación mientras dure el contrato, una vez finalizado la propiedad de los equipos se transfiere a al cliente. Este modelo tiene dos variantes, Modelo de ahorro compartido y Modelo de ahorro garantizado, en el primero la ESE garantiza un ahorro energético pero se reparte con el cliente los riesgos, hay un pago fijo y un pago variable que dependerá del ahorro obtenido, en el segundo modelo la ESE garantiza un valor mínimo de energía ahorrada, en caso de comprobarse que los ahorros están por debajo de los garantizados, la ESE debe cubrir con los gastos de financiamiento que haya realizado el cliente.
- Contrato 4Ps: Consiste en la prestación de servicios energéticos acumulativos en función de las necesidades del cliente, de esta manera el pago se realiza según el(los) servicio(s) contratados por el cliente. Las cuatro “P” hacen referencia a las prestaciones del servicio solicitadas en cada caso concreto por el cliente, P1. Suministro o gestión del suministro energético, P2. Mantenimiento, P3. Garantía total, P4. Obras de mejora y renovación de las instalaciones consumidoras de energía, (Una adicional, referente al uso de energías renovables).
- Contrato de prestaciones de ahorros energéticos o ESPC por sus siglas en inglés (Super Energy Savings Performance Contract): Es un modelo similar al SPC pero enfocado a las empresas del sector público, es decir es un contrato entre una ESE y una Administradora pública. La variación que presenta ese modelo es que una vez la ESE evalúa el potencial de ahorro energético a partir de la AE, se realiza una oferta de servicios en un concurso público.

Independientemente de cual sea el tipo de contrato, las ESE siempre terminan asumiendo gran parte de los riesgos financieros y el trabajo técnico asociados al proyecto. El cliente, sin embargo, tiene la posibilidad de conseguir un beneficio económico de la optimización de su consumo energético a la vez que reduce el riesgo ante variaciones de los precios de la energía, todo ello generalmente sin necesidad de realizar ninguna inversión.

1.2. Planteamiento del problema

A pesar de los beneficios que obtiene una organización al utilizar los servicios energéticos que brindan las ESEs, son varios los aspectos que han impedido que las organizaciones acojan masivamente dichos servicios: a) Carencia de un esquema regulado de gestión de la demanda, que proporcione incentivos adicionales a los empresarios para enfrentar problemas de liquidez para asumir las inversiones y gestionar los riesgos (incertidumbres), b) Altos

costos iniciales de inversión, c) Falta de conocimiento e información de los servicios que brindan las ESEs, d) Descrédito de la actividad por fracasos de ESEs con poca experiencia y limitaciones de capacidad, e) Resistencia cultural al esquema de ahorros compartidos y a la certificación de los ahorros por parte de la misma ESE.

Por otra parte, el principal riesgo que enfrentan las ESEs es que su modelo de negocio está basado en los ahorros energéticos y económicos obtenidos por el cliente una vez finalizado el proyecto, en muchas ocasiones el ahorro que garantiza la ESE finalmente no se consigue, perjudicando a las dos partes (ESE y cliente). Existe un sinnúmero de variables que inciden en el no cumplimiento de los ahorros energéticos y económicos prometidos por la ESE. Dichas variables pueden depender de la ESE, del cliente o del mercado energético en general:

- Incertidumbre del mercado energético colombiano y variabilidad del precio del kwh.
- Inexperiencia de las ESEs y falta de personal capacitado.
- Generalización de las medidas de EE para organizaciones del mismo tipo, cuando cada una de ellas tiene sus propias necesidades energéticas.
- Deficiencia en los procedimientos para la recolección de información confiable que conlleva a una estimación errónea de los ahorros energéticos.
- Algunas organizaciones no tienen potenciales de ahorro considerables y esto lo identifica la ESE cuando ya está finalizando el proyecto.
- Falta de compromiso por parte del cliente para el desarrollo de este tipo de proyectos, ya que la ESE por ser un agente externo a la organización cliente, el cliente debe garantizar que estará en la disponibilidad para brindar información oportuna y verídica, además de acompañar continuamente el desarrollo del proyecto sobre todo al inicio cuando se realizan las mediciones y el levantamiento de la información necesaria.

A nivel local, la Compañía Energética de Occidente (CEO) principal Operador de Red (OR) del departamento del Cauca ha comenzado a incursionar en el mercado de los servicios energéticos, desarrollando proyectos de EE para empresas comerciales y de servicios. Entre el 2015 y 2016 se tuvo la oportunidad de hacer parte del personal (un técnico, una ingeniera de campo y un ingeniero comercial) de la CEO que inició con la prestación de los servicios energéticos a empresas del sector.

En el citado periodo de 12 meses iniciados a partir de agosto de 2015, se hizo acercamiento a diez (10) clientes y se les presentó la propuesta del servicio energético, ocho (8) de los cuales aceptaron por lo que se realizaron los respectivos diagnósticos, a siete (7) se les presentó el informe y la propuesta de medidas de EE, tan solo dos (2) aprobaron la implementación pero solo uno (1) llegó a los pasos finales de implementación con una facturación de 4 millones de pesos, obteniendo entonces una tasa de éxito de sólo el 10% (ver Figura 3).

PROYECTO	AVANCE	COMENTARIO
CRC	57%	Pausa
Comfacauca	71%	En proceso
Unicomfacauca	57%	Pausa
Clínica La Estancia	57%	Pausa
Hospital Susana López	57%	En proceso
Hospital San José	57%	Pausa
Estación de Servicios Tax Belalcázar	43%	Descartado
Hotel Valle de Pubenza	100%	Finalizado
Metrex S.A.	14%	Pausa
Universidad del Cauca	14%	Pausa

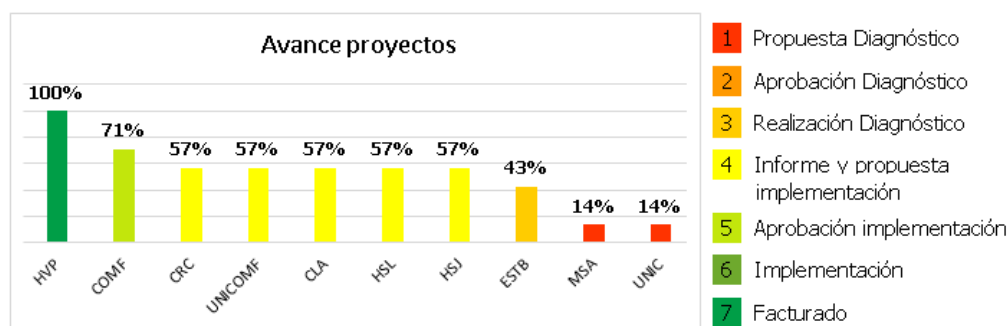


Figura 3. Evolución proyectos de eficiencia energética en CEO.
Fuente: Propia.

Durante el ejercicio se identificaron diversos factores que afectaron notablemente la culminación exitosa de los proyectos. En particular, para el cliente Comfacauca sucedió que el número de sedes era grande y tenían una dispersión geográfica amplia, lo cual complicó la recolección de la información. En el caso del cliente Hospital San José no tenían una clara comunicación entre la gerencia y el resto de las divisiones por lo tanto hubo dificultad con los permisos de ingreso a determinadas áreas y con la entrega oportuna de información, dilatando el proceso de diagnóstico. En el caso del cliente Universidad del Cauca la falta de planos eléctricos actualizados y de información clara sobre los circuitos de cada facultad han impedido iniciar con el proyecto.

A partir de lo anterior, se puede evidenciar que actualmente se cuenta con mayor información y conocimiento para el diseño y puesta en marcha de proyectos de EE, sin embargo, aún hay desconocimiento del procedimiento que debe seguir la ESE para realizar un proyecto de EE principalmente en las etapas iniciales de recolección de información, identificación de las oportunidades de mejora y la estimación de los ahorros, procedimientos propios de las auditorías o diagnósticos energéticos, si bien es cierto, la Norma ISO 50002 presenta los criterios para el procedimiento de AE en cualquier tipo de organización, este procedimiento no está orientado para los casos donde quien realiza la AE es un agente externo a la organización, como en el caso en que las ESE realizan proyectos de EE en las instalaciones de una organización cliente, y por ende, en la AE de ISO 50002 no se consideran aspectos propios de la relación cliente-ESE y que son fundamentales para el éxito del proyecto de EE.

Por otra parte, a la falta de un procedimiento de AE dirigida a las ESEs, se suma la falta de herramientas que permitan evaluar los potenciales clientes, pues como se mencionó anteriormente, muchos de los casos de no éxito, dependieron principalmente por la ausencia de información fundamental y necesaria para la AE o por la falta de compromiso del cliente. Aunque existen estrategias para identificar los clientes potenciales de los servicios de EE éstas se basan principalmente en la experiencia del personal y no en herramientas o procedimientos detallados, siendo uno de los principales obstáculos para las ESE que apenas están iniciando.

La experiencia adquirida en CEO, permitió identificar la necesidad de un procedimiento de AE que incluya procedimientos y actividades presentes en la relación cliente-ESE, de tal forma que la ESE tenga herramientas para:

- Identificar los clientes que tienen mejores expectativas para el desarrollo de proyectos de EE.
- Realizar el levantamiento de información de manera clara y detallada, siendo la ESE un agente externo a la organización donde se va a desarrollar el proyecto de EE.
- Evaluar el progreso de la AE y del proyecto de EE en general, para determinar su factibilidad a lo largo del desarrollo del mismo.
- Tomar decisiones a medida que se va desarrollando el proyecto, evitando inversiones de tiempo, dinero, equipos y personal en proyectos que no tengan futuro.

Por lo tanto, es necesario proponer un procedimiento para el desarrollo de proyectos de EE, enfocado principalmente en sus primeras etapas para que las ESEs puedan ir evaluando el progreso del proyecto y la factibilidad del mismo, ya que cada cliente presenta sus particularidades y por lo tanto diferentes grados de complejidad.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general:

Proponer un procedimiento basado en indicadores, que permita evaluar la factibilidad de un proyecto de eficiencia energética soportado en la norma ISO 50002, para empresas comerciales y de servicios del sector público y privado. Aplicado a un caso de estudio en la Universidad del Cauca.

1.3.2. Objetivos específicos:

- Estructurar as etapas de un procedimiento de auditoría energética para el desarrollo de proyectos de eficiencia energética en empresas comerciales y de servicios.
- Diseñar un banco de indicadores que permitan evaluar la factibilidad de un proyecto de eficiencia energética durante la auditoría energética.

- Aplicar el procedimiento basado en indicadores para evaluar la factibilidad de un proyecto de eficiencia energética a un caso de estudio particular en la Universidad del Cauca.

1.4. Estado del arte

Actualmente, dentro del desarrollo de auditorías que tienen un enfoque en el consumo, transformación y aprovechamiento de la energía eléctrica, la Norma ISO 50002 brinda los criterios para que cualquier organización pueda desarrollar una AE. Sin embargo, no hay un procedimiento basado en indicadores que facilite la evaluación del progreso y factibilidad de una AE realizada por una ESE en una organización. Manejando este orden de ideas, se realiza una exhaustiva investigación de estudios que referencien procedimientos de AE, el desarrollo de indicadores asociados a la gestión de procedimientos energéticos y a los servicios energéticos ofrecidos por las ESEs.

La Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid presenta en [29] pautas detalladas de cómo realizar una AE en industrias que deseen tener una gestión y mantenimiento responsable para optimizar rendimientos energéticos. En dicha guía se especifican las labores que el auditor debe desarrollar y que la empresa, como ente a ser auditado, debe de cumplir y proporcionar. Como conclusión de este documento, se recalca la oferta de una guía al público general, sin embargo se observa que los únicos valores a tomar en cuenta para la aprobación de la AE son aquellos considerados a criterio propio por el ente evaluador, relegando así el esfuerzo de las industrias por gestionar valores de seguimiento que agilizarían dicha labor.

En [30] se propone una metodología de desarrollo para AE en donde relaciona la importancia del uso de herramientas Hardware y Software para representar los eventos que ejecuten las organizaciones a auditar. En el desarrollo del documento se ejemplifica la implementación de la metodología y se clarifica las dependencias afectadas en cada incursión y los impactos logrados con las conclusiones. De lo anterior, aunque se desglosa en totalidad la realización de una AE, se puede observar la única viabilidad de la metodología en producciones industriales, y el uso únicamente de valores medidos por el auditor para el desarrollo software sin recurrir a la información de gestión lograda por la empresa auditada.

En el año 2016, en la Universidad Politécnica de Madrid, la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales socializa en [31] un trabajo de grado que comprende la implementación de AE en localidades que cuentan con organizaciones prestadoras de servicios con aras de lograr reducir costes y tiempos de ejecución en búsqueda de certificaciones de calidad, para lo cual brindan formatos de recolección de información y proponen la instalación de puntos de monitorización constante que despliegue indicadores como referencia de la optimización de labores. De lo anterior, se resalta el uso de valores indicadores para realizar un seguimiento de los procedimientos y llevar un registro de ellos,

pero de igual manera se debe mencionar que se desprecian los esfuerzos de las organizaciones por tener un sistema de gestión interno que posiblemente abarque valores de uso posterior.

En el 2012, el Departamento Administrativo de la Función Pública de la ciudad de Bogotá, formuló en [32] los lineamientos para generar indicadores con un enfoque en gestión pública para controlar y monitorear constantemente el desempeño de las labores buscando eficiencia y eficacia. Dentro de la guía formulada se tienen en cuenta normas técnicas colombianas (NTC) y regulación que comprende la naturaleza de la organización. Sin embargo, aunque se prioriza la importancia de los indicadores dentro de la búsqueda de eficiencia, la restricción al ámbito de gestión pública limita el alcance de la guía, ya que estos no presentarían una relevancia dentro del desarrollo de la AE.

En el 2014, en la Universidad Nacional de Colombia, el Grupo de Investigación en Eficiencia Energética y Energías Alternativas (GEAL), presenta en [33] los lineamientos para identificar áreas, proceso y hardware que representarían posibles puntos críticos energéticos en donde sea indispensable la implementación de indicadores en aras de obtener un mejoramiento continuo, atacar el Benchmarking del entorno corporativo relacionado y alcanzar una satisfacción en la EE de aquel ente que desee desarrollar la guía propuesta. Como conclusión de esta guía, se valora el compromiso de grupos de investigación nacional estén involucrados en el buen uso y eficiencia del recurso eléctrico en todos los campos transversales, pero se nota la ausencia de la relación entre los indicadores propuestos en la guía y su aporte en el desarrollo de AE, para agilizar y apoyar la gestión de labores que la comprenden.

En el 2016, la *International Energy Agency* (IEA) socializa en [34] una guía completa con los fundamentos estadísticos para la elección de indicadores de EE, con la finalidad de disminuir consumos eléctricos y contaminación. Este documento impacta directamente en la elección de los datos precisos para el indicador adecuado, al igual que prácticas para la recopilación de la información brindada por dichos indicadores. Del documento se puede concluir que el compromiso social para minimizar el impacto de contaminación por el derroche de energía eléctrica presente es elevado, pero no se afronta la función de monitoreo de la EE, y la mejora productiva, que con esto impacta las labores transversales de la organización para la posterior validación y certificación con la AE.

En el 2017, en la Universidad E.A.N, dentro del programa de Maestría en Gestión de la Industria Minero Energética, se publica en [35] donde se caracterizan los mercados que hacen uso del recurso energético junto al mercado energético que afrontan, sectores industriales y tecnologías implementadas. Se estudia a cabalidad el modelo de negocio que afrontan las ESE, enfocándose en casos de estudio donde se implementan evaluaciones técnicas y financieras que demuestran viabilidad. Sin embargo, aunque se afronta el modelo de negocio de las ESE en toda su competencia en el mercado, el estudio de gestión en la EE que desencadena en indicadores no presenta una conexión con las certificaciones que avalan la calidad de la organización con los recursos que afronta.

En el 2010, la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, por medio de Garrigues Medio Ambiente, publica en [25] lineamientos del funcionamiento de las ESE y como se compone su modelo de negocio; explicando abiertamente que la finalidad de dichas compañías radica en la consecución de unidades de producto o servicio con la menor cantidad de energía eléctrica posible con la implementación de prácticas de EE o el uso de fuentes de energía renovables. De este documento se puede concluir, que socializa la labor a la cual se dedican las ESE cumplen un compromiso global, disminuyendo el consumo en aras de la eficiencia productiva, pero no trata la viabilidad de implementar indicadores energéticos dentro de las organizaciones para continuar un monitoreo y poseer una mejora continua; al igual que no involucrar las labores administrativas que comprenden consumos significativos, y que son áreas tomadas en cuenta dentro de la AE.

Finalmente, Las ESE plantean procedimientos generales de AE basados generalmente en la ISO 50002 y en trabajos desarrollados por diversos autores u organizaciones que exponen metodologías o procedimientos para realizar proyectos de EE en diferentes organizaciones, desde sedes hospitalarias, hasta la industria, concentrándose básicamente en las etapas principales de medición, análisis, diseño, implementación y seguimiento. Algunas de estas metodologías incorporan indicadores de desempeño energético para la evaluación del estado inicial de la organización después de hacer el diagnóstico y posteriormente para la evaluación y seguimiento de los planes de acción implementados indicadores para la generación de políticas de EE en la organización y para la evolución de la EE en una planta industrial. Sin embargo, estos indicadores se centran solamente en la valoración del desempeño energético y el seguimiento de las acciones implementadas y no durante el desarrollo de una AE, evidenciándose la ausencia de herramientas y/o indicadores para evaluar la factibilidad de un proyecto de EE a partir de la medición de aspectos presentes en la relación cliente – ESE que pueden afectar el éxito de la AE y por ende el éxito del proyecto de EE.

2. PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Al desarrollar un proyecto de EE en una organización ya sea de tipo comercial, industrial o de servicios, se busca optimizar los consumos, las compras y costes energéticos, así como diversificar las fuentes energéticas e introducir energías renovables, minimizar las emisiones de GEI y finalmente implantar un sistema de gestión energética que permitirá la evaluación y mejora continua. Toda organización debería desarrollar un proyecto de EE en sus instalaciones, claro está, que el alcance del mismo dependerá en gran medida del tipo de organización y las necesidades de la misma, así como de diferentes aspectos legislativos, económicos, ambientales entre otros, que están fuertemente ligados a la región o país en dónde está localizada la organización.

2.1. Aspectos involucrados en los proyectos de Eficiencia Energética

La localización de Colombia en el trópico donde las condiciones ambientales varían constantemente, además de las continuas reformas políticas y sociales, hacen que en el desarrollo de proyectos de EE se vean involucrados diferentes aspectos que afectan positiva o negativamente, el éxito de los mismos, como el comportamiento del sistema energético nacional, la normativa actual, las condiciones ambientales, la tecnología y el personal disponible. Por tal razón, a continuación se presenta un panorama general de los aspectos que están involucrados en los proyectos de EE en Colombia.

2.1.1. Sector eléctrico colombiano

La primera crisis energética en Colombia se presentó entre los años 1992 y 1993, provocada por el fenómeno de El Niño, situación que produjo sequías que afectaron considerablemente el nivel de los embalses generadores de energía hidroeléctrica. Sumado a esto, la insolvencia e incapacidad para atender la demanda energética y la falta de previsión del gobierno colombiano, llevaron al país a un largo periodo de racionamiento [36]. Debido a lo anterior, en 1994 se publican las leyes 142 y 143, Ley de servicios públicos domiciliarios y Ley eléctrica respectivamente, las cuales establecen los sectores de la energía eléctrica Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización como agentes del mercado de energía, y se crean entidades estatales para realizar la planeación, vigilancia y control en el mercado eléctrico nacional. Entre las cuales se encuentra la Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, encargada de la vigilancia y el control, la Unidad de Planeación Minero Energética – UPME, encargada de la planeación, vigilancia y control en el mercado eléctrico nacional. La operación del mercado nacional mayorista y del Sistema Interconectado Nacional (SIN) está a cargo de la empresa XM Compañía de Expertos en Mercados filial de Interconexión Eléctrica S.A E.S.P. – ISA [37].

Lo ocurrido en 1992 sentó un precedente para la reorganización del sector energético del país, sin embargo, Colombia nuevamente vivió una crisis energética durante los primeros meses del año 2016, que además de tener al país al borde de un racionamiento, permitió evidenciar de nuevo la falta de previsiones del gobierno nacional y que la directa relación del fenómeno de El Niño con el suministro energético del país, puesto que este depende principalmente de la energía hidroeléctrica y térmica, pues según, el 67,3% de las fuentes de energía del país son hidroeléctricas, 27,1 % corresponde a plantas térmicas, el 5,1 % corresponde a plantas menores y el 0,6% está formado por cogeneradores [36].

El SIN está compuesto por elementos conectados entre sí, como las plantas y equipos de generación, la red de interconexión, las redes regionales e interregionales de transmisión, las redes de distribución y las cargas eléctricas de los usuarios finales. El sistema cubre aproximadamente el 60% del territorio nacional y alimenta cerca del 96% de la demanda total del país, el resto de los usuarios se ubican en Zonas No Interconectadas (ZNI) las cuales son aproximadamente el 2% del territorio nacional. Actualmente, en el país hay 53 generadores, 94 empresas comercializadoras, 31 operadores de red y una docena de transmisores. En cuanto a la demanda de energía, en el 2012 fue de 59.988,9 GWh y para el 2013 fue de 62.196,6 GWh lo cual evidencia un aumento del 3,7 % [38].

Sin duda, promover la EE en Colombia es una de las principales alternativas para lograr una demanda energética estable con el fin de disminuir no solo las emisiones de GEI, sino también para disminuir el riesgo de futuras crisis energéticas.

2.1.2. Aspectos tecnológicos

Los aspectos tecnológicos están inmersos en las distintas etapas de la cadena energética y por ende en las medidas de EE, desde la generación de energía hasta el uso y consumo de la misma.

2.1.2.1. *Energías renovables*

La generación de electricidad a partir de energías renovables y la generación distribuida son tendencias fundamentales para suplir la demanda de electricidad a futuro. Según estadísticas de la *International Renewable Energy Agency* (IRENA), para el 2015, la capacidad máxima de generación neta de las centrales eléctricas y otras instalaciones que utilizan fuentes de energías renovables para producir electricidad a nivel mundial fue de 1.985.074MW, a nivel de Suramérica fue de 180.297MW, y en Colombia fue de 11.705MW donde aproximadamente 11.502MW corresponden a energía hidráulica [39].

En Colombia existe un gran potencial para el aprovechamiento de las fuentes alternativas de energía, principalmente las renovables, debido a su ubicación geográfica en el planeta y a la diversidad de recursos disponibles que le permiten hacer uso de manera racional, de los

recursos hídricos, la energía solar, eólica, entre otros. Dentro de las energías alternativas se encuentran: La Hidráulica Embalse/Bombeo, la energía derivada de Biocombustibles/biomasa/residuos, energía Geotérmica, energía Solar Térmica, energía Solar Fotovoltaica, las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH), energía Eólica, energía Mareomotriz, obtenidas a partir de recursos renovables y la poco mencionada Pila/Celda de Combustible [40].

Las energías renovables permiten el desarrollo de la generación distribuida, la cual se caracteriza por generar niveles de potencia relativamente bajos en pequeñas estaciones de generación situadas cerca de los centros de consumo y que están conectadas directamente a la red de distribución, a diferencia de la generación convencional que es centralizada, en la cual se tienen grandes centrales generadoras situadas muy lejos de los centros de consumo y que generan altos niveles de potencia [41]. Además, le abren paso a la autogeneración de energía, esto es, que una industria, empresa u organización en general por pequeña que sea, pueda ser capaz de generar su propia electricidad a través de cualquiera de estas fuentes renovables de energía, implementando lo que se denomina una microgrilla o microred. Esta puede ser aislada o puede estar conectada al SIN. El principal inconveniente de éste tipo de tecnologías, es el alto costo de su implementación y la no claridad en las reglas del juego de cómo se beneficia el usuario final cuando pueda inyectar a la red sus excedentes [42].

2.1.2.2. *Redes inteligentes o Smart Grid*

Las redes inteligentes son el resultado de la modernización de la red de suministro eléctrico donde se automatizan procesos, se integran tecnologías de la información y las comunicaciones y se interconectan todos los agentes de sistema en tiempo real [43].

Existen diferentes tecnologías que le brindan a una red tradicional las características de una red inteligente, entre las que se encuentran: *Advanced Metering Infrastructure* (AMI) o Infraestructura de Medida Avanzada, *Advanced Distribution Automation* (ADA) o Automatización de la Red, Recursos Energéticos Distribuidos (DER) y Movilidad Eléctrica (VE), entre otras, siendo estas las que más se ajustan al contexto colombiano.

- AMI: incluye elementos de medida que informan del estado de la red y los medidores inteligentes, permitiendo no solo la comunicación desde el operador hasta el usuario, sino que este último se convierte en un participante activo del sistema eléctrico. Esta tecnología permite lectura y operación remota, Limitación de potencia de forma remota, detección de manipulación de los medidores y aviso al OR, información al usuario, tarifación horaria, medida de generación distribuida y principalmente, la gestión activa de cargas que está directamente relacionado con el ahorro energético.

- ADA: permite mejorar la continuidad y calidad del suministro energético a través de la capacidad de operar de forma remota, localización remota de fallas y la gestión de activos, entre otros.
- DER: es una alternativa rápida y eficiente de integrar las energías renovables y los sistemas de almacenamiento a la red eléctrica, a partir de la micro-generación o generación en baja tensión, que reduce pérdidas técnicas asociadas por transporte debido a la cercanía con el consumidor, aumenta los niveles de calidad de la energía suministrada y disminuye la dependencia a los grandes generadores, además, habilita la participación de los usuarios como generadores.
- VE: la electrificación del transporte supone un gran desafío para las redes eléctricas del futuro, ya que las redes deben estar en la capacidad de gestionar esta nueva demanda de energía.

Con esta nueva generación de redes se espera aumentar el grado de generación distribuida por medio de micredes, beneficiando la generación de energía eléctrica en las ZNI, alcanzar un suministro de energía confiable y eficiente, disminuyendo el riesgo de cortes eléctricos y garantizando la continuidad en el suministro a través de la incorporación de nuevas fuentes de energía [44].

2.1.2.3. *Domótica/Inmótica*

La Domótica entendida como la automatización y control aplicado a viviendas, es una gran herramienta para la gestión de la energía, pues de esta forma se puede controlar el consumo para ahorrar energía sin afectar el confort, controlando los sistemas de iluminación, aire acondicionado, calefacción, entre otros, seleccionar la fuente de energía [45]. Además, mediante el uso de un sistema de monitorización de consumos, se puede ser consciente del consumo energético de las viviendas ayudando a modificar los hábitos de consumo en pro del ahorro de energía [46]. En el caso de edificios no residenciales, como por ejemplo edificios de oficinas, hoteles, hospitales o centros comerciales, entre otros, el término es más conocido como Inmótica, pero básicamente se realizan las mismas funciones.

2.1.2.4. *Equipos eficientes*

Actualmente las empresas fabricantes de equipos eléctricos, se han ido concientizando de la importancia en el ahorro de energía, por lo que cada vez es mayor encontrar en el mercado equipos de acondicionamiento, motores, equipos de cómputo, iluminación, transporte, entre otros, con bajos consumos de energía. En el 2016 se comenzó a implementar en Colombia la etiqueta eficiente para los equipos considerados de mayor uso y consumo energético (refrigeradores y congeladores, lavadoras, equipos de cocción a gas, calentadores, aires acondicionados, motores monofásicos y trifásicos, y balastos electrónicos y

electromagnéticos) como una herramienta útil y válida para que la importancia del ahorro energético sea un criterio adicional de elección de equipos eléctricos por parte del consumidor [47]. Un alto porcentaje del consumo de energía en empresas comerciales, organizaciones hospitalarias o de educación entre otras, está destinado a la iluminación, por lo que con la instalación de sensores y el uso de fuentes de iluminación como la tecnología Led se puede obtener una disminución considerable en el consumo de energía [48].

Por otra parte, es esencial realizar un mantenimiento periódico de las instalaciones eléctricas para reducir los riesgos eléctricos en los equipo y evitar daños, aumentar la seguridad del talento humano, así como el análisis de la calidad de la energía dentro y fuera de la organización (la suministrada por el OR) ya que estos factores también afectan la EE de las instalaciones.

2.1.3. Aspectos ambientales

Sin duda el desarrollo de proyectos de EE y de generación de energía con fuentes renovables trae grandes beneficios para el medio ambiente, ya que se disminuye tanto el consumo de energía como las emisiones de gases de efecto invernadero causantes del calentamiento global [49].

Adicionalmente, la utilización de equipos eficientes cuya vida útil es mucho mayor, permite reducir la generación de desechos, que en muchas ocasiones pueden ser tóxicos como el caso de las lámparas fluorescentes que contienen vapor de mercurio, material necesario para su funcionamiento. Por otra parte, se debe tener en cuenta que, en el caso de la generación de energía, en las etapas de construcción y operación siempre existirá un impacto ambiental ya sea por la apertura de vías, generación de sombras, reflejos, entre otros [50]. Por otra parte, los proyectos de generación de energías renovables presentan impactos ambientales poco significativos a lo largo de su ciclo de vida en comparación con los proyectos de generación tipo hidroeléctricas y térmicas, aun así, por poca que sea la capacidad de generación y lo pequeño que sea el sistema de autogeneración que se desee implementar, siempre se debe analizar el impacto ambiental que ella conlleva [51].

2.1.4. Aspectos sociales

2.1.4.1. *Hábitos de consumo:*

A fin de asegurar la permanencia del ahorro de energía y crear hábitos conscientes de su buen uso, se deben desarrollar programas de concientización entre el personal y empleados de las empresas, a fin de llevar el ahorro de energía eléctrica no sólo a sus instalaciones de trabajo sino hasta sus domicilios. Pues en muchas ocasiones con sólo la mejora de los hábitos de consumo se logra una disminución considerable del consumo de energía total [52]. Por esta razón, es indispensable la promoción de proyectos de ahorro de energía eléctrica en las

principales industrias, cadenas de establecimientos comerciales y de servicios del país, al igual que en las principales cámaras y asociaciones de ese sector y de otras empresas del mismo sector [53].

2.1.4.2. *Personal capacitado:*

Los proyectos de EE impactan la competitividad empresarial, pues sin duda traen beneficios en cuanto al aumento de la productividad de las empresas además de mejorar el confort de sus colaboradores. Adicionalmente, con el desarrollo de este tipo proyectos se abre una nueva oportunidad laboral para cientos de personas formadas en campos como la ingeniería, la arquitectura, urbanismo, diseño, energías renovables, consultoría, domótica, informática o gestión eficiente del agua, entre muchos otros. En Colombia la oferta educativa en áreas específicas alrededor de la EE está en aumento. En 2014, la Red Colombiana de Conocimiento en Eficiencia Energética (RECIEE) con el apoyo de Colciencias inició un programa para consolidar su impacto en el sector productivo y energético del país, buscando una consolidación institucional, la integración con el sector productivo y la identificación de un agente integrador Universidad-Empresa-Estado con el fin de garantizar la sostenibilidad de iniciativas nacionales en eficiencia y gestión energética. De aquí se derivan numerosos proyectos como “Implementación SGIE según estándar ISO 50001 – fase de impacto y sostenibilidad de los SGE en el sector productivo” desarrollado por la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad del Atlántico y la Universidad Autónoma de Occidente, “Generación de modelos de planeación de la producción enfocados en a la eficiencia energética” desarrollado por la Universidad Pontificia Bolivariana y la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, entre otros proyectos que aún están en desarrollo. Adicionalmente, a la Red están adscritos 15 grupos de investigación de 5 de las universidades más importantes del país y se cuenta con 16 laboratorios de eficiencia y usos finales de la energía. Actualmente, en las universidades adscritas a la Red se cuenta con una oferta educativa de 3 doctorados, 3 maestrías, 5 especializaciones y un diplomado, en diversos temas y líneas de investigación referentes a EE, gestión de la energía, optimización de la energía y usos finales, desarrollo energéticamente sostenible y energías renovables. Sumado a esto, los programas de pregrado en ingeniería no solo de las universidades adscritas a la Red han incorporado materias en sistemas de potencia, eficiencia y gestión de la energía [54].

2.1.5. Aspectos económicos

No toda acción que se ejecute con el fin de conseguir un uso racional y eficiente de la energía y por ende obtener una reducción en consumo de energía, requiere de inversiones económicas, sin embargo, si se quiere ver resultados concretos, invertir en EE es una buena opción, trae beneficios tanto económicos como ambientales, es por esto que empresas y gobiernos tienen interés en invertir en proyectos de EE, sin embargo, aún existe poco conocimiento sobre sus reales beneficios y las herramientas adecuadas para evaluar el riesgo

de este tipo de inversiones, por esto, es importante incluir el análisis económico en el análisis de ingeniería, de esta manera no solo se están determinando los potenciales ahorros y las inversiones necesarias para lograrlos, sino que además se analizan las diferentes opciones de inversión y se escoge la que representa la mejor relación costo – beneficio [18].

Pese al alto potencial de ahorro energético que tienen muchas empresas de Colombia, principalmente las dedicadas al sector industrial y comercial, la barrera principal que encuentran estas empresas para emprender proyectos de EE es la escasez de líneas específicas de financiación y principalmente, que estén al alcance de cualquier empresa. Sin embargo, en la actualidad existen algunas opciones como:

- Autofinanciamiento: donde la empresa financia la implementación de las medidas de mejora del desempeño energético. Esta opción es viable principalmente para grandes organizaciones con un alto volumen de facturación.
- Crédito, préstamo o leasing: mediante el préstamo por parte de instituciones financieras, es posible financiar gran parte de la inversión (préstamo directo o crédito). Por otra parte, el leasing permite el arrendamiento de bienes de equipo con opción de compra.
- Contratos con ESEs: los acuerdos más habituales entre las empresas de servicios energéticos y el cliente para desarrollar proyectos de EE son: contrato de rendimiento o de desempeño, modelo de ahorros compartidos, modelo de ahorros garantizados, contrato 4Ps y contrato de prestaciones de ahorros energéticos. (descritos en el Capítulo 1)

Cada medida de EE que vaya a ser implementada por la organización, debe partir de la premisa básica económica de que tendrá cierre financiero, y esto dependerá del ahorro obtenido al aplicar la metodología o estrategia recomendada por el experto (auditor, responsable del proyecto o ESE) contratado. Por esto es necesario que para cada medida que vaya a ser implementada se realice un análisis individual de su viabilidad financiera, y esta estará basada en el contraste de los ahorros obtenidos y la inversión total necesaria para mejorar el desempeño energético no solo al inicio, sino a lo largo de la vida del proyecto. Queda claro, entonces que existe la necesidad de profundizar en herramientas para el análisis de este tipo de inversiones.

2.1.6. Aspectos legales

Hasta la fecha (Octubre 2018) estos son los avances legales sobre EE en Colombia en cuanto a legislación y regulación.

2.1.6.1. Ley 697 de 2001

Con la Ley 697 de 2001 se declara el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, que busca entre otras cosas, asegurar el abastecimiento energético, desarrollar de una mejor forma la competitividad de la economía, fortalecer la protección al consumidor así como la promoción de energías no convencionales, promoviendo el aprovechamiento óptimo de la energía en todas y cada una de las cadenas energéticas, desde la selección de la fuente energética, su producción, transformación, transporte, distribución, y consumo incluyendo su reutilización cuando sea posible, buscando en todas y cada una de las actividades, de la cadena el desarrollo sostenible [55].

- PROURE:

El Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas de Energía No Convencionales [56], tiene como objetivo aplicar gradualmente programas para que toda la cadena energética, esté cumpliendo permanentemente con los niveles mínimos de EE y sin perjuicio de lo dispuesto en la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables. Además del PROURE, de la Ley 697 de 2001 también se derivaron cuatro reglamentos técnicos de gran importancia.

- RETIE:

El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas [57] establece las medidas que garantizan la seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico.

- RETILAP:

El Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público [58] establece las reglas generales aplicables a los sistemas de iluminación interior y exterior, dentro de este último el alumbrado público, incluido el uso racional y eficiente de la energía en iluminación. Además, señala las exigencias y especificaciones mínimas para que las instalaciones de iluminación garanticen la seguridad y confort con base en su buen diseño y desempeño operativo.

- RETIQ:

El Reglamento Técnico de Etiquetado [59] establece medidas destinadas a fomentar el Uso Racional y Eficiente de la Energía en productos que usan energía eléctrica y gas combustible, mediante el establecimiento y uso obligatorio de etiquetas que informen sobre el desempeño de los equipos en términos de consumo energético e indicadores de eficiencia.

- RTC:

El Reglamento Técnico de Calderas [60] establece los requisitos que deben cumplir las calderas, sus instalaciones y espacios complementarios, así como los de sus principales componentes, sistemas de control y seguridad, sus equipos auxiliares. Estos requisitos están orientados a proteger la vida, la salud y la seguridad de los trabajadores, la protección de la vida y la salud humana, protección de la vida animal y vegetal, preservación del medio ambiente, y la prevención de prácticas que puedan inducir a error al usuario.

2.1.6.2. *Ley 1715 de 2014*

Esta Ley tiene por objeto promover el desarrollo y la introducción de las fuentes no convencionales de energía, principalmente las renovables, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las ZNI y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Además, busca promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la EE como la respuesta de la demanda. Establece el marco legal y los instrumentos para la promoción y aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, así mismo fomenta la inversión, investigación y desarrollo de tecnologías limpias para producción de energía, la EE y la respuesta de la demanda, en el marco de la política energética nacional [61].

De la Ley 1715 de 2014 se derivan los siguientes decretos:

- Decreto 2469 de diciembre de 2014: El objetivo de este decreto es establecer los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración.
- Decreto 2492 de diciembre de 2014: Con este decreto se pretende adoptar las disposiciones en materia de implementación de mecanismos de respuesta de la demanda, definir los lineamientos tendientes a promover la gestión eficiente de la energía, planes de expansión y la conformación de áreas de distribución.
- Decreto 1623 de agosto de 2015: Establecimiento de los lineamientos de política para la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica en el SIN y en las ZNI.
- Decreto 2143 de noviembre de 2015: Brinda los requisitos para acceder a la deducción especial sobre el impuesto de renta y complementarios, exclusión del IVA, exención de gravamen arancelario entre otros, aplicables a inversiones que se destinen para la producción y utilización de energía a partir de fuentes no convencionales de energía.
- Decreto 348 de marzo de 2017: Por el cual se establecen lineamientos de política pública para incentivar la autogeneración a pequeña escala, la gestión de la demanda de energía eléctrica y la medición inteligente. Define los parámetros para ser considerado autogenerador a pequeña escala y las condiciones para la conexión con la red de distribución.

- Regulación 030 de 2018: Por el cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el SIN. Esta regulación abre un horizonte para que las empresas comerciales y de servicios puedan implementar sistemas de generación de energía renovable para abastecer sus propias necesidades energéticas, con la opción de vender sus excedentes de energía convirtiéndose en un miembro activo del sistema energético nacional, obteniendo beneficios económicos adicionales.

Como se observa, las Leyes 697 y 1715 abren un gran campo de oportunidades para el desarrollo de proyectos de EE y a la utilización de fuentes renovables para la producción de energía a pequeña escala, por lo tanto, se convierten en una base fundamental del presente proyecto de investigación.

De acuerdo a la contextualización anterior se identifica que el desarrollo de proyectos de EE puede implicar desde el diseño e instalación de un sistema de autogeneración de energías renovables, la utilización de medidores inteligentes, el cambio de equipos existentes por equipos más eficientes, instalación de sensores, adecuaciones a la edificación o simplemente un correcto manejo de los hábitos de consumo y un adecuado mantenimiento de las instalaciones eléctricas [62]. Igualmente se debe tener en cuenta que la complejidad del proyecto de EE depende de las características y las necesidades de la organización que lo desee desarrollar y que éste implicará impactos sociales y ambientales que no se pueden pasar por alto. De igual manera, las medidas de EE pueden requerir de inversiones económicas cuyo valor dependerá de las estrategias que se deseen implementar, haciendo necesario identificar herramientas financieras para el análisis de las inversiones, con el fin de determinar cuál o cuáles medidas de EE planteadas generan mayor beneficio con el menor tiempo de recuperación de la inversión. Finalmente, estos proyectos deben ir encaminados a cumplir con las normas y leyes desarrolladas alrededor de la EE para el sector eléctrico colombiano. Por lo tanto, son muchos los aspectos que se deben tener en cuenta para el desarrollo de proyectos de EE en empresas comerciales y de servicios, (ver Figura 4).

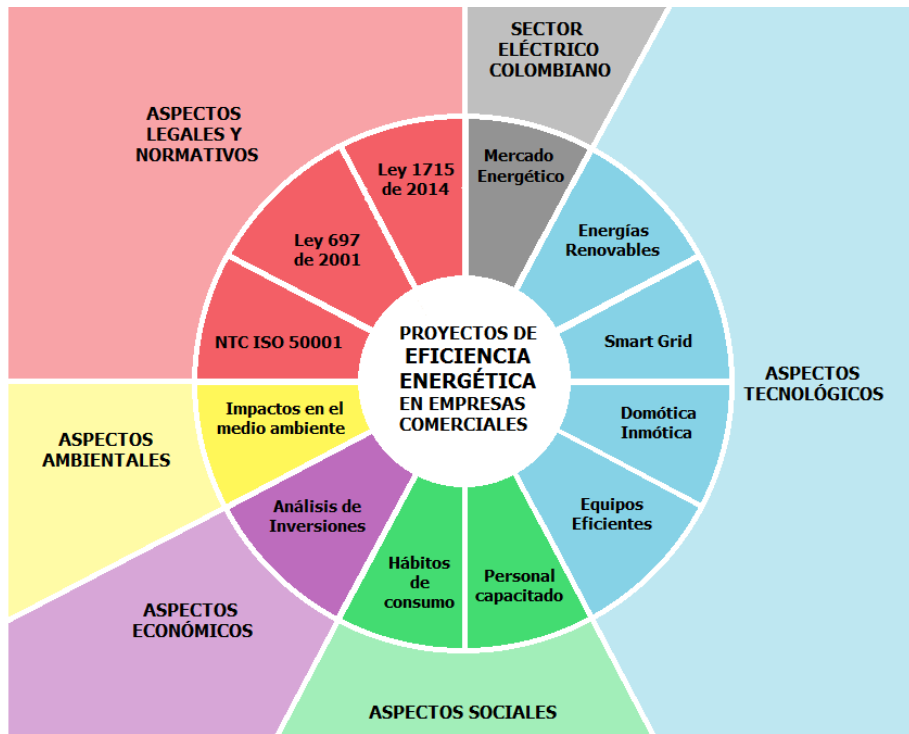


Figura 4. Aspectos involucrados en proyectos de eficiencia energética
Fuente: Propia.

2.2. Desarrollo de proyectos de Eficiencia Energética

El desarrollo de proyectos de EE dentro de una organización puede ser llevado a cabo por personal interno de la organización o a través de expertos externos como las ESEs.

No todos los proyectos de EE tienen las mismas características, estos varían dependiendo de la naturaleza de la intervención o medio, pueden limitarse a sólo la implementación de medidas puntuales (Cambio en iluminación, motor, etc.) o pueden converger en la implementación de un sistema de gestión de la energía, incluyendo la instalación de sistemas de autogeneración de energía. El alcance del proyecto dependerá de los requerimientos o necesidades del cliente, que estarán sujetos a un estudio previo de los consumos energéticos en las instalaciones de la organización. En general, sin importar lo variados que puedan ser los proyectos de EE, se debe realizar: 1) Análisis previo del estado energético (consumo y producción) inicial, 2) Definición del contrato, 3) Diseño del proyecto (incluidos los planes de acción), 4) Desarrollo e implementación, 6) Gestión y mantenimiento y 7) Control y verificación de los resultados [25].

Los proyectos de EE se dividen principalmente en tres fases 1) Análisis, 2) Diseño y 3) Desarrollo e implementación. El alcance de estas fases está definido por el servicio que la ESE puede prestar. Siendo el “Estudio de tarifas eléctricas” el de menor complejidad y la implementación de un SGE el de mayor complejidad. A continuación se presentan los servicios más comunes de una ESE:

- Fase de Análisis:
 - Estudio de tarifas eléctricas
 - Consultoría o asesoramiento puntual
 - Caracterización energética de un equipo o sección específica
 - Auditoría energética
- Fase de Diseño:
 - Diseño de medidas de EE
 - Diseño de un sistema de autogeneración con ER
- Fase de Desarrollo e instalación:
 - Desarrollo e instalación de las medidas de EE
 - Mantenimiento y monitoreo continuo de las medidas de EE
 - Implementación de un SGE

Finalmente, la complejidad del proyecto de EE también dependerá del tipo de organización que lo requiere y de la disponibilidad de la información que la ESE necesite para su desarrollo.

2.2.1. Fases de un proyecto de Eficiencia Energética

Teniendo en cuenta lo anterior, un proyecto de EE se puede dividir en tres grandes fases: Auditoría energética, diseño de las medidas de EE e implementación y seguimiento (ver Figura 5).

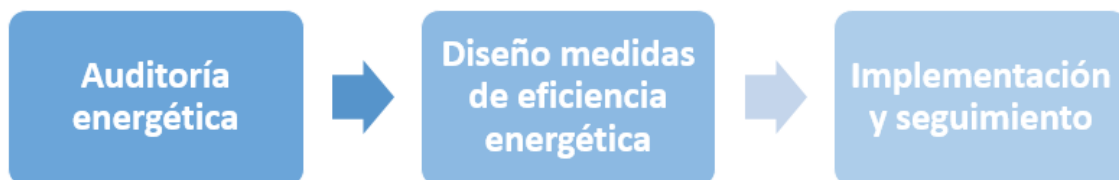


Figura 5. Fases de un proyecto de eficiencia energética.

Fuente: Propia

- **Fase de Auditoría energética:** Esta fase comprende todo el análisis del desempeño energético de las instalaciones y procesos de la organización, el cual requiere del estudio detallado del uso y consumo de energía por parte de la organización y así identificar las oportunidades de mejora.
- **Fase de Diseño de medidas de eficiencia energética:** En esta fase se identifican todas las alternativas de solución existentes para la mejora del desempeño energético de la organización, se realiza el diseño técnico de las medidas de EE a implementar y posteriormente, basado en un análisis costo-beneficio se determinan las alternativas que mejor se ajusten a las necesidades de la organización.

- **Fase de Implementación y seguimiento:** Esta fase no sólo hace referencia a la implementación de las medidas de EE, sino también el establecimiento de un sistema de monitoreo y control para realizar el correcto seguimiento del desempeño energético de la organización garantizando así una mejora continua. Es una de las fases fundamentales, puesto que el éxito del proyecto depende de los ahorros conseguidos. Por ello, se hace necesario llevar a cabo un seguimiento de los consumos para verificar que los ahorros previstos se están produciendo.

Estas tres fases agrupan las actividades necesarias para desarrollar proyectos de EE en organizaciones comerciales y de servicios.

2.2.2. Ciclo de vida de un proyecto de ingeniería

Los proyectos de EE presentan características que se pueden describir a través del ciclo de vida de un proyecto de ingeniería; organizado en tres grandes fases: diseño, implementación y explotación. Dependiendo de la complejidad y tamaño del proyecto se puede contar con dos contratistas principales: firma de diseño de ingeniería y la firma de implementación. El cliente es quien recibe el proyecto en el cierre del mismo e inicia el manejo y explotación del mismo (ver Figura 6).

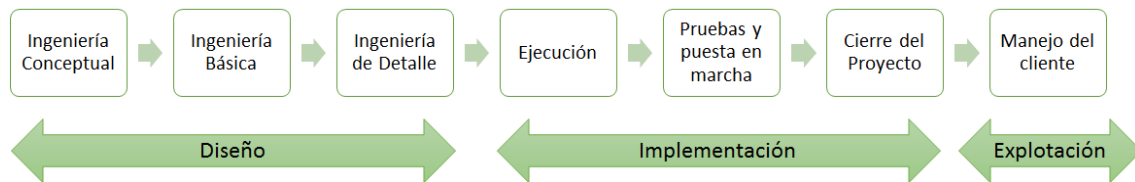


Figura 6. Ciclo de vida clásico de un proyecto de ingeniería.

Fuente: Tomado de [63]

El ciclo de vida de un proyecto implica aplicar a lo largo de todas sus fases de metodologías de gestión de proyectos. Existe una gran variedad de metodologías para gestionar los proyectos de ingeniería dentro de las que se encuentran:

- Project Management Body of Knowledge (PMBOK) del Project Management Institute (PMI)

Es un estándar para la dirección y gestión de proyectos que presenta la convergencia de dos aspectos fundamentales: macroprocesos y áreas de conocimiento. Plantea que la dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. Se logra mediante la aplicación e integración adecuadas de los 47 procesos de la dirección de proyectos, agrupados de manera lógica, categorizados en cinco grupos de procesos o macroprocesos: Inicio, Planificación, Ejecución, Monitoreo y Control, y Cierre. En cada uno de estos macroprocesos intervienen 10 aspectos clave o áreas de conocimiento: Integración, Alcance, Tiempo,

Costos, Calidad, Recursos humanos, Comunicaciones, Riesgos, Adquisiciones y Stakeholders (gestión de los posibles inversores) [64]

- PRINCE2

Es un método estructurado de gestión de proyectos y una aproximación a las “buenas prácticas” para la gestión de todo tipo de proyectos. El método divide los proyectos en fases manejables permitiendo el control eficiente de los recursos y el control periódico de su evolución. PRINCE2 está “basado en los productos”, es decir, los planes del proyecto se centran en obtener resultados concretos y no sólo en la planificación de las actividades que se llevan a cabo [65].

- Front End Loading [66]

Es una metodología que se aplica a la gestión de proyectos de inversión, busca reducir costos y mejorar el proceso de toma de decisiones. Cada fase, antes de ser iniciada, debe estar planificada y aprobada. Esta metodología se basa en el concepto de compuertas de aprobación, donde en cada compuerta se aprueba, o no, el paso a la siguiente etapa.

En general estas presentan pros y contras dependiendo de los enfoques o principios que los sustentan y las características de los proyectos de ingeniería. Para este caso, se destaca la metodología Front End Loading que describe el ciclo de vida de un proyecto de ingeniería, plantea un diseño robusto en las primeras etapas del proyecto y propone un proceso de toma de decisiones que permite mediante la evaluación de indicadores determinar la factibilidad del proyecto a medida que se ejecuta cada una de las fases y etapas.

2.2.3. Metodología Front End Loading [66]

Front End Loading (FEL) es una metodología que se aplica a la gestión de proyectos de ingeniería desde el enfoque de reducción de costos y mejorar el proceso de toma de decisiones, plantea una planificación y un diseño robustos al comienzo del ciclo de vida de un proyecto, es decir, la parte frontal de un proyecto, en un momento en que la capacidad de influir en los cambios en el diseño es relativamente alta y el costo para realizar esos cambios es relativamente bajo. El esfuerzo y la atención requeridos en esta fase son críticos, pero a menudo minimizados en la práctica. La mayoría de los retrasos, interrupciones, disputas y excesos de costos se remontan a esta fase. Esta metodología, como otras, hace referencia a una cuidadosa planificación temprana del proyecto (ver Figura 7).

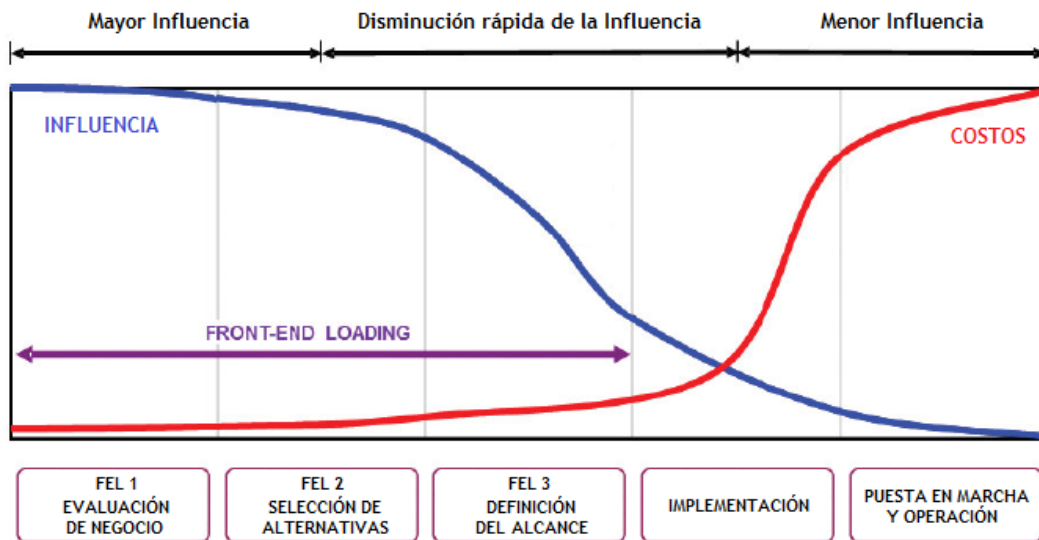


Figura 7. Metodología Front End Loading.

Fuente: Adecuación de [66]

Las tres primeras fases corresponden al FEL y se dedican al desarrollo de proyectos, incluyendo la identificación de oportunidades de negocio, la selección de alternativas de solución y la definición de la solución óptima para la implementación. Las fases FEL son seguidas por la implementación del proyecto y puesta en marcha y operación.

- **Evaluación de negocios (FEL 1):** Es la planificación estratégica que resulta en la identificación de oportunidades de mercado u otras necesidades operacionales del negocio. El resultado clave es establecer el caso de negocios que identifica la necesidad y el resultado esperado para perseguir una oportunidad.
- **Selección de alternativas (FEL 2):** Se centra en definir la instalación para los objetivos de negocio mediante el examen de enfoques alternativos que en resultarán en la identificación de la solución comercial y técnica óptima para el caso de negocio. La entrega clave es la selección de la tecnología y el sitio para el activo de capital propuesto.
- **Definición del alcance (FEL 3):** Toma la información de FEL 2 y amplía el nivel de detalle de ingeniería para alcanzar los objetivos de negocio y de proyecto identificados en FEL 1 y FEL 2. El resultado clave es la definición del alcance, costo y calendario del proyecto que constituye la base para el caso de financiación de capital. También establece la línea de base del desempeño para la evaluación posterior de las fases de implementación y operación.
- **Implementación:** Cubre la ingeniería detallada, la adquisición y la construcción de la instalación y representa la mayor parte de los gastos del proyecto.
- **Puesta en marcha y operación:** Representa la aceptación final del nuevo activo de capital por el departamento de operaciones y fabricación, y comprende la evaluación del rendimiento de la instalación a través de una operación sostenida.

Las entregas para cada fase sirven como insumos para las fases subsiguientes. La calidad del esfuerzo y las entregas resultantes determinan el potencial de éxito. Si el equipo del proyecto se equivoca en una fase temprana, el impacto se amplifica a través de fases sucesivas, e incluso un rendimiento excelente del equipo en las fases subsiguientes puede no ser suficiente para superar el error. Las fases de planificación FEL son fundamentales en la gestión de proyectos de ingeniería. Las fases de planificación FEL minimizan la probabilidad de problemas durante las fases de implementación y puesta en marcha y operación.

Esta metodología utiliza un proceso de etapa-compuerta, en el cual un proyecto debe pasar a través de compuertas para avanzar en el desarrollo de las etapas, el requisito para avanzar a la siguiente parte del proceso es la aprobación de la etapa anterior. Esto asegura que cada etapa del proyecto sea debidamente planificada y aprobada antes de continuar con el proyecto (ver Figura 8). De esta manera involucra el desarrollo de la información estratégica suficiente con la cual el encargado del proyecto pueda manejar el riesgo y tomar decisiones para separar o apropiar los recursos necesarios y así maximizar el potencial de éxito. El objetivo principal durante las fases de FEL es gestionar eficazmente el riesgo al desarrollar el proyecto.

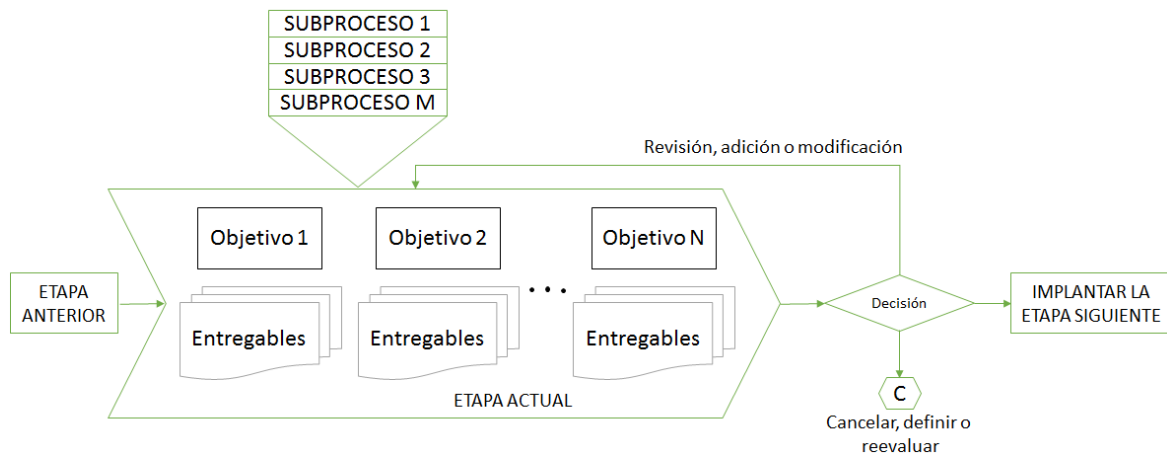


Figura 8. Proceso Etapa-Compuerta de la metodología Front End Loading.
Fuente: Tomado de [66]

Para gestionar los proyectos de EE y a su vez la AE, igualmente se requiere de una metodología de gestión que permita dividir el proyecto en subproyectos y éstos a su vez en etapas, de tal forma que se tengan mecanismos de control entre una etapa y la otra soportados en indicadores, con el fin de hacer una realimentación y determinar si se cumple o no con las condiciones para continuar con la siguiente etapa, de igual manera estos indicadores en cada etapa deben alimentar indicadores macro que serán la base para la toma de decisiones y la determinación de continuar con las siguientes fases del proyecto de EE.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores en la presente tesis se propone el uso de la metodología Front End Loading en la gestión de proyectos de EE.

Con el fin de aplicar la metodología FEL a la gestión de proyectos de EE se propone que la primera fase del mismo, AE, conforme lo que se ha denominado el Front End Loading que a su vez se dividirá en FEL 1, FEL 2 y FEL 3, la fase de diseño de las medidas de EE hace parte del ciclo de vida correspondiente a la ejecución del proyecto y finalmente la fase de implementación y seguimiento hace parte del ciclo de vida correspondiente a la puesta en marcha y operación (ver Figura 9). De esta forma se garantiza que la mayor influencia se refleje en la fase de AE, ya que esta fase determina el alcance del proyecto y permite a la ESE tomar decisiones para continuar o no con el proyecto antes de realizar grandes inversiones económicas.



Figura 9. Relación fases del proyecto de eficiencia energética con la metodología FEL.
Fuente: Propia.

Cada una de las fases contiene actividades y entregables que al ser ejecutados darán cumplimiento al objetivo de la fase correspondiente, por esta razón se propone aplicar el proceso de etapa-compuerta para la gestión de proyectos de EE, con el fin de garantizar que al final de cada fase exista una evaluación mediante un banco de indicadores del cumplimiento de los objetivos de dicha fase, con el fin de tomar la decisión de continuar con el desarrollo de la siguiente fase, hacer una realimentación para revisar y modificar las condiciones anteriores o sencillamente cancelar el proyecto (ver Figura 10). Con la aplicación del proceso etapa-compuerta se garantiza una evaluación constante del estado del proyecto de EE y la factibilidad del mismo. Una vez finalizada la AE, mediante un banco de indicadores la ESE podrá evaluar si cuenta con las condiciones necesarias para continuar con la fase de diseño de las medidas de EE. Igual proceso se aplica durante la fase de diseño para continuar con la fase de implementación y seguimiento. Finalizadas las tres fases, se debe hacer una última evaluación del proyecto para finalmente dar cierre y realizar la facturación del servicio.

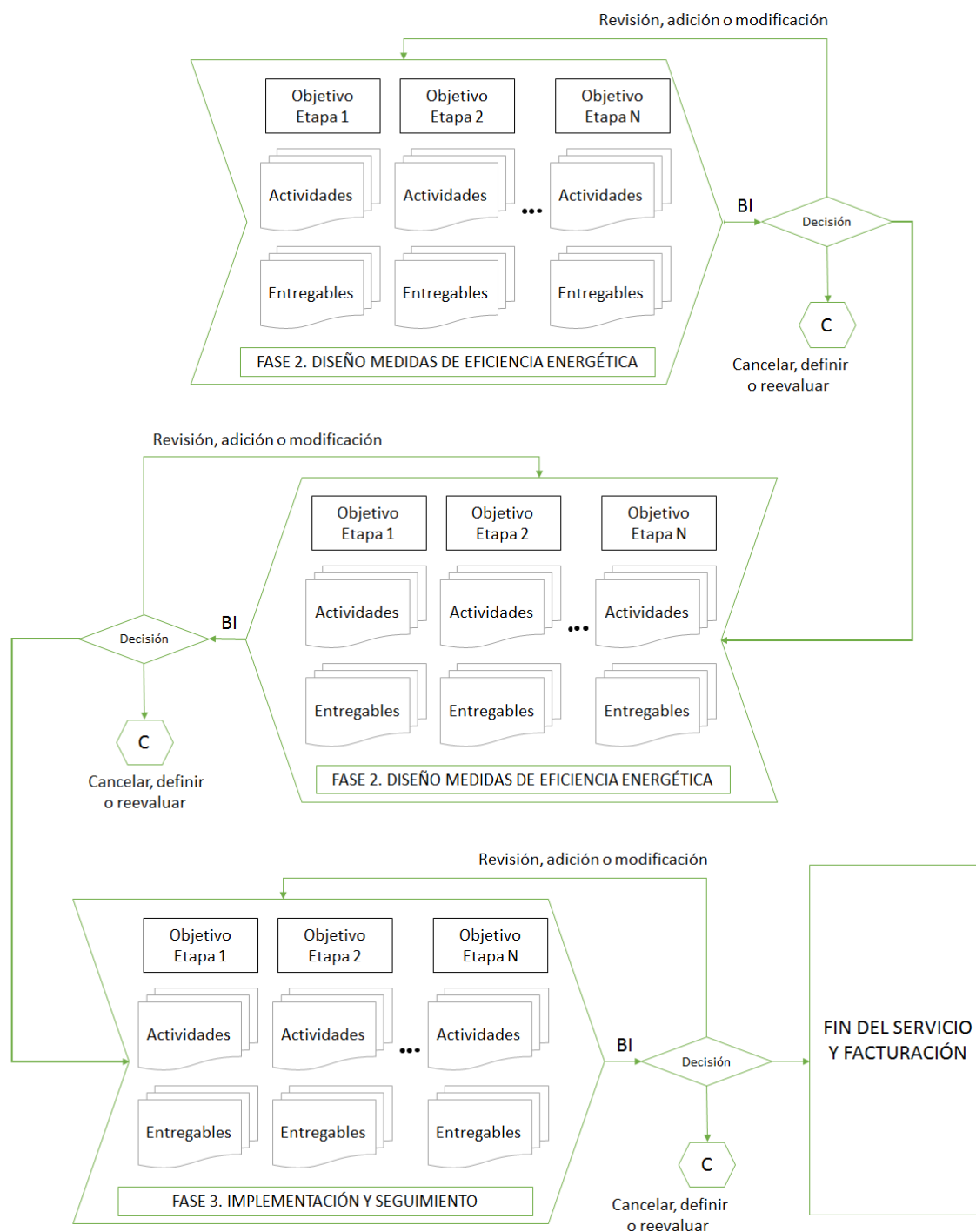


Figura 10. Fases del proyecto de eficiencia energética según el proceso Etapa-Compuerta.
Fuente: Propia.

El proceso de etapa-compuerta aplicado a las fases del proyecto de EE, se puede replicar de manera similar a la fase de AE, con el fin de ver cada una de las etapas como subproyectos los cuales contienen objetivos, actividades y entregables (ver Figura 11).

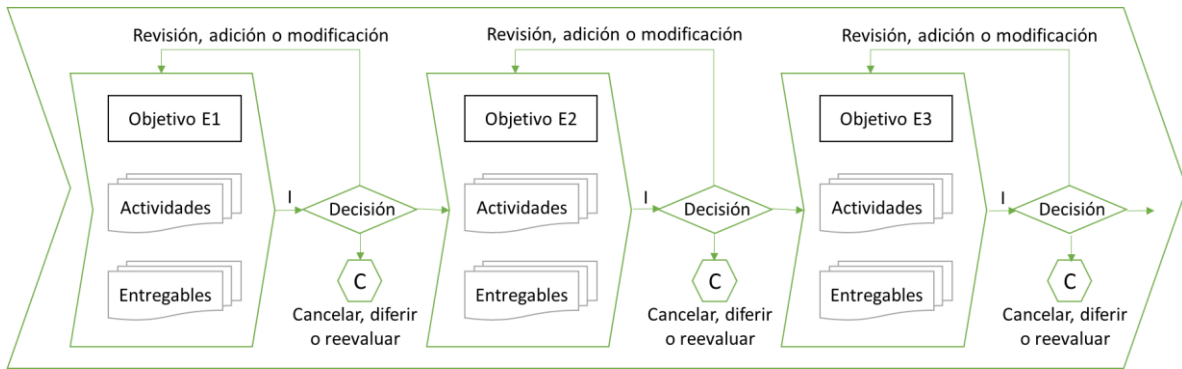


Figura 11. Etapas de la AE según el proceso Etapa-Compuerta.

Fuente: Propia.

Teniendo en cuenta lo anterior y que como se mencionó en el planteamiento del problema, la principal dificultad para el desarrollo de proyectos de EE se evidencia en las etapas iniciales del procedimiento, que abarca todo lo referente a la recolección y análisis de la información, debido a la carencia de un procedimiento de AE detallada para las ESEs y de herramientas para que éstas puedan evaluar la factibilidad de los proyectos de EE en una organización en particular, el desarrollo del trabajo de tesis se centra en la estructuración de las etapas y el diseño y definición de indicadores de la fase de AE como una herramienta que facilite a las ESEs el desarrollo de proyectos de EE.

3. DEFINICIÓN DE LAS ETAPAS DEL PROCEDIMIENTO DE AUDITORÍA ENERGÉTICA PARA ESEs SOPORTADO EN ISO 50002

El proceso de AE para las ESEs, además de permitir realizar un análisis previo de las condiciones energéticas (uso y consumo de energía) en la organización cliente, debe ofrecerle herramientas para evaluar continuamente el progreso de la AE y así determinar, el alcance y la factibilidad tanto de la AE como del proyecto de EE en general. Como se mencionó anteriormente, aunque la Norma ISO 50002 no ofrece a las ESEs un procedimiento detallado para desarrollar auditorías energéticas en organizaciones, sí se convierte en el punto de partida para estructurar las etapas de AE para las ESEs propuesta en el presente trabajo, de ahí la importancia de conocer la finalidad de la Norma ISO 50002 y su estructura.

3.1. Análisis de la norma ISO 50002 Auditoría Energética

La norma ISO 50002 especifica los requisitos comunes para los procesos durante las auditorías energéticas en relación con el rendimiento energético. Es aplicable a todo tipo de establecimientos y organizaciones y a todas las formas de uso y consumo de energía. Los siguientes principios se aplican a una AE:

- Conformidad con el alcance, los límites y el objetivo de auditoría acordados.
- La medición y observación son apropiados para el estudio del uso y consumo de energía.
- Los datos de rendimiento energético recogidos deben ser representativos.
- El proceso de recolección y análisis de datos debe trazable.
- Debe proporcionar oportunidades de mejora del rendimiento energético basadas en análisis económicos apropiados.

La norma define tres niveles de auditorías energéticas, dependiendo de las necesidades de la organización. Estos niveles pueden ser seleccionados como una guía para la determinación del alcance y nivel de detalle de la auditoría, mas no son requisitos absolutos. Las organizaciones pueden ajustar el nivel de detalle de la auditoría de energía entre los niveles 1-3 para satisfacer las necesidades de la organización, donde el nivel 1 define un nivel mínimo de detalle para una auditoría, el nivel 2 define un nivel de auditoría más detallado y el nivel 3 define una auditoría integral para cuantificar los gastos de capital. El nivel apropiado de detalle requerido para una auditoría depende del objeto de la auditoría, los usos de la energía y el consumo de energía y los recursos disponibles para la auditoría.

Como actividad de auditoría preliminar, la organización y el auditor de energía deben establecer la disponibilidad de datos para la AE y determinar si los datos son suficientes o no para permitir un nivel más alto de auditoría. Si se requiere una medición adicional, la organización y el auditor o responsable de la auditoría deben acordar el alcance de las mediciones requeridas antes de comenzar la auditoría. En el caso donde las organizaciones

opten por contratar personal externo como las empresas de servicios energéticos para realizar la AE, la norma ISO 50002 no entra en detalle sobre actividades previas como reuniones de inicio o familiarización del auditor con los procesos de la organización.

Finalmente, ISO 50002 se basa en las buenas prácticas de la gestión energética y la AE. Contiene un conjunto mínimo de requisitos para mejorar la especificación, ejecución, aceptación y cierre de una AE. Esta norma internacional se centra únicamente en los procedimientos y resultados generales que se pueden esperar de una AE. Permite a las organizaciones y a los auditores de energía externos como las ESEs utilizar métodos, enfoques, tecnologías o programas adicionales. La aplicabilidad de la norma y los requisitos individuales dependerán de un gran número de factores, como el consumo de energía de la organización y el objeto auditado, el tipo de auditor y el propósito de la auditoría. En algunas ocasiones, no todos los requisitos necesariamente deben ser aplicados, ya que algunos pueden resultar demasiado costosos y no pertinentes para los fines de la auditoría.

3.1.1. Estructura de la auditoría energética

El proceso de AE según la norma ISO 50002 consta de siete etapas (ver Figura 12)

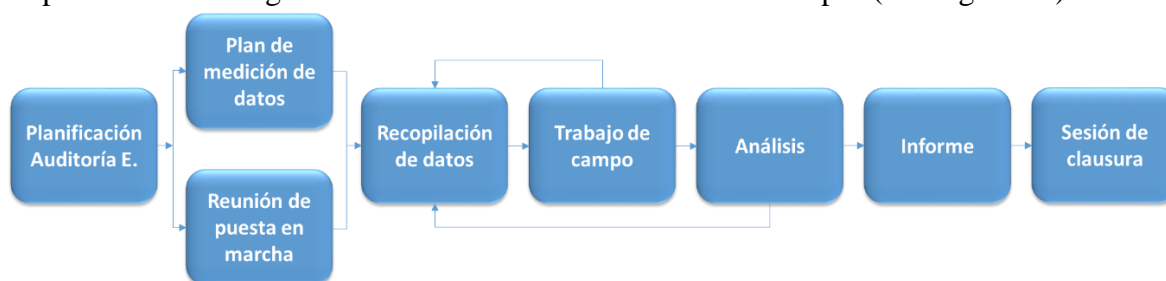


Figura 12. Diagrama de flujo de proceso de la Auditoría Energética según ISO 50002.

Fuente: Tomado de [16]

- **Planificación de la auditoría energética:** Las actividades de planificación de la AE son esenciales para definir el alcance de la auditoría, así como los objetivos, necesidades y expectativas de la organización.
- **Reunión de inicio y plan de medición de datos:** El propósito de la reunión de puesta en marcha es informar a todas las partes interesadas sobre los objetivos de la auditoría, el alcance, el nivel de detalle y acordar las disposiciones necesarias para el desarrollo de la auditoría como la medición y recolección de datos en sitio.
- **Recopilación de datos:** Todo lo referente a las características detalladas del (de los) objeto(s) auditado(s), incluidas las variables pertinentes que la organización considere influyan en el consumo de energía.
- **Trabajo de campo:** Recolección de la información referente al uso y consumo de energía, a partir de observación y mediciones necesarias.
- **Análisis:** A partir del análisis se establece el desempeño energético de la organización, se identifican las oportunidades de mejora y se evalúa el impacto en el desempeño energético de cada una de las medidas propuestas.

- **Informe:** Mediante el informe se pretende informar sobre los resultados de la AE. El contenido de éste debe adecuarse al alcance, los límites y objetivos de la auditoría.
- **Sesión de clausura:** Se presentan los resultados de la AE de manera que facilite la toma de decisiones por parte de la organización.

Estas son las etapas y requisitos que plantea la Norma ISO 50002 para realizar auditorías energéticas, brindando una estructura básica del qué hacer durante una AE y cuáles son los resultados esperados, sin embargo, por estar fuera de su alcance la Norma no detalla ni da las indicaciones de cómo hacerlo y tampoco proporciona un mecanismo de realimentación para la gestión de la AE a partir de indicadores que se puedan ir midiendo a lo largo del proceso, siendo esta una debilidad en el sentido de que todos los proyectos de EE no son iguales porque existen grandes diferencias entre las organizaciones ya que éstas no tienen las mismas características. Teniendo en cuenta que la ESE es un agente externo a la organización, el proceso de AE debe ajustarse a estas condiciones y así facilitarle a la ESE valorar desde la AE hasta la implementación de las medidas de ahorro, con el fin de tomar las decisiones pertinentes de continuar o no con el desarrollo del proyecto de EE, beneficiando tanto a la ESE como a la organización al reducir las posibilidades de fracaso de los proyectos.

3.1.2. Identificación de los procesos principales de una AE

A partir del análisis de la AE que presenta la norma ISO 50002 se identifica que los tres procesos principales de la AE son: i) Recopilación de datos, ii) Trabajo de campo y iii) El análisis de la información. La recopilación de información permite conocer las características generales del cliente, como: el tipo de organización, proceso productivo, número de empleados, horarios laborales, entre otros, así como el interés de la organización para el desarrollo de proyectos de EE. Posteriormente, mediante el trabajo de campo que implica realizar censos de carga, instalaciones de equipos de medida adicionales, revisión de instalaciones eléctricas, encuestas, entre otras acciones, se puede conocer de manera detallada cuánto y cómo se consumen los recursos energéticos en la organización. Finalmente, con el análisis de toda esta información, se determina el desempeño energético actual de la organización, se identifican las áreas o equipos que presentan mayor consumo de energía así como las oportunidades de mejora del desempeño energético.

3.1.3. Etapas de la AE basada en ISO 50002 para proyectos de EE desarrollados por ESEs

Para el desarrollo de proyectos de EE, las ESEs requieren de un procedimiento de AE que incluya las actividades y procedimientos técnicos como lo hace ISO 50002 pero que a su vez se ajuste al modelo de negocio de las ESEs, es decir, que incluya actividades propias de la relación cliente-ESE, con el fin de optimizar actividades como la presentación de los servicios al cliente, la definición del contrato según la evolución del proyecto, la solicitud y recolección de información por parte de la ESE (como agente externo a la organización) que

pueda derivar en demoras o pérdidas de información, y principalmente que incluya herramientas que le permitan a las ESEs evaluar el progreso y la factibilidad de la AE durante su desarrollo.

Teniendo en cuenta el análisis realizado a la norma ISO 50002 y lo expuesto anteriormente, en el presente trabajo se propone un procedimiento de AE que consta de tres etapas: 1) Análisis general de la organización, 2) Análisis del uso y consumo de energía e 3) Identificación del potencial de ahorro. Estas tres etapas se basan en la AE expuesta por la norma ISO 50002, sin embargo en este procedimiento se incluyen actividades propias de la prestación de servicios energéticos y herramientas basadas en indicadores para facilitarle a las ESEs la evaluación continua del progreso y factibilidad de la AE y en general de los proyectos de EE (ver Figura 13).

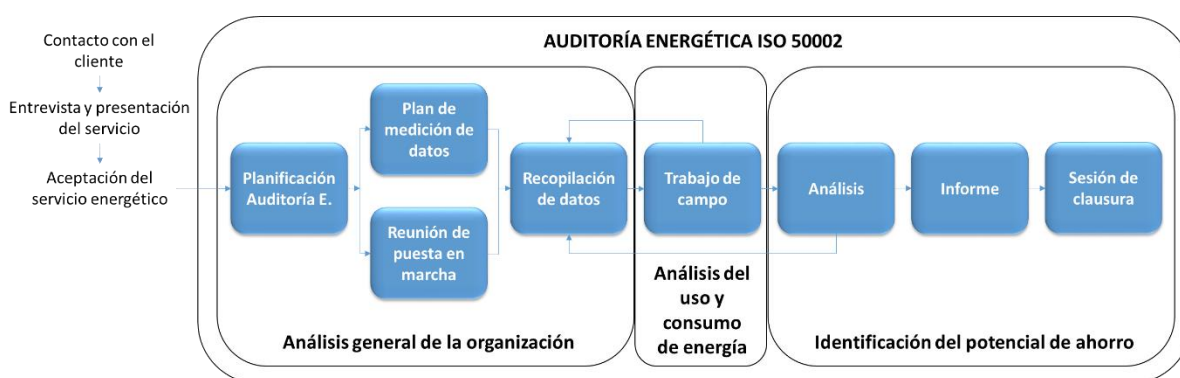


Figura 13. Relación Etapas de la Auditoría Energética propuesta e ISO 50002
Fuente: Propia.

Como se sustentó previamente, aunque la ISO 50002 no especifica sobre actividades previas como contactar a la organización cliente y realizar una entrevista para la presentación del servicio, en el caso de tratarse de servicios que presta una ESE para proyectos de EE, las anteriores son actividades que no pueden pasarse por alto ya que hacen parte de la oportunidad de negocio. En este caso es usual que se presente una propuesta inicial y se realice un precontrato o carta de compromiso con el representante legal de la organización a intervenir, puesto que en la siguiente fase de diseño de las medidas de EE ya se estarían invirtiendo importantes recursos de medición, tecnología y talento humano especializado.

De esta forma se propone que el procedimiento de AE realizado por una ESE para proyectos de EE conste de las tres etapas expuestas anteriormente (ver Figura 14).



Figura 14. Etapas de la Auditoría Energética para ESEs
Fuente: Propia.

3.1.3.1. Etapa 1. Análisis general de la organización

Esta etapa tiene como objetivo identificar el tipo de organización, las características generales del proceso, edificación, número de empleados, horario laboral, entre otros. Por otra parte, identificar si la organización ya tiene implementado un Sistema de Gestión de la Energía o acciones que contribuyan al ahorro de energía, de igual forma identificar el interés por parte de la dirección en el desarrollo de planes de EE para la reducción del consumo de energía en la organización. Finalizada esta etapa se evalúan indicadores que permitirán saber que tan viable es el desarrollo e implementación de medidas de EE y establecer si la organización es un cliente potencial para continuar con el proyecto de EE.

3.1.3.2. Etapa 2. Análisis del uso y consumo de energía

Con el análisis del uso y el consumo de energía se busca examinar el historial de los consumos para determinar características relevantes en su comportamiento y así identificar si existe una relación entre el consumo de energía y la adquisición de nuevos equipos, la apertura o cierre de nuevas áreas de trabajo, disminución o aumento de la producción, mantenimiento de equipos entre otros factores. Por otra parte, analizar el perfil de carga diario, ayuda a identificar cómo son los hábitos de consumo por parte del personal. En segundo lugar, estimar el consumo mensual de energía por áreas, equipos, procesos, etc., determinar si existen pérdidas de energía por instalaciones eléctricas en mal estado y cómo se ve afectado el nivel de confort de las personas, todo esto a partir de un análisis más detallado realizando mediciones e inspecciones en las distintas áreas de la organización.

3.1.3.3. Etapa 3. Identificación del potencial de ahorro

Las dos etapas anteriores son la base para identificar los potenciales de ahorro de la organización, conociendo cuál o cuáles son las áreas o equipos donde se presenta mayor consumo de energía, cómo son los hábitos de consumo, los procesos o equipos que son indispensables para la organización, es posible identificar cuáles son los potenciales de ahorro y determinar las posibles acciones a implementar para disminuir los consumos de energía. Finalmente, toda la información recolectada, analizada y los resultados obtenidos durante la AE deben ser consignados en un informe técnico que se debe presentar a la organización y que también será la base para el diseño de las medidas de EE que mejor se ajusten a las necesidades de la organización.

Se propone que las tres etapas definidas anteriormente conformen las fases FEL de la metodología Front End Loading, de tal forma que el análisis general de la organización represente la FEL 1, el análisis del uso y consumo de energía represente la FEL 2 y la identificación del potencial de ahorro represente la FEL 3.

3.1.4. Objetivos, entradas, salidas y entregables de cada Etapa de la Auditoría Energética

3.1.4.1. Etapa 1. Análisis general de la organización

Objetivo: Estudiar las características generales de la organización y determinar el nivel de complejidad de la AE.

En la Etapa 1 se plantea el desarrollo de actividades a partir de las cuales una ESE puede extraer información general de la organización, como: características generales del proceso y de las instalaciones, número de empleados, horario laboral, si la organización ya tiene implementado un SGE o acciones que contribuyan al ahorro de energía, las necesidades y expectativas del cliente y el interés por parte de la dirección para el desarrollo de proyectos de EE, entre otras. Adicionalmente, estas actividades permitirán determinar si se cuenta con las condiciones e insumos necesarios para el desarrollo de la AE. La Figura 15 muestra la relación entre las entradas y salidas de la Etapa 1, así como los resultados esperados.

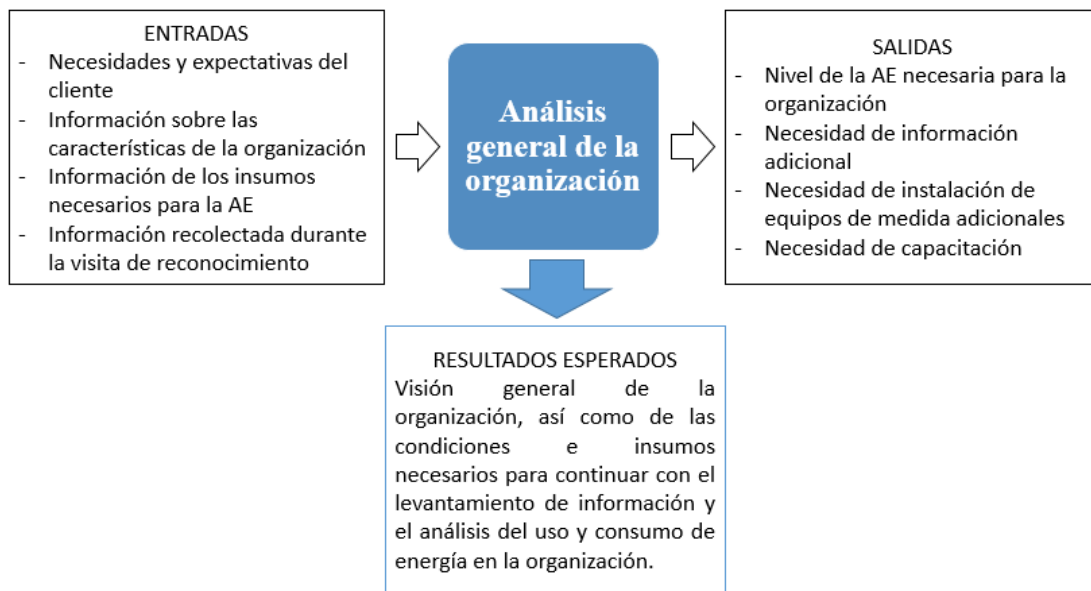


Figura 15. Entradas, salidas y resultados esperados de la Etapa 1.

Fuente: Propia.

A partir de las entradas, salidas y los resultados esperados se generan los siguientes entregables:

- Informe de resultados
- Propuesta del servicio energético y condiciones de pago
- Cronograma de actividades para desarrollar la AE
- Documentos recolectados (Facturas, informes de estudios previos, información de equipos, etc.)

Estos entregables serán insumos necesarios para la Etapa 2 de la AE y la base para la toma de decisiones por parte de la ESE.

3.1.4.2. Etapa 2. Análisis del uso y consumo de energía

Objetivo: Recolectar información sobre el uso y consumo de la energía para realizar la caracterización energética de la organización.

En la Etapa 2 se propone un procedimiento sistemático conformado por una serie de actividades como el análisis de los consumos históricos de energía, análisis de las instalaciones eléctricas y protecciones, análisis de la calidad de la energía eléctrica, análisis de los hábitos de consumo energético por parte del personal que hace uso de las instalaciones, censo de carga eléctrica y mediciones puntuales, que permiten obtener conocimientos apropiados del perfil de consumo de energía, ayudando a comprender mejor cómo se emplea la energía en la organización, identificando las áreas en las cuales se pueden estar presentando despilfarros y en dónde es posible hacer mejoras. La Figura 16 muestra la relación entre las entradas y salidas de la Etapa 2, así como los resultados esperados.

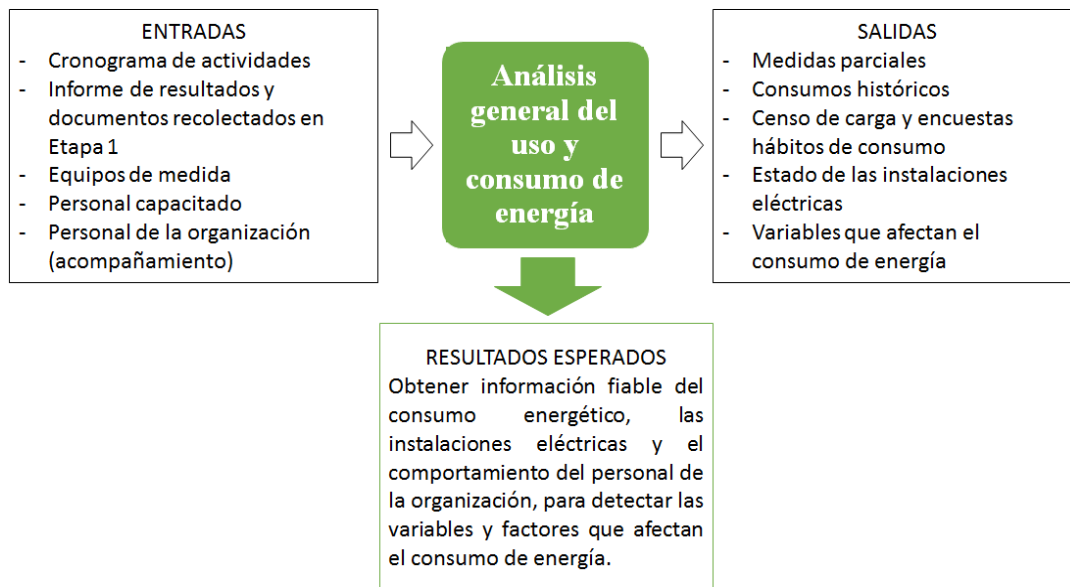


Figura 16. Entradas, salidas y resultados esperados de la Etapa 2.

Fuente: Propia.

A partir de las entradas, salidas y los resultados esperados se generan los siguientes entregables:

- Registro de consumos históricos
- Registro del censo de carga
- Registro de las encuestas de hábitos de consumo energético
- Registro mediciones parciales
- Registro mediciones en las instalaciones eléctricas

- Informe de resultados

Estos entregables serán insumos necesarios para la Etapa 3 de la AE y la base para la toma de decisiones por parte de la ESE.

3.1.4.3. Etapa 3. Identificación del potencial de ahorro

Objetivo: Identificar los potenciales de ahorro y establecer las medias necesarias de EE.

En la Etapa 3 se proponen una serie de actividades que, teniendo en cuenta los resultados de las etapas anteriores, permitan determinar y cuantificar las posibilidades de reducir el costo de la energía de manera rentable sin afectar el confort de las personas ni la cantidad y calidad del servicio prestado por la organización, estudiar la viabilidad económica de las diferentes alternativas de mejora y elaborar un informe final que facilite la adopción de decisiones de inversión por parte del responsable de la organización y de la ESE. La Figura 17 muestra la relación entre las entradas y salidas de la Etapa 3, así como los resultados esperados.

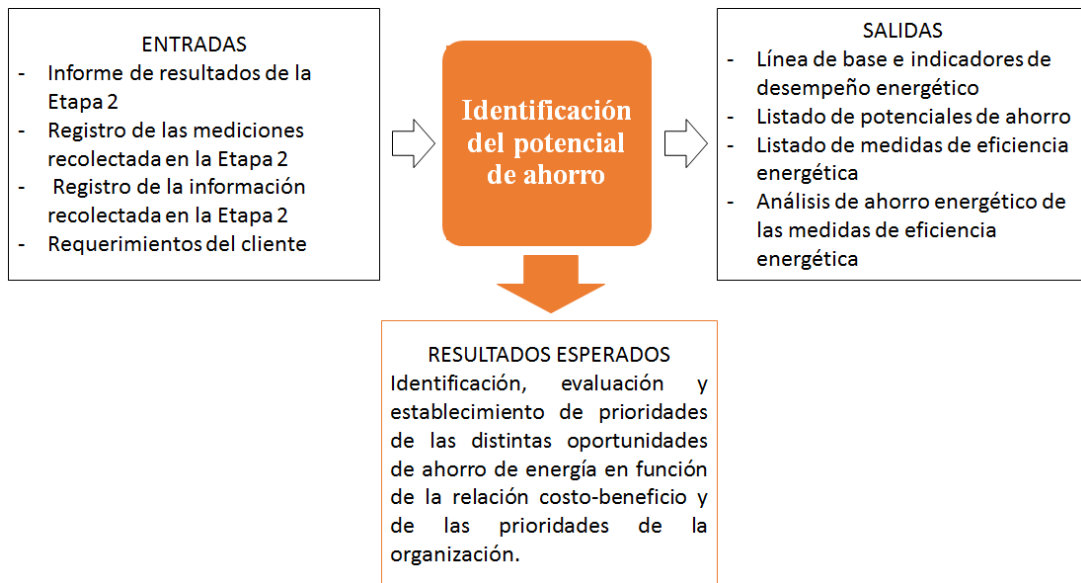


Figura 17. Entradas, salidas y resultados esperados de la Etapa 3.

Fuente: Propia.

A partir de las entradas, salidas y los resultados esperados se generan los siguientes entregables:

- Informe de las variables que inciden en el consumo excesivo de energía
- Potenciales de ahorro energético
- Listado de medidas de EE
- Análisis de la viabilidad de las medidas de EE
- Informe final de la AE

3.2. Definición de las actividades principales de cada Etapa

A continuación se detallan las actividades propuestas para que una ESE pueda desarrollar una AE en cualquier organización, partiendo de las tres etapas descritas anteriormente. Teniendo en cuenta que las ESEs son agentes externos a la organización dónde se va a desarrollar el proyecto de EE, las actividades planteadas en la etapa inicial parten desde la presentación al cliente de los servicios energéticos que presta la ESE.

A continuación se detallan las actividades propuestas para que una ESE pueda desarrollar una AE en cualquier organización, partiendo de las tres etapas descritas anteriormente. Teniendo en cuenta que las ESEs son agentes externos a la organización dónde se va a desarrollar el proyecto de EE, las actividades planteadas en la etapa inicial parten desde la presentación al cliente de los servicios energéticos que presta la ESE.

3.2.1. Actividades de la Etapa 1

Para el desarrollo de la primera etapa de la AE, se propone que la ESE lleve a cabo cinco (5) actividades, que tienen como fin dar a conocer los servicios energéticos que presta, conocer las expectativas y necesidades del cliente, recolectar información inicial para finalmente realizar un análisis general de la organización (ver Figura 18).

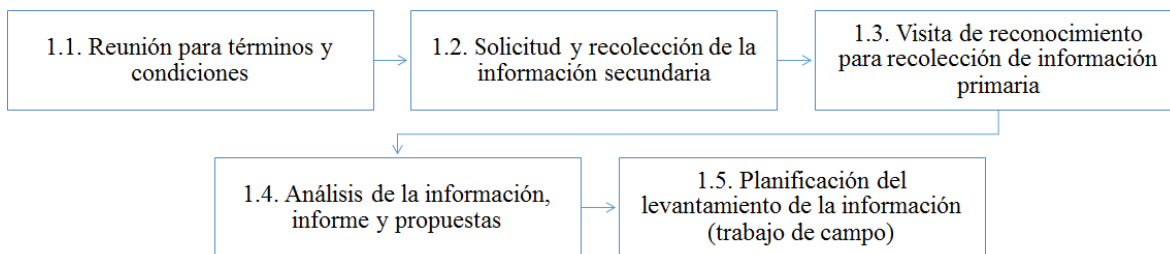


Figura 18. Actividades de la Etapa 1.

Fuente: Propia.

Las actividades planteadas deben realizarse de forma secuencial y el nivel de detalle de cada una dependerá de la ESE o de la organización auditada, sin embargo se pretende que las actividades propuestas sean una herramienta que guíe a la ESE en el inicio de una AE. En la Tabla 1 se describe cada una de las actividades evidenciando su importancia y el objetivo a cumplir dentro del procedimiento.

Tabla 1. Descripción de las actividades que conforman la Etapa 1. Análisis general de la organización

Actividad	Descripción
Reunión para términos y condiciones	Mediante esta actividad la ESE hace la presentación de los servicios al cliente, y mediante una serie de Sub-actividades puede concebir una idea general de la estructura de la organización, qué tanto puede abarcar la AE, cuáles son las expectativas de ésta como cliente y qué tan comprometida está con el desarrollo del proyecto.
Solicitud y recolección de la información secundaria	Con esta actividad la ESE recolecta información secundaria que sólo puede ser entregada por el cliente. Información que está relacionada con las condiciones de operación y la gestión energética de la organización, y los insumos necesarios para la AE: planos eléctricos, registro de consumos, registro de consumos energéticos, facturas, entre otros.
Visita de reconocimiento para recolección de información primaria	Esta actividad es fundamental ya que a partir de visita de reconocimiento, la ESE puede confirmar información entregada por el cliente, además de recolectar información primaria mediante (observación, encuesta o entrevistas) sobre las características de las instalaciones, el tipo de cargas, las fuentes de energía empleadas y la existencia de medidas de EE ya implementadas.
Análisis de la información, informe y propuestas	Con el análisis de la información recolectada durante las primeras actividades, la ESE identifica el nivel de detalle de AE requerido por la organización, y establece si la información entregada por el cliente está completa y es suficiente para el desarrollo de la misma. Adicionalmente, se puede determinar qué tan comprometida está la organización en el desarrollo, de la AE y del proyecto de EE en general.
Planificación del levantamiento de la información (trabajo de campo)	En esta actividad la ESE genera un informe de las condiciones iniciales de la organización y propone un cronograma de actividades para el desarrollo de la siguiente etapa. Adicionalmente, diseña una propuesta de servicios energéticos que puede abarcar la realización solamente de la AE, o del proyecto de EE en su totalidad, con diseño e implementación de las medidas de EE necesarias. El informe y las propuestas son presentados a la organización para su aprobación o rechazo.

3.2.1.1. Sub-actividades de la Etapa 1

Para dar cumplimiento al objetivo de la etapa de análisis general de la organización y teniendo en cuenta las cinco actividades planteadas anteriormente, se propone realizar una serie de sub-actividades (ver Figura 19) las cuales se detallan y describen en la Tabla 2.

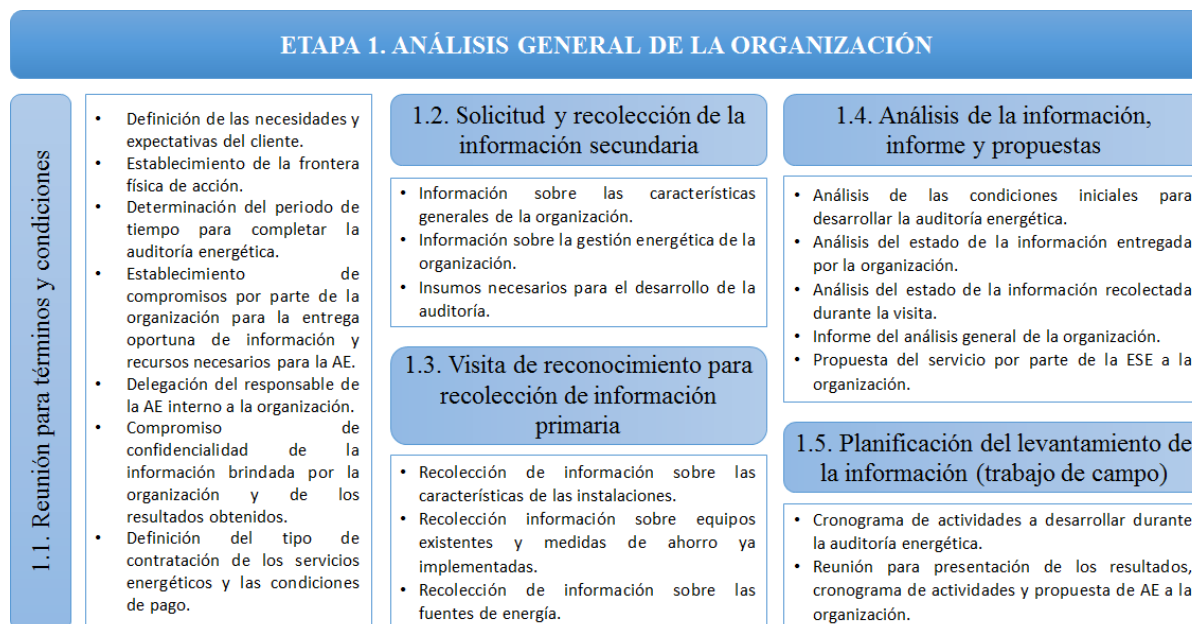


Figura 19. Sub-actividades planteadas para cada actividad de la Etapa 1.
Fuente: Propia.

Tabla 2. Descripción de las sub-actividades que conforman la Etapa 1

Actividad	Sub-Actividades	Descripción
Reunión para términos y condiciones	Definición de las necesidades y expectativas del cliente	Lo que quiere el cliente
	Establecimiento de la frontera física de acción	Si el proyecto va a ser aplicado a toda la organización o a un área en especial
	Determinación del periodo de tiempo para completar la AE	Si el cliente plantea una fecha límite para finalizar el proyecto o la AE
	Establecimiento de compromisos por parte de la organización para la entrega oportuna de información y recursos necesarios para la AE	La organización debe comprometerse a entregar oportunamente información solicitada por la ESE, a delegar personal interno, a facilitar la recolección de la información, etc.
	Delegación del responsable de la AE interno a la organización	El responsable que delegue la organización debe ser una persona que conozca las instalaciones y los procesos, debe tener fácil acceso a las distintas

Actividad	Sub-Actividades	Descripción
		áreas así como a información detallada que se necesite.
	Compromiso de confidencialidad de la información brindada por la organización y de los resultados obtenidos	La ESE debe comprometerse a utilizar la información brindada por la organización netamente para el desarrollo del proyecto, así como los resultados obtenidos de los estudios y ofertas realizadas.
	Definición del tipo de contratación de los servicios energéticos y las condiciones de pago	Dadas las distintas modalidades de contratos establecidas para los servicios energéticos (Pago sólo por la AE, pago total del proyecto o según su evolución, pago por implementación de medidas de EE, etc.)
Solicitud y recolección de la información secundaria	Información sobre las características generales de la organización	Tipo de organización
		Proceso productivo
		Cantidad y tipo de sedes (m2)
		Localización sedes
		Dispersión geográfica
	Información sobre la gestión energética de la organización	Medidas de EE implementadas anteriormente
		Existencia de un SGE
	Insumos necesarios para el desarrollo de la auditoría	Registro del consumo energético (2 años atrás)
		Caracterización del proceso (modelos)
		Planos eléctricos
		Planos arquitectónicos
Registro de medidas puntuales (de existir)		
Listado de los principales equipos HV de los principales equipos		
Visita de reconocimiento para recolección de información primaria	Recolección de información sobre las características de las instalaciones	Tipo de edificación
		Tipo de iluminación
		Ventilación/iluminación natural
		Acceso a las instalaciones
		Comprobar actualización de los planos arquitectónicos
		Fronteras de "consumo" bien definidas
	Tipo y antigüedad de los equipos	

Actividad	Sub-Actividades	Descripción
	Recolección información sobre equipos existentes y medidas de ahorro ya implementadas	Existencia de medidas parciales
		Existencia de procesos automatizados
		Sensores de iluminación o acondicionamiento
	Recolección de información sobre las fuentes de energía	Equipos de medida instalados (áreas, equipos, etc)
		Identificación de las fuentes de energía utilizadas
		Sistemas de autogeneración y/o cogeneración
Análisis de la información, informe y propuestas	Análisis de las condiciones iniciales para desarrollar la AE	localización de subestación, medidor principal, planta de emergencia, etc.
		Compromiso de la dirección para el desarrollo del proyecto
		Cantidad y tipo de sedes a auditar
	Análisis del estado de la información entregada por la organización	Tipo de contrato
		Información completa
		Información actualizada
	Análisis del estado de la información recolectada durante la visita	Información confiable
		Dispersión geográfica sedes a auditar, m2 y tipo de sedes
		Facilidad para realizar el censo de carga
		Facilidad para la instalación de equipos de medida por áreas, procesos, etc.
	Informe del análisis general de la organización	Desplazamiento de personal y equipos necesarios para el levantamiento de los datos
		Se realiza un informe que detalle los resultados del análisis general de la organización. Tanto para la organización como para la ESE
Propuesta del servicio por parte de la ESE a la organización	Según las consideraciones anteriores se realiza una propuesta tanto técnica como económica por parte de la ESE para desarrollar el proyecto de EE y especialmente la AE en la organización	

Actividad	Sub-Actividades	Descripción
Planificación del levantamiento de la información	Cronograma de actividades a desarrollar durante la AE	Se plantea y organiza un cronograma de actividades para el desarrollo de la AE teniendo en cuenta las necesidades y especificaciones de la AE para dicha organización (si es necesario instalar equipos de medida, se debe especificar dónde y las fechas en las cuales estarán instalados dichos equipos)
	Reunión para presentación de los resultados, cronograma de actividades y propuesta de AE a la organización	Se socializa al encargado de la organización, los resultados obtenidos y se presenta la propuesta y cronograma de trabajo. Tanto la propuesta como el cronograma de actividades pueden estar sujetas a cambios dependiendo de las observaciones de ambas partes. Una vez aceptada la propuesta por parte de la organización, se procede a continuar con la siguiente etapa.

Las sub-actividades que se proponen en esta etapa no son una camisa de fuerza para desarrollar la AE, es criterio de la ESE si las desarrolla en su totalidad, si considera que debe modificarlas o incorporar otras sub-actividades que crea necesarias. Como se mencionó anteriormente, se pretende que este listado de sub-actividades sirva de guía para las ESEs.

3.2.2. Actividades de la Etapa 2

Para el desarrollo de la segunda etapa de la AE, se propone realizar cinco (5) actividades, con el fin de realizar el levantamiento ordenado y confiable de la información necesaria para determinar el nivel de EE inicial de la organización (ver Figura 20).

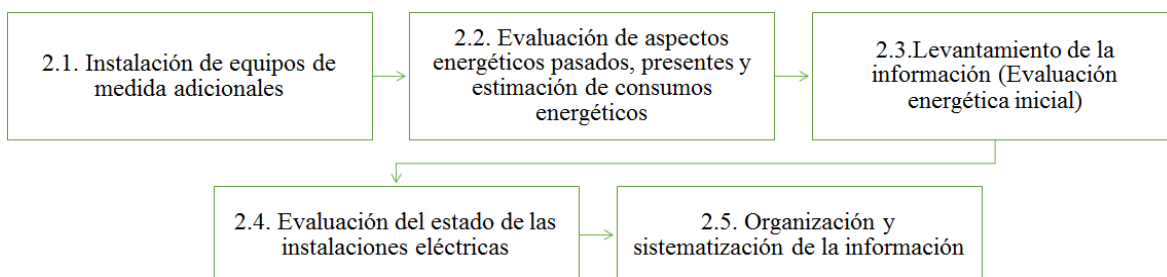


Figura 20. Actividades de la Etapa 2.

Fuente: Propia.

Las primeras cuatro actividades planteadas para la Etapa 2, a diferencias de las planteadas para la anterior etapa, pueden ser realizadas de forma desordenada según la facilidad o como lo considere la ESE, sin embargo se recomienda que la actividad que implica la instalación de equipos de medida, se realice lo antes posible para contar con un rango de tiempo considerable para la adquisición de los datos. En la Tabla 3 se describe cada una de las actividades evidenciando su importancia y el objetivo a cumplir dentro del procedimiento.

Tabla 3. Descripción de las actividades que conforman la Etapa 2. Análisis del uso y consumo de la energía

Actividad	Descripción
Instalación de equipos de medida adicionales	La instalación de quipos de medida adicionales (de ser necesario) debe realizarse una vez se haya identificado su necesidad, es decir, entre más tiempo estén instalados a los equipos, áreas, instalaciones, etc., mayor será la información obtenida y los resultados del consumo energético y calidad de la energía (si es un analizador de red) de estas zonas puntuales serán más confiable.
Evaluación de aspectos energéticos pasados, presentes y estimación de consumos energéticos	Un aspecto principal para el desarrollo de una AE es conocer el comportamiento del consumo energético mensual de la organización durante al menos los últimos tres años. De esta manera se establece una base de consumo que permitirá estimar consumos futuros y ahorros esperados de implementando medidas de EE.
Levantamiento de la información (Evaluación energética inicial)	Esta es una de las actividades más importantes en una AE, donde se lleva a cabo el censo de carga que involucra el inventario de todos los equipos consumidores de energía, obteniendo información sobre potencia, corriente, voltaje, horas de uso diario y todas las demás variables que inciden en el consumo de energía. Se recomienda llevar a cabo este procedimiento con una pinza voltiamperimétrica o cualquier otro equipo de medida. También se recomienda aprovechar este recorrido para realizar medición mediante un luxómetro de los niveles de iluminación en las distintas áreas de trabajo para obtener información que útil para proponer medidas de ahorro sin afectar el confort de las personas, así como realizar encuestas a los trabajadores para determinar qué tanto influyen los hábitos en el consumo energético de la organización.
Evaluación del estado de las instalaciones eléctricas	El estudio del estado de las instalaciones eléctricas juegan un papel fundamental en el estudio del consumo de energía en una organización, pues en muchas ocasiones una mala instalación, sobrecalentamiento en cableado, sobredimensionamiento de transformadores, reactivos, cableado expuesto, etc., pueden influir

Actividad	Descripción
	en el aumento del consumo energético y pueden representar un riesgo para el personal de la organización.
Organización y sistematización de la información	Toda la información recolectada durante las actividades anteriores, debe ser organizada y sistematizada de tal manera que facilite su correcto análisis, así como identificar si es necesario realizar ajustes a la información recolectada, ya sea realizando mediciones nuevamente o revisando aspectos que no se habían tenido en cuenta.

3.2.2.1. Sub-actividades de la Etapa 2

Para dar cumplimiento al objetivo de la etapa de análisis del uso y consumo de energía y teniendo en cuenta las cinco actividades planteadas anteriormente, se propone realizar una serie de sub-actividades (ver Figura 21) las cuales se detallan y describen en la Tabla 4.



Figura 21. Sub-actividades planteadas para cada actividad de la Etapa 2.

Tabla 4. Descripción de las sub-actividades que conforman la Etapa 2

Actividad	Sub Actividades	Descripción
Instalación de equipos de medida adicionales	Instalación de medidor con perfil de carga	De ser necesario y si la organización no cuenta con éste, se realiza la instalación de un medidor con perfil de carga, para determinar cómo se distribuye el consumo durante el día
	Instalación de analizador de red	De ser necesario, se realiza la instalación de un analizador de redes en el tablero principal de la organización, para revisar la calidad de la energía suministrada por

Actividad	Sub Actividades	Descripción
		el OR y la calidad de la energía al interior de las instalaciones.
	Instalación de medidores internos	De ser necesario, se realiza la instalación de equipos de medida para determinar el consumo de energía por áreas, líneas de producción, equipos, entre otros, según sea el caso.
	Instalación de equipos de medida para monitoreo de otras variables	De ser necesario, se realiza la instalación de otros dispositivos tales como medidores de agua, presión, velocidad, etc. Si durante la primera etapa se consideró que dichas variables están afectando el consumo de energía en la organización.
Evaluación de aspectos energéticos pasados, presentes y estimación de consumos energéticos	Organización de la información (Facturas, registros de consumos)	Se organiza la información brindada por la organización (año, mes, semana, días)
	Consumo promedio mensual y mes de mayor consumo	Se identifican el/los mes(es) de mayor consumo de energía y si éstos coinciden año tras año. Se calcula el promedio del consumo energético mensual.
	Análisis de la variabilidad del consumo energético mensual	Se verifica qué tan variable es el consumo de energía durante los meses para: i) determinar si el promedio de los datos representa el consumo promedio de la organización, ii) si se presentan aumentos o disminuciones con respecto a los meses anteriores, es necesario verificar con el responsable de la organización, si existió cambios en la producción, compra o retiro de equipos, ampliación o cierre de áreas, etc.
	Estimación de consumos energéticos futuros	Teniendo en cuenta los consumos históricos, la variabilidad e los mismos y las características de producción de la organización, se estima el consumo energético futuro. Esto es clave para la estimación del ahorro energético.

Actividad	Sub Actividades	Descripción
Levantamiento de la información (Evaluación energética inicial)	Censo de carga eléctrico	Mediante el inventario de equipos y la recolección de información sobre corriente, voltaje y potencia, se estima el consumo energético mensual de cada equipo. Se requiere de la ayuda del personal que utiliza los equipos para terminar las horas de uso al día.
	Mediciones en equipos especiales	De ser necesario se realiza las mediciones (tensión, corriente) para equipos puntuales que no cuenten con la placa técnica o que estén deteriorados y sea necesario corroborar su consumo
	Encuesta de hábitos de consumo energético	Se realizan entrevistas al personal que labora en las distintas áreas de la organización, con el fin de determinar las pautas y hábitos de consumo energético y determinar qué tanto inciden en el consumo total de energía de la organización.
Evaluación del estado de las instalaciones eléctricas	Revisión del tablero principal	Revisión del tablero principal/ tablero subestación (Tomar medidas de ser necesario)
	Revisión tomacorrientes e interruptores	Revisión visual del estado de los tomacorrientes e interruptores (Tomar medidas de ser necesario)
	Revisión cableado de distribución	De ser necesario, revisar mediante equipos como cámaras termo gráficas el estado de las instalaciones eléctricas en general, para determinar posibles calentamientos que produzcan pérdidas.
	Revisión equipamiento adicional	Si la organización, cuenta con un banco de condensadores, baterías, ups, plantas de generación entre otros equipamiento, también debe hacerse revisión de su estado.
Organización y sistematización	Organización de la información de los consumos históricos	Mediante herramientas software, se organiza y procesa la información recolectada

Actividad	Sub Actividades	Descripción
	Organización de la información recolectada durante el censo de carga y de las encuestas	Mediante herramientas software, se organiza y procesa la información recolectada
	Organización de la información recolectada durante la revisión de las instalaciones eléctricas	Mediante herramientas software, se organiza y procesa la información recolectada

Las sub-actividades que se proponen en este trabajo no son una camisa de fuerza para desarrollar la AE, es criterio de la ESE si las desarrolla en su totalidad, si considera que debe modificarlas o incorporar otras sub-actividades que crea necesarias. Como se mencionó anteriormente, se pretende que este listado de sub-actividades sirva de guía para las ESEs.

3.2.3. Actividades de la Etapa 3:

Para el desarrollo de la tercera etapa de la AE, se proponen cinco (5) actividades, con el fin identificar los potenciales de ahorro así como las posibles medidas de EE (ver Figura 22). Realizar correctamente las actividades planteadas en las anteriores etapas es fundamental para esta tercera etapa considerada como la etapa de resultados de la AE, ya que con información confiable y de calidad se pueden obtener resultados acertados.

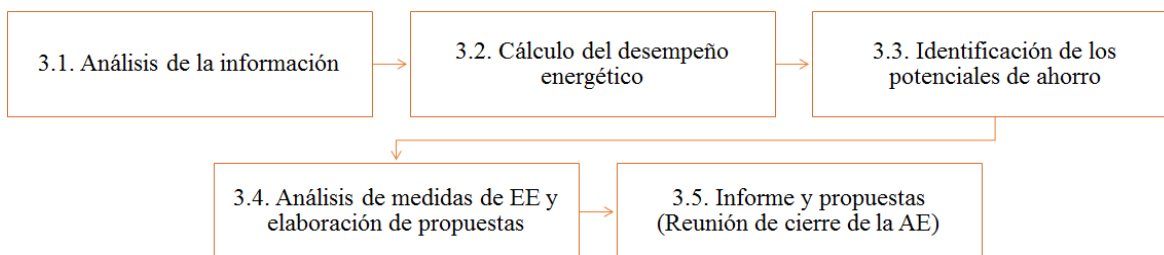


Figura 22. Actividades de la Etapa 3.
Fuente: Propia.

Las actividades planteadas deben realizarse de forma secuencial y el nivel de detalle de cada una dependerá de la ESE o de la organización auditada. En la Tabla 5 se describe cada una de las actividades evidenciando su importancia y el objetivo a cumplir dentro del procedimiento.

Tabla 5. Descripción de las actividades que conforman la Etapa 3. Identificación del potencial de ahorro

Actividad	Descripción
Análisis de la información	Se analiza la información recolectada en la etapa anterior. Se desecha información que no sea relevante y de ser necesario, se realizan acciones correctivas a la información.

Actividad	Descripción
Cálculo del desempeño energético	Permite conocer el estado energético de la organización determinando los factores y variables que inciden en el uso y consumo de la energía, para establecer una línea de consumo energético a partir de la cual se evaluará el ahorro obtenido de las medidas de EE implementadas.
Identificación de los potenciales de ahorro	Una vez cuantificado el consumo energético total y cómo se distribuye en la organización, es posible identificar los potenciales de ahorro energético, que principalmente están relacionados con los elementos que inciden en un mayor consumo de energía.
Análisis de medidas de EE y elaboración de propuestas	Dependiendo del desempeño energético obtenido y de los potenciales de ahorro identificados, se identifican y analizan las posibles medidas de ahorro. Se realiza un análisis del costo (inversión económica, daños al medio ambiente, decremento del confort o seguridad de las personas) y el beneficio obtenido por cada una (ahorro energético y económico, mayor producción, mejoras medioambientales, mejora del confort y seguridad del personal, entre otros) y finalmente se elabora una propuesta con las medidas de EE que mejor se ajusten a las necesidades de la organización.
Informe y propuestas (Reunión de cierre de la AE)	Se realiza un informe detallando donde se consignan los resultados obtenidos durante la AE. Adicionalmente, se elabora una propuesta económica de las distintas medidas de EE que la ESE encuentra viables para implementar en la organización. El informe de resultados y las propuestas son socializados en la reunión de cierre de la AE.

3.2.3.1. Sub-actividades de la Etapa 3

Para dar cumplimiento al objetivo de la etapa de identificación del potencial de ahorro y teniendo en cuenta las cinco actividades planteadas anteriormente, se propone realizar una serie de sub-actividades (ver Figura 23) las cuales se detallan y describen en la Tabla 6.

ETAPA 3. IDENTIFICACIÓN DEL POTENCIAL DE AHORRO

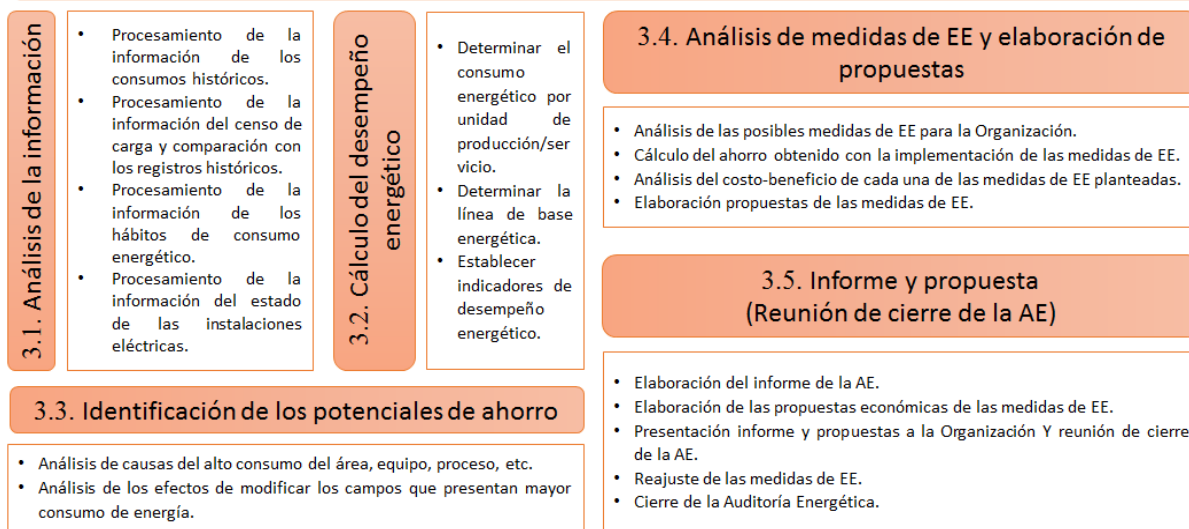


Figura 23. Sub-actividades planteadas para cada actividad de la Etapa 3.
Fuente: Propia.

Tabla 6. Descripción de las sub-actividades que conforman la Etapa 3

Actividad	Sub Actividades	Descripción
Análisis de la información	Procesamiento de la información de los consumos históricos	Se determinan las características del consumo mensual de energía en la organización. Qué tan variable es el consumo mes a mes.
	Procesamiento de la información del censo de carga y comparación con los registros históricos	Estimación del consumo mensual a partir de la información recolectada en el censo de carga y comparación con el promedio del consumo obtenido mediante las facturas de energía.
		Distribución del consumo de energía según el tipo de carga, sedes, áreas, procesos, etc.
	Identificación del área, tipo de carga, equipo puntual o proceso que presenta mayor consumo de energía.	
Procesamiento de la información de los hábitos de consumo energético	Se analiza los hábitos de consumo energético del personal tanto en los procesos productivos como en sus actividades cotidianas dentro de la organización.	

Actividad	Sub Actividades	Descripción
	Procesamiento de la información del estado de las instalaciones eléctricas	Determinar si hay pérdida de energía por malas instalaciones eléctricas, falta de mantenimiento o si se requiere de la redistribución de algún circuito.
Cálculo del desempeño energético	Determinar el consumo energético por unidad de producción/servicio	Depende principalmente del tipo de organización (comercial o de servicios). Permite conocer el consumo energético necesario para producir un bien o un servicio.
	Determinar la línea de base energética	La línea de base energética permite establecer el estado inicial del desempeño energético de la organización. Qué tan eficiente es la organización en el consumo de sus recursos energéticos.
	Establecer indicadores de desempeño energético	Mediante los indicadores de desempeño energético y de la línea de base energética se puede hacer seguimiento del desempeño energético una vez ejecutadas las medidas EE, y así verificar y cuantificar los beneficios obtenidos.
Identificación de los potenciales de ahorro	Análisis de causas del alto consumo del área, equipo, proceso, etc.	Se identifican las causas puntuales del alto consumo de energía del área, equipo, proceso (según sea el caso) y se determina su influencia y qué tan indispensables son para la producción de la organización.
	Análisis de los efectos de modificar los campos que presentan mayor consumo de energía	Si el mayor consumo de energía se presenta en un equipo específico, una línea de producción, un área o sede (o una labor realizada por una persona), analizar las consecuencias en la producción, al modificar el dicho procedimiento, equipo, etc.
Análisis de medidas de EE y elaboración	Análisis de las posibles medidas de EE para la organización.	Se analiza si la organización requiere de medidas de EE puntuales, de la reestructuración de toda un área, de la implementación de un SGE y/o de sistema de autogeneración.

Actividad	Sub Actividades	Descripción
	Cálculo del ahorro obtenido con la implementación de las medidas de EE	Mediante herramientas software se estima el ahorro energético y económico obtenido al implementarse cada una de las medidas de EE
	Análisis del costo-beneficio de cada una de las medidas de EE planteadas	Se contrastan las inversiones necesarias para cada medida de EE y los beneficios obtenidos (directos e indirectos)
	Elaboración propuestas de las medidas de EE	Se elaboran propuestas técnicas para cada una de las medidas de EE según sea la prioridad (mayor consumo, menor costo, riesgo para el personal, etc.)
Informe y propuesta (Reunión de cierre de la AE)	Elaboración del informe de la AE	El informe debe contener los resultados obtenidos durante la AE
	Elaboración de las propuestas económicas de las medidas de EE	Se elaboran propuestas económicas para cada una de las medidas de EE
	Presentación informe y propuestas a la organización y reunión de cierre de la AE	Se presenta a la dirección de la organización. Tanto el informe con los resultados obtenidos de la AE como las propuestas de las medidas de EE.
	Reajuste de las medidas de EE	Las propuestas de las medidas de EE están sujetas a cambios dependiendo de las observaciones de ambas partes. Una vez aceptada la propuesta por parte de la organización se procede a continuar o modificar el contrato de prestación de servicios de la ESE
	3.5.7. Cierre de la AE	Se da cierre a la AE y se procede a la siguiente Fase de ser factible el proyecto.

De esta manera, se establecen tres etapas principales del procedimiento de AE basado en la Norma ISO 50002: Etapa 1. Análisis general de la organización, Etapa 2. Análisis del uso y consumo de la energía y Etapa 3. Identificación del potencial de ahorro, cada una con sus respectivas actividades y sub-actividades que le permitirán a la ESE desarrollar una AE en una organización comercial o de servicios, como fase inicial de un proyecto de EE.

3.3. Auditoría Energética para proyectos de eficiencia energética realizadas por ESEs.

Considerando todos los aspectos que abarca la realización de proyectos de EE y principalmente las auditorías energéticas, se plantea un procedimiento de tres (3) etapas

principales, quince (15) actividades principales y cincuenta y seis (56) sub-actividades necesarios para que un agente externo a la organización, en este caso las ESEs puedan realizar mediante un procedimiento detallado y sistemático una AE (ver Figura 24). Este procedimiento tiene en cuenta principalmente la relación cliente-ESE puesto que tiene inmerso sub-actividades que permiten una constante retroalimentación entre los intereses de la organización (cliente) y el prestador del servicio (ESE).

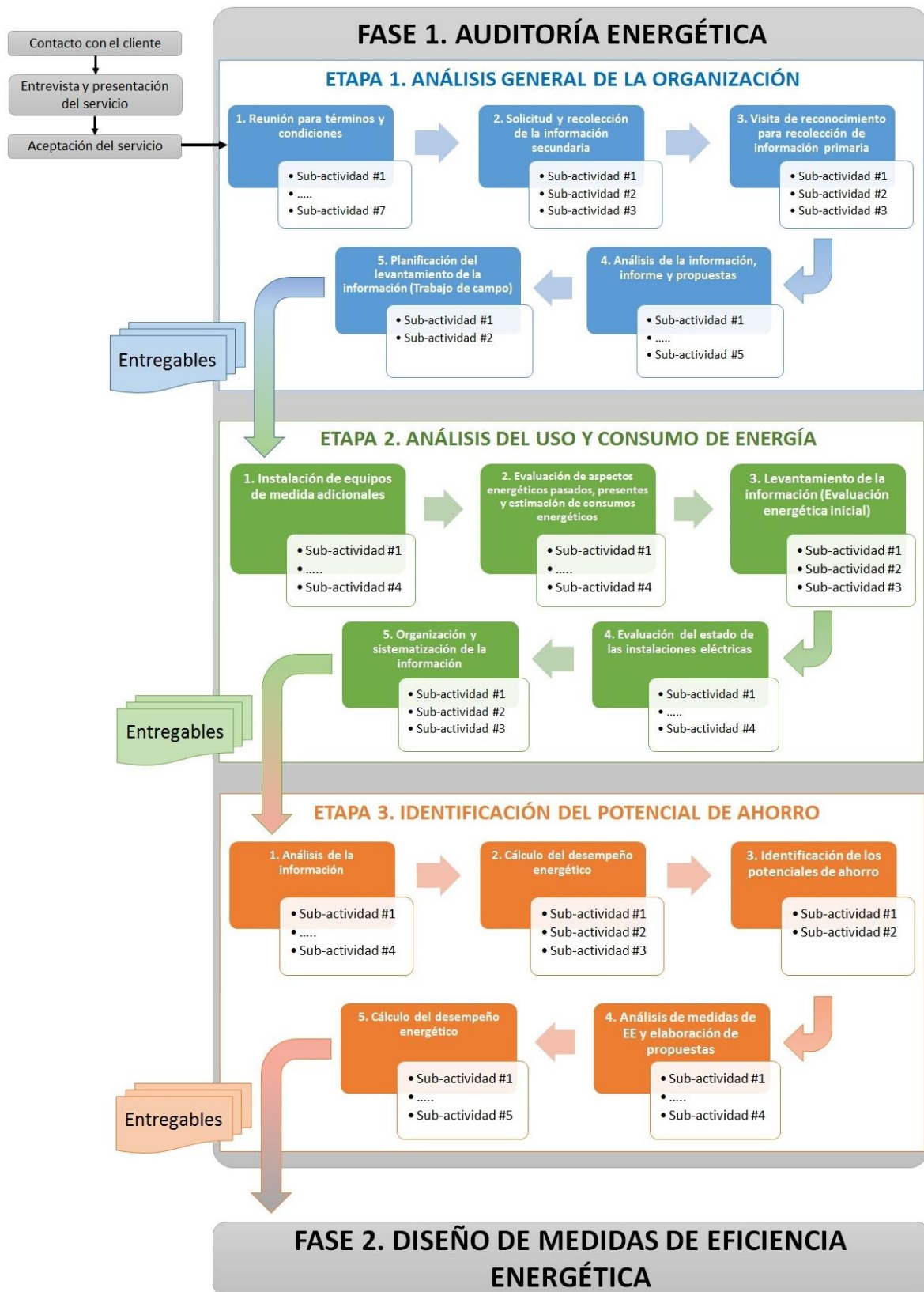


Figura 24. Esquema del procedimiento de AE para ESEs.

Fuente: Propia.

Aplicando el proceso de etapa-compuerta planteado en la metodología FEL a la fase de AE, donde cada una de las etapas se observa como subproyectos que contienen objetivos, actividades y entregables, se evidencia la necesidad de indicadores para valorar el estado y cumplimiento de cada etapa permitiendo a la ESE evaluar la factibilidad de la AE durante el desarrollo de la misma, siendo una herramienta fundamental para la ESE en la toma de decisiones pertinentes, como continuar con el desarrollo de la siguiente etapa, realizar alguna modificación o adición de información faltante, o simplemente darle fin al procedimiento de AE. De esta manera se disminuye las probabilidades de que la ESE invierta dinero, tiempo, personal y equipos en procedimientos de AE o proyectos de EE en organizaciones que o no cuentan con las condiciones para este tipo de proyectos o tengan bajas probabilidades de obtener ahorros considerables a partir de medidas de EE. Lo anterior, partiendo de que el modelo de negocio de las ESEs se basa fundamentalmente en el ahorro energético obtenido por la organización una vez se implemente las medidas de EE. Por tanto, se requiere del diseño de indicadores que permitan evaluar cada una de las etapas de la AE y éstos serán la base de unos indicadores macro que alimentarán un banco de indicadores que permitirán evaluar la factibilidad del proyecto de EE una vez finalizada la AE.

El procedimiento de AE que se propone en el presente trabajo está enfocado para desarrollar proyectos de EE en empresas comerciales y de servicios, por esta razón no se entra en detalle sobre otros aspectos que influyen considerablemente en el consumo de energía como equipos y procesos industriales, sin embargo este procedimiento puede ser la base para que las ESEs desarrollen sus propios procedimientos dirigidos al sector industrial.

4. DEFINICIÓN DE INDICADORES PARA EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA

“Lo que no se mide, no se puede controlar”, es una frase que evidencia la importancia de la medición en todo proceso productivo ya sea comercial, industrial o de servicios. La medición es imprescindible en la gestión, forma parte del proceso administrativo y es fundamental para la mejora continua de los procesos, por lo tanto, es clave implementar un sistema para medir adecuadamente la gestión de los mismos. En cualquier tipo de organización se debe conocer el estado de ciertos parámetros clave (de producción, económicos, de insumos, etc.) para poder planificar, establecer objetivos, controlar resultados y tomar decisiones [32]. Para tomar decisiones correctas en una organización, se requiere de un sistema de medición y del establecimiento de indicadores en las diferentes etapas del proceso.

Algunas instituciones se han preocupado por el desarrollo de indicadores como es el caso de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), que en 2003 presenta la norma UNE 66175:2003 Guía para la implementación de Sistemas de Indicadores; esta facilita la identificación y establecimiento de indicadores corporativos relevantes para cualquier plan de gestión. Estos indicadores nacen de la necesidad de gestionar los objetivos y realizar el seguimiento de los resultados tanto a nivel global (estrategia y gestión corporativa) como de desarrollo (gestión de cada servicio o actividad y gestión de los procesos) [67]. También ISO hace su aporte con la Norma ISO 22400 *Automation systems and integration -- Key performance indicators (KPIs) for manufacturing operations management*; que presenta los requisitos para el diseño de indicadores clave de desempeño que permiten a la organización un correcto seguimiento y mejoramiento de los procesos, para cumplir los objetivos de los procesos de manufactura [68].

Por otra parte, el Grupo de Investigación en EE y Energía Alternativa (GEAL) de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, desarrollaron la “Guía para la identificación de áreas, procesos y equipos críticos energéticamente e implementación de indicadores de desempeño energético” describe no solo la metodología utilizada para identificar las áreas, procesos y equipos que presentan un consumo energético crítico sino que también presentan una metodología para el diseño y elección de indicadores de desempeño energético. Cabe destacar que los indicadores de desempeño energético se basan principalmente en la relación del consumo energético y la producción, por lo que son óptimos para el establecimiento de las líneas de base energéticas y para el seguimiento del desempeño de los planes de acción implementados en una organización [33].

Existe en la literatura procedimientos, pasos y guías para el diseño de indicadores, sin embargo, estos son tan específicos y detallados (indicadores corporativos, KPIs para procesos de manufactura e indicadores de desempeño energético) y es complejo aterrizarlo al contexto del procedimiento de AE que se requiere medir en el presente trabajo, por tal

motivo se optó por estudiar varios métodos de diseño de indicadores y extraer los pasos más relevantes que se ajusten a las necesidades de medición en cada una de las etapas propuestas para el procedimiento de AE.

4.1. Generalidades de los indicadores

Los indicadores, independientemente del campo donde se utilicen, cumplen dos funciones básicas:

- Explicar o ampliar lo que está implícito (Objetivo, Resultado, Producto, Proceso)
- Valorar o medir lo ejecutado

En la literatura se encuentran muchas definiciones para los indicadores, pero básicamente un indicador es un dato o conjunto de datos cuantitativos o cualitativos que ayudan a medir objetivamente los resultados de la evolución de una situación, actividad o sistema, permite describir características, comportamientos o fenómenos de la realidad a través de la evolución de una variable o relación entre variables, la que es comparada con periodos anteriores o bien frente a una meta o compromiso, permite evaluar el desempeño y su evolución en el tiempo. Cada indicador debe satisfacer los siguientes criterios [32]:

- Medible: El indicador debe ser medible, es decir, la característica descrita debe ser cuantificable en términos ya sea del grado o frecuencia de la cantidad.
- Entendible: El indicador debe ser reconocido fácilmente por todos aquellos que lo usan.
- Controlable: El indicador debe ser controlable dentro de la estructura de la organización.

En los proyectos de EE y principalmente durante el proceso de AE es necesario medir a través de indicadores para interpretar lo que está ocurriendo, para tomar medidas cuando las variables se salen de los límites establecidos, para definir la necesidad de introducir cambios y/o mejoras y poder evaluar sus consecuencias en el menor tiempo posible, para analizar la tendencia histórica con el fin de apreciar la productividad a través del tiempo y para medir la situación de riesgo de la ESE, es decir, se mide porque se requiere saber si se está en el camino correcto.

Existen una gran variedad de tipos de indicadores dependiendo de cuándo se mide y qué se está midiendo, de esta forma se pueden encontrar indicadores [69]:

- De Eficiencia: miden la relación entre el logro del programa y los recursos utilizados para su cumplimiento. Estos indicadores cuantifican lo que cuesta alcanzar el objetivo planteado, sin limitarlo a recursos económicos; también abarca los recursos humanos y materiales que el programa emplea para cumplir el objetivo específico.

- De Eficacia: miden el grado del cumplimiento del objetivo establecido, es decir, dan evidencia sobre el grado en que se están alcanzando los objetivos descritos.
- De Efectividad: Involucra la eficiencia y la eficacia.
- De Economía: Los indicadores de economía miden la capacidad del programa para administrar, generar o movilizar de manera adecuada los recursos financieros.
- De calidad: miden los atributos, las capacidades o las características que tienen o deben tener los bienes y servicios que se producen. Los programas establecen las características mínimas que han de cumplir los bienes y servicios que entrega a la población; los indicadores de calidad permiten monitorear los atributos de estos productos desde diferentes perspectivas: la oportunidad, la accesibilidad, la percepción de los usuarios y la precisión en la entrega de los servicios.
- De insumos: miden el manejo de los recursos con los que cuenta una entidad para adelantar un proceso, y van desde el capital físico y financiero hasta los referentes al talento humano.
- De procesos: permite realizar el seguimiento a cada etapa programada dentro de la administración de las actividades de un proceso.
- De productos: medir la cantidad de bienes o servicios producidos por una organización.
- De resultados: detallan los efectos reales del accionar de una organización a través de programas, proyectos, etc., sobre la sociedad o sus usuarios. En algunos casos se realizan una subdivisión entre los resultados intermedios y los finales.

Adicionalmente, los indicadores se pueden clasificar de acuerdo con el ámbito de medición (Efectos, resultados, productos, procesos e insumos del proyecto). Los indicadores deben medir diferentes aspectos de los objetivos a los que están asociados. Si se desea valorar un proyecto de manera objetiva, es necesario que los indicadores establecidos para monitorear y evaluar su desempeño cuantifiquen diferentes aspectos del proyecto, es decir, valorarlo de diferentes perspectivas [69]. Teniendo en cuenta lo anterior, se recomienda el tipo de indicadores apropiados para cada uno de los ámbitos de medición (ver Figura 25).

Cuando se mide:		Se está midiendo:		Los indicadores recomendados:
Impacto	▶	Fin	▶	• Eficacia
Resultados	▶	Propósito	▶	• Eficacia • Eficiencia
Productos	▶	Componente	▶	• Eficacia • Eficiencia • Calidad
Procesos	▶	Actividades	▶	• Eficacia • Eficiencia • Economía
Insumos				

Figura 25. Sugerencia de indicadores para cada ámbito de medición
Fuente: Tomado de [69].

El ámbito de desempeño se define como los aspectos del proceso que deben ser medidos en cada nivel de objetivo. Las actividades se relacionan con la gestión que realiza el programa, de la misma manera que los componentes se vinculan a la generación y entrega de los productos o servicios. El propósito se refiere a los resultados concretos del programa, mientras el fin comprende el efecto de éste sobre un objetivo de mayor alcance en el mediano plazo. Cada nivel de la matriz se encuentra asociado a objetivos con diferente grado de complejidad, por lo que es necesario establecer indicadores que permitan monitorear distintas etapas de la cadena de producción. Teniendo en cuenta lo anterior, se prevé que para medir el progreso y la factibilidad de la AE se requiere del diseño de indicadores de eficacia, calidad y economía (o financieros), dependiendo de las actividades y etapas de la misma.

4.2. Métodos de diseño de indicadores

En la literatura existe una variedad de métodos para diseñar indicadores de todo tipo [67][68][33][69] sin embargo, se considera que los indicadores de gestión son los que mejor se ajustan a las necesidades de evaluación del procedimiento de AE. De esta manera, para la construcción de indicadores de gestión, en [69] se propone realizar: 1) Revisar la claridad del resumen narrativo, 2) Identificar los factores relevantes, 3) Establecer el objetivo de la medición, 4) Plantear el nombre y la fórmula de cálculo, 5) Determinar la frecuencia de medición del indicador y 6) Seleccionar los medios de verificación. Mientras que en [70] se plantea realizar: 1) Establecer las definiciones estratégicas como referente para la medición, 2) Establecer las áreas de desempeño relevantes a medir, 3) Definir el nombre del indicador y describir la fórmula de cálculo, 4) Validar los indicadores aplicando criterios técnicos, 5) Recopilación de datos y establecimiento de las fuentes de los datos o medios de verificación, 6) Establecer las metas, 7) Establecer supuestos, 8) Monitoreo y evaluación y 9) Comunicar

e informar. Finalmente, en [32] establecen los siguientes siete pasos: 1) Identificación y/o revisión de productos y objetivos que serán medidos, 2) Establecer medidas de desempeño claves, 3) Asignar las responsabilidades, 4) Establecer referentes comparativos, 5) Construir fórmulas, 6) Validar indicadores y 7) Comunicar e informar.

Se observa que en los pasos anteriormente descritos existen algunas similitudes que permiten evidenciar la importancia de identificar el objetivo a medir, definir el nombre y su respectiva fórmula de cálculo y establecer el método de evaluación e interpretación de los indicadores. Teniendo en cuenta las necesidades de medición del procedimiento de AE propuesto en el presente trabajo, se establecen 6 pasos para la definición de los indicadores básicos de cada etapa, que en conjunto establecerán un banco de indicadores que complementará el procedimiento de AE propuesto en el capítulo anterior y ayudará a la ESE en la toma de decisiones:

- Paso 1: Identificar las actividades y sub-actividades críticas
- Paso 2: Definir las variables a medir
- Paso 3: Definir las relaciones entre las variables medidas para determinar los indicadores
- Paso 4: Definir el nombre del indicador y describir la fórmula de cálculo
- Paso 5: Definir la regla de interpretación de los IDs
- Paso 6: Organizar un banco de indicadores

4.3. Definición del banco de indicadores

Como se mencionó en el Capítulo 3, el procedimiento de AE propuesto para ESEs consta de tres (3) Etapas y quince (15) Actividades y cincuenta y seis (56) Sub-actividades. Para la definición de los indicadores que conformarán el banco de indicadores, se desarrollan los 6 pasos mencionados en el punto anterior. Para ello se analizará cada una de las Etapas, actividades y sub-actividades del procedimiento de AE propuesto.

4.3.1. Definición de indicadores para la Etapa 1

4.3.1.1. Pasos 1 y 2. Identificación de las actividades y sub-actividades críticas y definición de las variables a medir en la Etapa 1

Durante todo el procedimiento existe cierto grado de incertidumbre, debido a actividades críticas que pueden afectar el correcto desarrollo de la AE y del proyecto de EE en general. Por lo tanto, es necesario identificar cuáles son estas actividades y sub-actividades, que si no se monitorean pueden afectar significativamente en el desarrollo de la AE.

Con el fin de dar cumplimiento al objetivo de la Etapa 1 y teniendo en cuenta los requerimientos de cada actividad, se identifican cuáles de estas y sus respectivas sub-

actividades se consideran críticas y cuáles son las variables a medir en cada caso (ver Tabla 7).

Tabla 7. Actividades y sub-actividades críticas y variables a medir en la Etapa 1

Actividad/sub-actividad crítica	Justificación	Variable a medir
A1. Reunión para términos y condiciones	Es la actividad inicial del procedimiento y es donde se establecen las condiciones básicas del servicio requerido por la organización.	Por ahora no aplica
<i>SA1. Definición de las necesidades y expectativas del cliente</i>	<p>Se requiere saber cuál es la necesidad del cliente o las expectativas que tiene acerca del proyecto de EE</p> <p>(Estará sujeto a un listado de opciones con los diferentes tipos de servicios que presta la ESE (análisis, diseño, desarrollo e instalación) con una ponderación de 0%-100% según el grado de complejidad basado en tiempo-recursos-personal-dinero necesarios)</p> <p>Nota: los servicios y la ponderación que se le dé a cada uno de ellos pueden variar según la ESE. Lo ideal es que el procedimiento sea una guía para la ESE, sin embargo, ésta tiene la libertad de aumentar, disminuir o ponderar los servicios según su propio criterio.</p>	<p>- <i>Requerimientos del cliente</i> (Unidades: %)</p> <p>Análisis:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estudio de tarifas eléctricas (10%) - Consultoría o asesoramiento puntual (20%) - Caracterización energética de un equipo o sección específica (30%) - Auditoría energética (50%) <p>Diseño:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diseño de medidas de EE (60%) - Diseño de un sistema de autogeneración con ER (70%) <p>Desarrollo e instalación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo e instalación de las medidas de EE (80%) - Mantenimiento y monitoreo continuo de las medidas de EE (90%) - Implementación de un SGE (100%)
<i>SA2. Establecimiento de la frontera física de acción</i>	Está sujeto a la totalidad de las sedes a auditar y si se analiza el	- <i>Porcentaje de sedes a auditar</i>

Actividad/sub-actividad crítica	Justificación	Variable a medir
	total de las instalaciones de cada sede.	
<i>SA3. Determinación del periodo de tiempo para completar la AE</i>	La organización puede necesitar el servicio se realice en un periodo de tiempo limitado, lo que puede aumentar la complejidad del proyecto. Adicionalmente, la ESE debe tener un tiempo estimado para la realización de la AE	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Tiempo requerido para la AE</i> - <i>Tiempo estimado para la AE</i> (Unidades: días, semanas, meses) <p>Nota: el <i>Tiempo estimado para la AE</i> lo establece la ESE</p>
<i>SA4. Establecimiento de compromisos por parte de la Organización para la entrega oportuna de información y de recursos necesarios para la AE.</i>	La organización debe cumplir con los plazos establecidos para entregar la información necesaria (días, semanas, meses). Este plazo o tiempo de entrega se debe definir como un compromiso por parte de la Organización.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Plazo entrega información</i> (Unidades: días, semanas, meses)
<i>SA5. Delegación del responsable de la AE interno a la Organización</i>	Si la persona delegada por la Organización tiene un amplio conocimiento de la empresa, de los procesos productivos y tiene fácil acceso a información relevante, permitirá que la ESE avance rápidamente en la recolección de la información, por lo que disminuye la complejidad de la AE para la ESE. (Estará sujeto a un listado de conocimientos básicos que debe tener el delegado, este listado puede ser redefinido por la ESE a partir de la medición de los requerimientos del cliente)	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Perfil del delegado de la organización</i> (Unidades: %) - Conoce todas las instalaciones de la Org. - Tiene un amplio conocimiento de los procesos productivos de la Org. - Tiene fácil acceso a todas las áreas de las instalaciones - Tiene un amplio conocimiento de instalaciones eléctricas - Tiene fácil acceso a información relevante (facturas y contratos energéticos, planos, etc) - Autoridad para la toma de decisiones (según sea el caso)

Actividad/sub-actividad crítica	Justificación	Variable a medir
		(100% nada – 0% Todo)
A2. Solicitud y recolección de la información secundaria	La información recolectada en esta actividad es clave para el desarrollo de la AE.	Por ahora no aplica
SA1. Información sobre las características generales de la organización	<p>(Estará sujeto a un listado de opciones con los diferentes tipos de empresas comerciales y de servicios, con una ponderación de 0-100 según el grado de complejidad basado en tipo de organización y tamaño)</p> <p>Nota: se proponen unos rangos para la ponderación de cada tipo de organización, según otros aspectos como el tamaño o los servicios que presta. (queda a criterio de la ESE) por ejemplo:</p> <p>Hospital (70% a 100%) dónde se puede establecer un 80% para un hospital de primer nivel, y 100% para un hospital de tercer nivel.</p>	<p>- <i>Tipo de organización</i> (Unidades: %)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bodega (0%-5%) - Centro deportivo (5%-10%) - Institución de educación básica/primaria/jardín (10%-15%) - Almacén de cadena/supermercado (15%-25%) - Oficinas (25%-35%) - Bancos (35%-45%) - Hoteles (45%-55%) - Instituciones de educación superior (55%-70%) - Hospitales (70%-100%)
SA3. Insumos necesarios para el desarrollo de la auditoría	<p>Se requiere saber si se cuenta con los insumos necesarios para realizar la AE.</p> <p>(Estará sujeto a un listado con las opciones de los insumos necesarios, cabe resaltar que la ESE puede eliminar o adicionar otros insumos que considere necesarios según sea el caso)</p> <p>Adicionalmente es necesario verificar si la organización cumple con los tiempos de entrega de la información.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Porcentaje de información faltante</i> - <i>Porcentaje de información desactualizada</i> - <i>Porcentaje de información incompleta</i> (Unidades: %) - Facturas de los consumos energéticos históricos (mínimo 2 años atrás) - Planos eléctricos - Documentación gráfica y escrita sobre los sistemas

Actividad/sub-actividad crítica	Justificación	Variable a medir
		<p>constructivos así como de las instalaciones del edificio (memorias, planos, mediciones y presupuestos de los proyectos de obra y de instalaciones)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contratos energéticos - Planos eléctricos subestación - Documentos (HV) de los quipos principales (motores, aires acondicionados, etc) <p>Se pondera de 0% a 100% dependiendo de la información que entregue la organización, si es la totalidad del listado, si está completa y si es está actualizada.</p> <p>- <i>Tiempo de entrega información</i> (Unidades: días, semanas, meses)</p>
A3. Visita de reconocimiento para recolección de información primaria	La información recolectada en esta actividad es clave para el desarrollo de la AE.	Por ahora no aplica
<i>SA1. Recolección de información sobre las características de las instalaciones</i>	Algunas características de las instalaciones pueden dificultar el desarrollo de la AE. (Estará sujeto a un listado de opciones con las características que se pueden encontrar en una instalación y que afectan negativamente el desarrollo de la AE)	<p>- <i>Características de las instalaciones</i> (Unidades: %)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Áreas no definidas - Áreas con acceso restringido - Áreas que requieren medición adicional

Actividad/sub-actividad crítica	Justificación	Variable a medir
		<p>- Existencia de un medidor de energía por más de una edificación</p> <p>Se pondera de 0% a 100% dependiendo del porcentaje de cumplimiento de la lista</p>
<p>SA2. <i>Recolección de información sobre equipos existentes y medidas de ahorro ya implementadas</i></p>	<p>Algunas características de los equipos pueden dificultar el desarrollo de la AE. De igual manera, las medidas de ahorro ya implementadas pueden facilitar la identificación de los potenciales de ahorro.</p> <p>(Estará sujeto a un listado de opciones con las características que se pueden encontrar en una instalación y que afectan negativamente el desarrollo de la AE)</p> <p>(Estará sujeto a un listado de opciones con las medidas de ahorro más comunes que se pueden implementar en organizaciones comerciales y de servicios)</p>	<p>- <i>Equipos existentes que dificultan la AE</i> (Unidades: %)</p> <p>- Equipos especiales (equipos médicos, calderas, equipos industriales, etc.)</p> <p>- Equipos de más de 10 años de antigüedad</p> <p>- Equipos que requieren medición puntual</p> <p>- Medidor de energía principal sin perfil de carga</p> <p>Se pondera de 0% a 100% dependiendo del porcentaje de cumplimiento de la lista</p>
<p>A4. Análisis de la información, informe y propuestas</p>	<p>Se evalúan los indicadores para la toma de decisiones</p>	<p>- <i>Nivel de complejidad de la AE</i> (Unidades: %)</p>
<p>SA1. <i>Análisis de las condiciones iniciales para desarrollar la AE</i></p>	<p>Al analizar los resultados de la primera actividad se puede determinar la complejidad del servicio que solicita el cliente</p>	<p>- <i>Complejidad del servicio energético requerido</i> (Unidades: %)</p> <p>Depende de las medidas de <i>Requerimientos del cliente,</i></p>

Actividad/sub-actividad crítica	Justificación	Variable a medir
		<i>Porcentaje de la organización a auditar y Tiempo total para la AE</i>
<i>SA2. Análisis del estado de la información entregada por la organización</i>	Al analizar los resultados de la segunda actividad se puede determinar el porcentaje de información secundaria faltante	- <i>Porcentaje de información secundaria faltante</i> (Unidades: %)
<i>SA3. Análisis del estado de la información recolectada durante la visita</i>	Al analizar los resultados de la segunda actividad se puede determinar el porcentaje de información secundaria faltante	- <i>Complejidad de las instalaciones</i> (Unidades: %)

Teniendo en cuenta las actividades y sub-actividades que se considera críticas en la Etapa 1, se propone que durante el desarrollo de la primera Etapa de la AE es necesario medir 13 variables. A las variables relacionadas con tiempo, se les ha asignado unidades de días, semanas y meses, ya que en la práctica ni el proceso de AE ni mucho menos la entrega de información puede superar un periodo de un año. Al resto de variables e indicadores hacen referencia a porcentajes, de tal forma que el 0% equivale a que la variable o indicador no implican que el procedimiento de AE sea vuelva más complejo, mientras que el 100% equivale a que la variable o indicador afecta considerablemente el desarrollo de la AE volviéndola un procedimiento mucho más complejo.

Teniendo en cuenta lo anterior, la Tabla 8 resume las variables medibles de la Etapa 1, la etiqueta con la que se identifican a partir de este momento y las unidades de medida.

Tabla 8. Variables a medir en la Etapa 1, etiquetas y unidades

#	Variable a medir	Etiqueta	Unidades
1	<i>Requerimientos del cliente</i>	<i>RC_1</i>	0%-100%
2	<i>Porcentaje de sedes a auditar</i>	<i>PSA_1</i>	0%-100%
3	<i>Tiempo requerido para la AE</i>	<i>TR_1</i>	días, semanas, meses
4	<i>Tiempo estimado para la AE</i>	<i>TE_1</i>	días, semanas, meses
5	<i>Plazo entrega información</i>	<i>PEI_1</i>	días, semanas, meses
6	<i>Perfil del delegado de la organización</i>	<i>PDO_1</i>	0%-100%
7	<i>Tipo de organización</i>	<i>TO_1</i>	0%-100%
8	<i>Porcentaje de información faltante</i>	<i>PIF_1</i>	0%-100%
9	<i>Porcentaje de información desactualizada</i>	<i>PID_1</i>	0%-100%
10	<i>Porcentaje de información incompleta</i>	<i>PII_1</i>	0%-100%

#	Variable a medir	Etiqueta	Unidades
11	Tiempo de entrega información	TEI_1	días, semanas, meses
12	Características de las instalaciones	CI_1	0%-100%
13	Equipos existentes que dificultan la AE	EDAE_1	0%-100%

Una vez definidas las actividades y sub-actividades críticas, las variables las medir y sus unidades, se procede a establecer las relaciones entre las mismas que permitan definir los indicadores.

4.3.1.2. Pasos 3 y 4. Relaciones entre las variables medidas para determinar los indicadores y definición del nombre del indicador y su fórmula de cálculo

Las etiquetas de los indicadores irán acompañadas por una letra adicional que hace referencia al tipo de indicador, E = Eficacia, C = Calidad y F = Financiero. Se denominarán “Indicadores de primer nivel” a los indicadores que relacionan variables medidas durante una misma sub-actividad (ver Tabla 9).

Tabla 9. Definición de indicadores de primer nivel para la Etapa 1

VARIABLES MEDIDAS	RELACIÓN	INDICADORES DE PRIMER NIVEL
Tiempo requerido para la AE	El tiempo real para realizar la AE está dado por el cociente entre el tiempo requerido y el tiempo estimado	Tiempo real para realizar la AE
Tiempo estimado para la AE		Etiqueta: ID1_TRAE_E
		Unidad: 0% - 100%
Fórmula de cálculo	$ID1_TRAE_E = \frac{TE_1}{TR_1} * 50\%$ <p>Consideraciones: Si $TE_1 = TR_1$, entonces <i>Plazo entrega información</i> = 50% Si $TE_1 > TR_1$, entonces <i>Plazo entrega información</i> está entre [50% - 100%] y cuando $TE_1 \geq 2(TR_1)$, entonces <i>Plazo entrega información</i> = 100%. Si $TE_1 < TR_1$, entonces <i>Plazo entrega información</i> está entre [0% - 50%]</p> <p>Ver Anexo A. Descripción de los indicadores.</p>	
Porcentaje de información faltante	Relaciona el porcentaje de información que falta, está incompleta y desactualizada.	Porcentaje de insumos necesarios faltantes
Porcentaje de información desactualizada		Etiqueta: ID1_PINF_C
Porcentaje de información incompleta		Unidad: 0% - 100%

Variables medidas	Relación	Indicadores de primer nivel
Fórmula de cálculo	$ID1_PINF_C = \frac{(PIF_1 + PID_1 + PII_1)}{3}$	
<i>Plazo entrega información</i>	El incumplimiento de los plazos de entrega de la información por parte de la organización y el perfil inadecuado del delegado para el desarrollo de la AE permiten evidenciar la falta de compromiso de la organización con el desarrollo de la AE.	<i>Falta de compromiso por parte de la organización</i>
<i>Tiempo de entrega información</i>		Etiqueta: ID1_FCO_E
<i>Perfil del delegado de la organización</i>		Unidad: 0% - 100%
Fórmula de cálculo	$ID1_FCO_E = \frac{10\% * \left(\frac{TEI_1}{PEI_1}\right) + PDO_1}{2}$	
	Consideraciones: - Si $TEI_1 \leq PEI_1$, el factor $10\% * \left(\frac{TEI_1}{PEI_1}\right) \rightarrow 0\%$ - Si $TEI_1 > PEI_1$, el factor $10\% * \left(\frac{TEI_1}{PEI_1}\right) > 10\%$ Ver Anexo A. Descripción de los indicadores.	
<i>Características de las instalaciones</i>	Se considerará que las instalaciones tienen una mayor complejidad para realizar una AE dependiendo de la existencia de equipos que dificultan la AE y de las características de las instalaciones	<i>Complejidad de las instalaciones</i>
<i>Equipos existentes que dificultan la AE</i>		Etiqueta: ID1_CI_E
		Unidad: 0% - 100%
Fórmula de cálculo	$ID1_CI_E = \frac{(CI_1 + EDAE_1)}{2}$	

Se denominarán “Indicadores de segundo nivel” a los indicadores que resultan de la relación entre algunas variables medidas y los indicadores de primer nivel (ver Tabla 10).

Tabla 10. Definición de indicadores de segundo nivel para la Etapa 1

Variables y/o indicador medido	Relación	Indicadores de segundo nivel
<i>Requerimientos del cliente</i>	La complejidad del servicio energético requerido por la	<i>Complejidad del servicio energético requerido</i>

Variables y/o indicador medido	Relación	Indicadores de segundo nivel
<i>Porcentaje de sedes a auditar</i>	organización depende de los requerimientos del cliente, del porcentaje de la organización a auditar y del plazo de tiempo real para su finalización.	Etiqueta: ID1_CSER_E
<i>Tiempo real para realizar la AE</i>		Unidad: 0% - 100%
Fórmula de cálculo	$ID1_CSER_E = \frac{(RC_1 + PSA_1 + ID1_TRAE)}{3}$	
<i>Tipo de organización</i>	Dependiendo del tipo de organización y los insumos necesarios faltantes, se verá afectado el desarrollo de la AE en mayor o menor grado.	<i>Porcentaje de información secundaria faltante</i>
<i>Porcentaje de insumos necesarios faltantes</i>		Etiqueta: ID_PISF_C
Fórmula de cálculo	$ID_PISF_C = \frac{(TO_1 + ID1_PINF_C)}{2}$	

Se denominarán “Indicadores de tercer nivel” o IDs principales de cada Etapa, a los indicadores que resultan de la relación entre los indicadores de primer y segundo nivel (ver Tabla 11).

Tabla 11. Definición de indicadores de tercer nivel para la Etapa 1

Variables medidas	Relación	Indicadores de tercer nivel
<i>Complejidad del servicio energético requerido</i>	El nivel de complejidad de la AE dependerá de la complejidad del servicio energético requerido, de la complejidad de las instalaciones, de la información faltante y de qué tan comprometida está la organización en el desarrollo de la AE.	<i>Nivel de complejidad de la AE</i>
<i>Complejidad de las instalaciones</i>		Etiqueta: ID1_NCAE_E
<i>Porcentaje de información secundaria faltante</i>		Unidad: 0% - 100%
<i>Falta de compromiso por parte de la organización</i>		
Fórmula de cálculo	$ID1_NCAE_E = \frac{(ID1_CSER_E + ID1_CI_E + ID1_PISF_C + ID1_FCO_E)}{4}$	

4.3.1.3. Paso 5. Definición de la regla de interpretación de los IDs

En los pasos anteriores definieron ocho indicadores, cinco de primer nivel, dos de segundo nivel y uno de tercer nivel. La Tabla 12 resume los indicadores propuestos con la etiqueta y fórmula de cálculo correspondiente.

Tabla 12. Resumen de los IDs de la Etapa 1

Nombre	Etiqueta	Fórmula de cálculo
Indicadores de primer nivel		
Tiempo real para realizar la AE	ID1_TRAE_E	$ID1_TRAE_E = \frac{TE_1}{TR_1} * 50\%$ Nota: Revisar condiciones de cálculo Tabla 9
Porcentaje de insumos necesarios faltantes	ID1_PINF_C	$ID1_PINF_C = \frac{(PIF_1 + PID_1 + PII_1)}{3}$
Falta de compromiso por parte de la organización	ID1_FCO_E	$ID1_FCO_E = \frac{10\% * \left(\frac{TEI_1}{PEI_1}\right) + PDO_1}{2}$ Nota: Revisar condiciones de cálculo Tabla 9
Complejidad de las instalaciones	ID1_CI_E	$ID1_CI_E = \frac{(CI_1 + EDAE_1)}{2}$
Indicadores de segundo nivel		
Complejidad del servicio energético requerido	ID1_CSER_E	$ID1_CSER_E = \frac{(RC_1 + PSA_1 + ID1_TRAE_E)}{3}$
Porcentaje de información secundaria faltante	ID1_PISF_C	$ID_PISF_C = \frac{(TO_1 + ID1_PINF_C)}{2}$
Indicadores de tercer nivel		
Nivel de complejidad de la AE	ID1_NCAE_E	$ID1_NCAE_E = \frac{(ID1_CSER_E + ID1_CI_E + ID1_PISF_C + ID1_FCO_E)}{4}$

Los indicadores propuestos están enfocados a determinar qué tanto afectan determinadas variables el desarrollo de la AE, para finalmente establecer el grado de complejidad de la AE que requiere la organización, y de esta manera la ESE puede determinar si es factible continuar con la prestación del servicio, si se requiere de una modificación o si definitivamente se cancela.

De esta manera y teniendo en cuenta que los indicadores están expresados en porcentajes, su interpretación se presenta en el Anexo A. Descripción de los indicadores.

De esta manera, con el cálculo del indicador principal “*Nivel de complejidad de la AE*” se da por cumplido el objetivo de medición de la Etapa 1, que consiste en determinar qué tan complejo sería desarrollar la AE en la organización. Adicionalmente, la ESE puede establecer el tiempo necesario para la AE, los insumos (equipos de medida, instrumentos adicionales) y personal necesarios para llevar a cabo la segunda etapa de la AE. Basado en lo anterior y dependiendo del valor obtenido en el indicador, la ESE puede decidir si continúa con la AE, realiza una modificación o cancela el servicio. La decisión tomada por la ESE debe ir acompañada de un informe con los resultados obtenidos en esta primera etapa. Finalmente, el Paso 6 se realizará al finalizar la definición de los indicadores de las tres etapas, donde se presentará el banco de indicadores compuesto por los IDs de cada etapa.

4.3.2. Definición de indicadores para la Etapa 2

Está claro que esta etapa es quizá la más importante de la AE, si tenemos en cuenta que es aquí donde se realiza el levantamiento de toda la información técnica que está directamente relacionada con el consumo energético de la organización. Por lo que las variables a medir en esta etapa van desde: 1) Potencia, voltaje y corriente de los equipos consumidores de energía, 2) Horas de uso al día y mes, 3) Hábitos de consumo energético, 4) Lúmenes (si se utiliza un luxómetro) y todas las demás variables relacionadas con calidad de energía que puede entregar un equipo de medida como el analizador de red. Sin embargo, en este caso particular donde se requiere que la ESE pueda evaluar la factibilidad de la AE, las variables a medir en esta etapa estarán directamente relacionadas con la cantidad de la información más no con el tipo de información recolectada.

De esta manera, se define como objetivo de medición de la Etapa 2, determinar si la información recolectada es suficiente para poder determinar el desempeño energético inicial de la organización y proceder al análisis de la misma para identificar el potencial de ahorro y establecer las medidas de EE.

Teniendo en cuenta lo anterior, a continuación se definen los indicadores para la Etapa 2.

4.3.2.1. *Pasos 1 y 2. Identificación de las actividades y sub-actividades críticas y definición de las variables a medir en la Etapa 2*

Teniendo en cuenta el objetivo de la Etapa 2 y los requerimientos de cada una de sus actividades, se identifican cuáles de estas y sus respectivas sub-actividades se consideran críticas, así como las variables a medir en cada una de ellas (ver Tabla 13).

Tabla 13. Actividades y sub-actividades críticas y variables a medir en la Etapa 2

Actividad/sub-actividad crítica	Justificación	Variable a medir
A1. Instalación de equipos de medida adicionales	Como resultado del análisis de la información recolectada en la Etapa 1, se determina si es necesario instalar equipos de medida adicionales. De ser así, ese procedimiento debe realizarse al inicio de la Etapa 2 con el fin de recopilar la mayor información posible.	Por ahora no aplica
<i>SA1. Instalación de medidor con perfil de carga</i>	El periodo de tiempo en el que va a estar instalado el medidor de perfil de carga es fundamental para poder realizar un correcto análisis de la información obtenida. (Esta sub-actividad se tiene en cuenta siempre y cuando exista la necesidad de instalar el medidor con perfil de carga).	<p>- <i>Periodo de instalación medidor con perfil de carga</i></p> <p>Menor a 24 horas 24 horas De 24 horas a 2 días De 2 días a 1 semana De 1 semana a 2 semanas De 2 semanas a 1 mes De 1 mes a 3 meses De 3 meses a 6 meses De 6 meses a 1 año</p>
<i>SA2. Instalación de analizador de red</i>	El periodo de tiempo en el que va a estar instalado el analizador de red es fundamental para poder realizar un correcto análisis de la información obtenida. (Esta sub-actividad se tiene en cuenta siempre y cuando exista la necesidad de instalar el analizador de red)	<p>- <i>Periodo de instalación analizador de red</i></p> <p>Menor a 24 horas 24 horas De 24 horas a 2 días De 2 días a 1 semana De 1 semana a 2 semanas De 2 semanas a 1 mes De 1 mes a 3 meses De 3 meses a 6 meses De 6 meses a 1 año</p>
<i>SA3. Instalación de medidores internos</i>	El periodo de tiempo en el que van a estar instalados los medidores internos es fundamental para poder realizar un correcto análisis de la información obtenida. (Esta sub-	<p>- <i>Periodo de instalación medidores internos</i></p> <p>Menor a 24 horas 24 horas De 24 horas a 2 días De 2 días a 1 semana</p>

Actividad/sub-actividad crítica	Justificación	Variable a medir
	actividad se tiene en cuenta siempre y cuando exista la necesidad de instalar medidores internos)	De 1 semana a 2 semanas De 2 semanas a 1 mes De 1 mes a 3 meses De 3 meses a 6 meses De 6 meses a 1 año
A2. Evaluación de aspectos energéticos, pasados, presentes y estimación de consumos energéticos	La variación del consumo energético de la organización durante los últimos años influye en la estimación de los potenciales ahorros obtenidos al implementar medidas de EE.	Por ahora no aplica
<i>SA1. Organización de la información (Facturas, registros de consumos).</i>	Entre más se tenga información de los consumos históricos de la organización, se puede establecer con mayor confiabilidad el comportamiento Energético de la misma.	- <i>Periodo consumos históricos</i> Menor a 1 mes De 1 mes a 3 meses De 3 meses a 6 meses De 6 meses a 1 año De 1 año a 2 años De 2 años a 3 años De más de 3 años
A3. Levantamiento de la información (evaluación energética inicial)	La cantidad de información recolectada en esta actividad es clave para los posteriores cálculos energéticos.	Por ahora no aplica
<i>SA1. Censo de carga eléctrico</i>	Es necesario que el censo de carga se complete en su totalidad, sin embargo muchas veces no es posible por diferentes razones. Por lo tanto es necesario conocer si se realizó el censo de carga en su totalidad.	- <i>Porcentaje de realización del censo de carga</i>
<i>SA3. Encuesta de hábitos de consumo energético</i>	Claramente en muchas ocasiones no será posible encuestar a la totalidad del personal, sin embargo es necesario que se encueste la mayor cantidad de personal posible para tener una visión global y establecer	- <i>Porcentaje de personas encuestadas</i>

Actividad/sub-actividad crítica	Justificación	Variable a medir
	realmente qué tanto influyen los hábitos del personal en el consumo de energía de la organización.	
A4. Evaluación del estado de las instalaciones eléctricas	La revisión total de las instalaciones eléctricas disminuye el porcentaje de error de los resultados obtenidos permitiendo que se evidencie qué tanto influye el estado de las instalaciones eléctricas en el consumo de energía de la organización.	Por ahora no aplica
SA2. <i>Revisión tomacorrientes e interruptores</i>	Es necesario que se revise la totalidad de los tomacorrientes e interruptores, sin embargo muchas veces no es posible por diferentes razones. Por lo tanto es necesario conocer el porcentaje de estas instalaciones que fueron revisadas.	- <i>Porcentaje de tomacorrientes e interruptores revisados</i>
SA3. <i>Revisión cableado de distribución</i>	Es necesario que se revise la totalidad del cableado de distribución, sin embargo muchas veces no es posible por diferentes razones. Por lo tanto es necesario conocer el porcentaje del cableado que fue revisado.	- <i>Porcentaje de cableado de distribución revisado</i>
SA4. <i>Revisión equipamiento adicional</i>	Esta sub-actividad se tiene en cuenta siempre y cuando exista equipamiento adicional como un banco de capacitores, calderas u otros.	- <i>Porcentaje equipamiento adicional revisado</i>

Teniendo en cuenta las actividades y sub-actividades que se considera críticas en la Etapa 2, se propone que durante el desarrollo de esta etapa es necesario medir 9 variables relacionadas con la cantidad de información recolectada. A las variables referentes a periodos de tiempo, se les ha asignado unidades de horas, días, semanas y meses, ya que el proceso de AE no supera un periodo de un año y la instalación de los equipos de medida se realiza en el

transcurso de la AE. De esta forma se podrá determinar la cantidad de información obtenida para establecer el desempeño energético inicial de la organización. Teniendo en cuenta lo anterior, la Tabla 14 resume las variables medibles de la Etapa 2, la etiqueta con la que se van a identificar y las unidades de medida.

Tabla 14. Variables a medir en la Etapa 2. Etiquetas y unidades

#	Variable a medir	Etiqueta	Unidades
1	<i>Periodo de instalación medidor con perfil de carga</i>	<i>PIPC_2</i>	horas, días, semanas, meses
2	<i>Periodo de instalación analizador de red</i>	<i>PIAR_2</i>	horas, días, semanas, meses
3	<i>Periodo de instalación medidores internos</i>	<i>PIMI_2</i>	horas, días, semanas, meses
4	<i>Periodo consumos históricos</i>	<i>PCH_2</i>	Meses, años
5	<i>Porcentaje de realización del censo de carga</i>	<i>PRCC_2</i>	0%-100%
6	<i>Porcentaje de personas encuestadas</i>	<i>PPE_2</i>	0%-100%
7	<i>Porcentaje de tomacorrientes e interruptores revisados</i>	<i>PTIR_2</i>	0%-100%
8	<i>Porcentaje cableado de distribución revisado por áreas</i>	<i>PCDR_2</i>	0%-100%
9	<i>Porcentaje equipamiento adicional revisado</i>	<i>PEAR_2</i>	0%-100%

Una vez definidas las actividades y sub-actividades críticas, las variables las medir y sus unidades, se procede a establecer las relaciones entre las mismas que permitan definir los indicadores.

4.3.2.2. *Pasos 3 y 4. Relaciones entre las variables medidas para determinar los indicadores y definición del nombre del indicador y su fórmula de cálculo.*

Los indicadores de primer nivel definidos para la Etapa 2 se describen en la Tabla 15.

Tabla 15. Definición de indicadores de primer nivel para la Etapa 2

Variables medidas	Relación	Indicadores de primer nivel
<i>Periodo de instalación medidor con perfil de carga</i>	Entre más tiempo estén conectados los equipos, mayor será el beneficio para los resultados de la AE.	<i>Porcentaje de información obtenida a partir de medición real</i>
<i>Periodo de instalación analizador de red</i>		Etiqueta: ID2_PIMR_C

VARIABLES MEDIDAS	RELACIÓN	INDICADORES DE PRIMER NIVEL
<i>Periodo de instalación medidores internos</i>		Unidad: 0% - 100%
Fórmula de cálculo	$ID2_PIMR_C = \frac{(PIPC_2 + PIAR_2 + PIMI_2)}{3}$ <p>Se propone una equivalencia entre el periodo de tiempo y un porcentaje de favorabilidad:</p> <p>Menor a 24 horas (0%) 24 horas (5%) De 24 horas a 2 días (10%) De 2 días a 1 semana (20%) De 1 semana a 2 semanas (30%) De 2 semanas a 1 mes (40%) De 1 mes a 3 meses (60%) De 3 meses a 6 meses (80%) De 6 meses a 1 año (100%)</p>	
<i>Porcentaje de tomacorrientes e interruptores revisados</i>	El promedio de las medidas permite determinar el porcentaje de instalaciones eléctricas que fueron revisadas.	<i>Porcentaje de instalaciones eléctricas evaluadas</i>
<i>Porcentaje cableado de distribución revisado por áreas</i>		Etiqueta: ID2_PIEE_C
<i>Porcentaje equipamiento adicional revisado</i>		Unidad: 0% - 100%
Fórmula de cálculo	$ID2_PIEE_C = \frac{(PTIR_2 + PCDR_2 + PEAR_2)}{3}$	

El indicador *Variabilidad del consumo mensual* se tendrá en cuenta para la identificación del potencial de ahorro de la Etapa 3.

Para la Etapa 2 no se consideraron indicadores de segundo nivel. En la Tabla 16 se define un indicador de tercer nivel o ID principal de la Etapa 2.

Tabla 16. Definición de indicadores de segundo nivel para la Etapa 1

VARIABLES MEDIDAS	RELACIÓN	INDICADORES DE TERCER NIVEL
<i>Porcentaje de información obtenida a partir de medición real</i>	El promedio de los indicadores permitirá conocer el porcentaje de la información que se logró	<i>Porcentaje de información recolectada</i>

Variables medidas	Relación	Indicadores de tercer nivel
<i>Porcentaje de realización del censo de carga</i>	recolectar durante esta etapa. Si la información es insuficiente, implicará un margen de error considerable en el cálculo del desempeño energético así como en la estimación de los ahorros obtenidos de las medidas de EE.	
<i>Porcentaje de personas encuestadas</i>		Etiqueta: ID2_PIR_C
<i>Porcentaje de instalaciones eléctricas evaluadas</i>		Unidad: 0% - 100%
Fórmula de cálculo	$ID2_PIR_C = \frac{(ID2_PIMR_C + PRCC_2 + PPE_2 + ID2_PIEE_C)}{4}$	

4.3.2.3. Paso 5. Definición de la regla de interpretación de los IDs

En los pasos anteriores definieron cinco indicadores, cuatro de primer nivel y uno de tercer nivel. La Tabla 17 resume los indicadores propuestos con la etiqueta y fórmula de cálculo correspondiente.

Tabla 17. Resumen de los IDs de la Etapa 2

Nombre	Etiqueta	Fórmula de cálculo
Indicadores de primer nivel		
<i>Porcentaje de información obtenida a partir de medición real</i>	ID2_PIMR_C	$ID2_PIMR_C = \frac{(PIPC_2 + PIAR_2 + PIMI_2)}{3}$
<i>Porcentaje de instalaciones eléctricas evaluadas</i>	ID2_PIEE_C	$ID2_PIEE_C = \frac{(PTIR_2 + PCDR_2 + PEAR_2)}{3}$
Indicador de segundo nivel		
<i>Porcentaje de información recolectada</i>	ID2_PIR_C	$ID2_PIR_C = \frac{(ID2_PIMR_C + PRCC_2 + PPE_2 + ID2_PIEE_C)}{4}$

Los indicadores propuestos están enfocados a determinar si la información recolectada es suficiente para calcular el desempeño energético de la organización, es decir, si esta información representa el total o gran parte de la organización. Ver Anexo A. Descripción de los indicadores

De esta manera, con el cálculo del indicador principal “*Porcentaje de información recolectada*” se da por cumplido el objetivo de medición de la Etapa 2, que consiste en determinar si la información recolectada es suficiente para calcular el desempeño energético de la organización. Si el porcentaje de información es bajo, la ESE puede decidir si realiza acciones correctivas, es decir, vuelve a tomar las mediciones o si continúa con la siguiente etapa. Si este indicador es muy bajo, la ESE puede tomar la decisión de cancelar el servicio e informar a la organización que la falta de información impide el correcto cálculo del desempeño energético y por ende al analizar las medidas de ahorro no será posible estimar los ahorros energéticos de manera confiable. Finalmente, el Paso 6 se realizará al finalizar la definición de los indicadores de las tres etapas, donde se presentará el banco de indicadores compuesto por los IDs de cada etapa.

4.3.3. Definición de indicadores para la Etapa 3

Toda la información recolectada en la etapa anterior (potencias, voltajes y corrientes de los equipos consumidores de energía, horas de uso al día y mes, hábitos de consumo energético, y todas las demás variables relacionadas de calidad de la energía) son analizadas en esta tercera etapa y serán la base para determinar el desempeño de la organización, identificar los potenciales de ahorro y definir las medidas de EE que mejor se ajusten a la organización. En esta ocasión el objetivo de medición de esta etapa es determinar la viabilidad económica de las medidas de EE para saber si se continúa con la fase de diseño y posteriormente con la fase de implementación.

A continuación se definen los indicadores para la Etapa 3.

4.3.3.1. *Pasos 1 y 2. Identificación de las actividades y sub-actividades críticas y definición de las variables a medir en la Etapa 3*

Teniendo en cuenta el objetivo de la Etapa 3 y los requerimientos de cada una de sus actividades, se identifican cuáles de estas y sus respectivas sub-actividades se consideran críticas, así como las variables a medir en cada una de ellas (ver Tabla 18).

Tabla 18. Actividades y sub-actividades críticas y variables a medir en la Etapa 3

Actividad/sub-actividad crítica	Justificación	Variable a medir
A1. Análisis de la información	Procesar correctamente la información recolectada en las dos primeras etapas es clave para el cálculo del consumo energético actual y de los factores de ahorro de cada medida de EE.	Por ahora no aplica

Actividad/sub-actividad crítica	Justificación	Variable a medir
<i>SA1. Procesamiento de la información de los consumos históricos</i>	Conocer el comportamiento del consumo energético durante los últimos años, identificar los meses de mayor consumo y determinar cuáles fueron los factores que incidieron en el aumento del consumo.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Consumo energético anual</i> - <i>Consumo promedio mensual</i>
<i>SA2. Procesamiento de la información del censo de carga y comparación con los registros históricos</i>	A partir de la información recolectada en el censo de carga se estima el consumo total mensual de la organización, este valor no debe estar alejado del consumo real brindado por las facturas mensuales. Si el margen de error supera el 10%, quiere decir que el censo de carga estuvo mal realizado o no se hizo completo.	- <i>Consumo energético total estimado</i>
A4. Análisis de medidas de EE y elaboración de propuestas	A partir de los potenciales de ahorro, se identifican posibles medidas de EE que pueden ser de corto, mediano y largo plazo, de baja o nula inversión, o de inversión considerable. Algunas pueden verse los beneficios de ahorro inmediatamente, otras son a mediano o largo plazo.	Por ahora no aplica
SA2. Cálculo del ahorro obtenido con la implementación de las medidas de EE	Es clave determinar el factor de ahorro energético para determinar el ahorro económico total, con el fin de analizar la relación entre la inversión necesaria para implementar la medida de EE y los beneficios obtenidos. Determinando el tiempo necesario para recuperar las inversiones.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Factor de ahorro energético mensual</i> - <i>Factor de ahorro energético anual</i> - <i>Ahorro económico mensual</i> - <i>Ahorro económico anual</i> <p>Nota: se debe calcular por cada medida de ahorro propuesta</p>

Actividad/sub-actividad crítica	Justificación	Variable a medir
SA3. Análisis del costo-beneficio de cada una de las medidas de EE planteadas	Es clave establecer los tiempos en que recupera la inversión tanto el cliente como la ESE. Puede que el periodo de recuperación de la inversión sea llamativo para el cliente pero no sea rentable para la ESE, por lo que debe existir un equilibrio entre el análisis de inversión de ambas partes.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Inversión inicial</i> - <i>Tasa de interés</i> (lo establece la ESE) - <i>Flujo de caja neto mes</i> - <i>Flujo de caja neto año</i> - <i>Periodo de tiempo financiación</i>

Teniendo en cuenta las actividades y sub-actividades que se considera críticas en la Etapa 3, se propone que durante el desarrollo de esta etapa es necesario medir 12 variables. De esta forma se podrá obtener determinar la cantidad de información con la que se cuenta para establecer el desempeño energético inicial de la organización.

Teniendo en cuenta lo anterior, la Tabla 19 resume las variables medibles de la Etapa 3, la etiqueta con la que se van a identificar y las unidades de medida.

Tabla 19. Variables a medir en la Etapa 3. Etiquetas y unidades

#	Variable a medir	Etiqueta	Unidades
1	<i>Consumo promedio mensual</i>	<i>CEM_3</i>	kWh
2	<i>Consumo energético anual</i>	<i>CEA_3</i>	kWh
3	<i>Consumo energético total estimado</i>	<i>CETE_3</i>	kWh
4	<i>Factor de ahorro energético mensual</i>	<i>FAEM_3</i>	0% - 100%
5	<i>Factor de ahorro energético anual</i>	<i>FAEA_3</i>	0% - 100%
6	<i>Ahorro económico mensual</i>	<i>AEM_3</i>	kWh
7	<i>Ahorro económico anual</i>	<i>AEA_3</i>	kWh
8	<i>Inversión inicial</i>	<i>INVI_3</i>	Pesos
9	<i>Tasa de interés</i>	<i>TI_3</i>	0% - 100%
10	<i>Flujo de caja neto mes</i>	<i>FCNM_3</i>	Pesos
11	<i>Flujo de caja neto año</i>	<i>FCNA_3</i>	Pesos
12	<i>Periodo de tiempo financiación</i>	<i>PTF_3</i>	Meses, años

Una vez definidas las actividades y sub-actividades críticas, las variables las medir y sus unidades, se procede a establecer las relaciones entre las mismas que permitan definir los indicadores.

4.3.3.2. Pasos 3 y 4. Relaciones entre las variables medidas para determinar los indicadores y definición del nombre del indicador y su fórmula de cálculo.

Como el interés de la ESE es identificar la viabilidad de las inversiones económicas en las medidas de EE, en esta etapa se calculan indicadores financieros tales como VAN y TIR [71] (ver Tabla 20), que permitirán orientar las decisiones de continuar con el proyecto, es decir, realizar las inversiones o no.

Tabla 20. Definición de indicadores financieros para la Etapa 3

Variables medidas	Relación	Indicadores de primer nivel
<i>Inversión inicial</i>	Permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros. Mide los flujos de los ingresos y egresos futuros que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, queda una ganancia.	<i>Valor actual neto</i>
<i>Flujo de caja neto año</i>		Etiqueta: VAN
<i>Tasa de interés</i>		Unidad: pesos
<i>Periodo de tiempo financiación</i>		
Fórmula de cálculo	$VAN = -INVI_3 + \sum_{n=1}^{PTF_3} \frac{FCNA_3}{(1+TI_3)^n}$ <p>Donde $\frac{FCNA_3}{(1+TI_3)^n}$ es el valor presente del flujo de caja neto del año n.</p>	
<i>Inversión inicial</i>	La TIR es aquella tasa de interés que hace que la VAN = 0. Es una herramienta de toma de decisiones de inversión utilizada para comparar la factibilidad de diferentes opciones de inversión. La opción de inversión con la TIR más alta es la preferida.	<i>Tasa interna de retorno</i>
<i>Flujo de caja neto año</i>		Etiqueta: TIR
<i>Periodo de tiempo financiación</i>		Unidad: 0% - 100%
Fórmula de cálculo	$0 = -INVI_3 + \sum_{n=1}^{PTF_3} \frac{FCNA_3}{(1+TIR)^n}$ <p>Donde $\frac{FCNA_3}{(1+TIR)^n}$ es el valor presente del flujo de caja neto del año n. Ver las consideraciones planteadas en el Anexo A. Descripción de los indicadores, para el cálculo de la TIR.</p>	

De esta manera, con el cálculo de la VAN para cada una de las medidas de EE se establece en cuál(es) de ellas es viable invertir. Posteriormente con el cálculo de la TIR se establece dentro de las medidas de EE viables, cuál tiene mayor rentabilidad para la ESE.

4.3.3.3. Paso 5. Definición de la regla de interpretación de los IDs

En los pasos anteriores identificaron dos indicadores financieros de primer nivel. La Tabla 21 resume los indicadores propuestos con la etiqueta y fórmula de cálculo correspondiente.

Tabla 21. Resumen de los IDs de la Etapa 3

Nombre	Etiqueta	Fórmula de cálculo
Indicadores de primer nivel		
<i>Valor actual neto</i>	VAN	$VAN = -INVI_{-3} + \sum_{n=1}^{PTRI_{-3}} \frac{FCNA_{-3}}{(1+TI_{-3})^n}$
<i>Tasa interna de retorno</i>	TIR	$0 = -INVI_{-3} + \sum_{n=1}^{PTRI_{-3}} \frac{FCNA_{-3}}{(1+TIR)^n}$

La descripción e interpretación de los indicadores de la Etapa 3 se encuentra detallada en el Anexo A. Descripción de los indicadores.

De esta manera, con el cálculo de la VAN y la TIR, la ESE puede elegir la medida de EE que no solo se ajuste a las necesidades de la organización sino que represente una mayor rentabilidad para la ESE. Si no existen medidas de ahorro viables económicamente o no representan una rentabilidad considerable para la ESE, ésta puede tomar la decisión de no continuar con el proyecto de EE. Es decir, una vez finalizada la AE se presenta al cliente un informe con los resultados obtenidos donde se consigne el estado energético actual de la organización, los potenciales de ahorro y las medidas de EE identificadas. Adicionalmente, se informe la decisión de no continuar con la siguiente fase del proyecto que implica un diseño técnico y económico más detallado, ya que ninguna de las medidas de EE estudiadas es rentable para la ESE.

4.3.2. Banco de indicadores para la Fase de AE

Finalmente se tiene un banco de indicadores recopila todos los indicadores planteados para el fase de AE, los cuales al ser medidos durante el desarrollo de la AE le permitirán a la ESE contar con herramientas para la toma de decisiones (ver Tabla 22).

Tabla 22. Banco de indicadores para la Fase de Auditoría Energética

ETAPA 1. ANÁLISIS GENERAL DE LA ORGANIZACIÓN		
Variables a medir	Etiqueta	Unidades
<i>Requerimientos del cliente</i>	<i>RC_1</i>	0%-100%
<i>Porcentaje de sedes a auditar</i>	<i>PSA_1</i>	0%-100%

<i>Tiempo requerido para la AE</i>	<i>TR_1</i>	días, semanas, meses
<i>Tiempo estimado para la AE</i>	<i>TE_1</i>	días, semanas, meses
<i>Plazo entrega información</i>	<i>PEI_1</i>	días, semanas, meses
<i>Perfil del delegado de la organización</i>	<i>PDO_1</i>	0%-100%
<i>Tipo de organización</i>	<i>TO_1</i>	0%-100%
<i>Porcentaje de información faltante</i>	<i>PIF_1</i>	0%-100%
<i>Porcentaje de información desactualizada</i>	<i>PID_1</i>	0%-100%
<i>Porcentaje de información incompleta</i>	<i>PII_1</i>	0%-100%
<i>Tiempo de entrega información</i>	<i>TEI_1</i>	días, semanas, meses
<i>Características de las instalaciones</i>	<i>CI_1</i>	0%-100%
<i>Equipos existentes que dificultan la AE</i>	<i>EDAE_1</i>	0%-100%
INDICADORES		
Nombre	Etiqueta	Fórmula de cálculo
Indicadores de primer nivel		
<i>Tiempo real para realizar la AE</i>	ID1_TRAE_E	$ID1_TRAE_E = \frac{TE_1}{TR_1} * 50\%$ Nota: Revisar condiciones de cálculo Tabla 9
<i>Porcentaje de insumos necesarios faltantes</i>	ID1_PINF_C	$ID1_PINF_C = \frac{(PIF_1 + PID_1 + PII_1)}{3}$
<i>Falta de compromiso por parte de la organización</i>	ID1_FCO_E	$ID1_FCO_E = \frac{10\% * \left(\frac{TEI_1}{PEI_1}\right) + PDO_1}{2}$ Nota: Revisar condiciones de cálculo Tabla 9
<i>Complejidad de las instalaciones</i>	ID1_CI_E	$ID1_CI_E = \frac{(CI_1 + EDAE_1)}{2}$
Indicadores de segundo nivel		
<i>Complejidad del servicio energético requerido</i>	ID1_CSER_E	$ID1_CSER_E = \frac{(RC_1 + PSA_1 + ID1_TRAE_E)}{3}$
<i>Porcentaje de información secundaria faltante</i>	ID1_PISF_C	$ID_PISF_C = \frac{(TO_1 + ID1_PINF_C)}{2}$

Indicadores de tercer nivel		
<i>Nivel de complejidad de la AE</i>	ID1_NCAE_E	$ID1_NCAE_E = \frac{(ID1_CSER_E + ID1_CI_E + ID1_PISF_C + ID1_FCO_E)}{4}$
ETAPA 2. ANÁLISIS DEL USO Y CONSUMO DE ENERGÍA		
VARIABLES A MEDIR	ETIQUETA	UNIDADES
<i>Periodo de instalación medidor con perfil de carga</i>	PIPC_2	horas, días, semanas, meses
<i>Periodo de instalación analizador de red</i>	PIAR_2	horas, días, semanas, meses
<i>Periodo de instalación medidores internos</i>	PIMI_2	horas, días, semanas, meses
<i>Periodo consumos históricos</i>	PCH_2	Meses, años
<i>Porcentaje de realización del censo de carga</i>	PRCC_2	0%-100%
<i>Porcentaje de personas encuestadas</i>	PPE_2	0%-100%
<i>Porcentaje de tomacorrientes e interruptores revisados</i>	PTIR_2	0%-100%
<i>Porcentaje cableado de distribución revisado por áreas</i>	PCDR_2	0%-100%
<i>Porcentaje equipamiento adicional revisado</i>	PEAR_2	0%-100%
INDICADORES		
NOMBRE	ETIQUETA	FÓRMULA DE CÁLCULO
Indicadores de primer nivel		
<i>Porcentaje de información obtenida a partir de medición real</i>	ID2_PIMR_C	$ID2_PIMR_C = \frac{(PIPC_2 + PIAR_2 + PIMI_2)}{3}$
<i>Porcentaje de instalaciones eléctricas evaluadas</i>	ID2_PIEE_C	$ID2_PIEE_C = \frac{(PTIR_2 + PCDR_2 + PEAR_2)}{3}$
Indicadores de segundo nivel		

Porcentaje de información recolectada	ID2_PIR_C	$\frac{ID2_PIR_C}{(ID2_PIMR_C + PRCC_2 + PPE_2 + ID2_PIEE_C)} = \frac{\quad}{4}$
ETAPA 3. IDENTIFICACIÓN DEL POTENCIAL DE AHORRO		
Variables a medir	Etiqueta	Unidades
Consumo promedio mensual	CEM_3	kWh
Consumo energético anual	CEA_3	kWh
Consumo energético total estimado	CETE_3	kWh
Factor de ahorro energético mensual	FAEM_3	0% - 100%
Factor de ahorro energético anual	FAEA_3	0% - 100%
Ahorro económico mensual	AEM_3	kWh
Ahorro económico anual	AEA_3	kWh
Inversión inicial	INVI_3	Pesos
Tasa de interés	TI_3	0% - 100%
Flujo de caja neto mes	FCNM_3	Pesos
Flujo de caja neto año	FCNA_3	Pesos
Periodo de tiempo financiación	PTF_3	Meses, años
INDICADORES		
Nombre	Etiqueta	Fórmula de cálculo
Indicadores de primer nivel		
Valor actual neto	VAN	$VAN = -INVI_3 + \sum_{n=1}^{PTRI_3} \frac{FCNA_3}{(1+TI_3)^n}$
Tasa interna de retorno	TIR	$0 = -INVI_3 + \sum_{n=1}^{PTRI_3} \frac{FCNA_3}{(1+TIR)^n}$

El banco de indicadores es un complemento al procedimiento de AE propuesto en el Capítulo 3. Asiste a la ESE en la toma de decisiones durante y al finalizar cada una de las etapas, permitiendo visualizar la AE como un proceso de Etapa-Compuerta descrito en el Capítulo 2. En la Figura 26 se presenta el esquema del procedimiento de AE teniendo en cuenta los indicadores principales de cada etapa para la toma de decisiones.

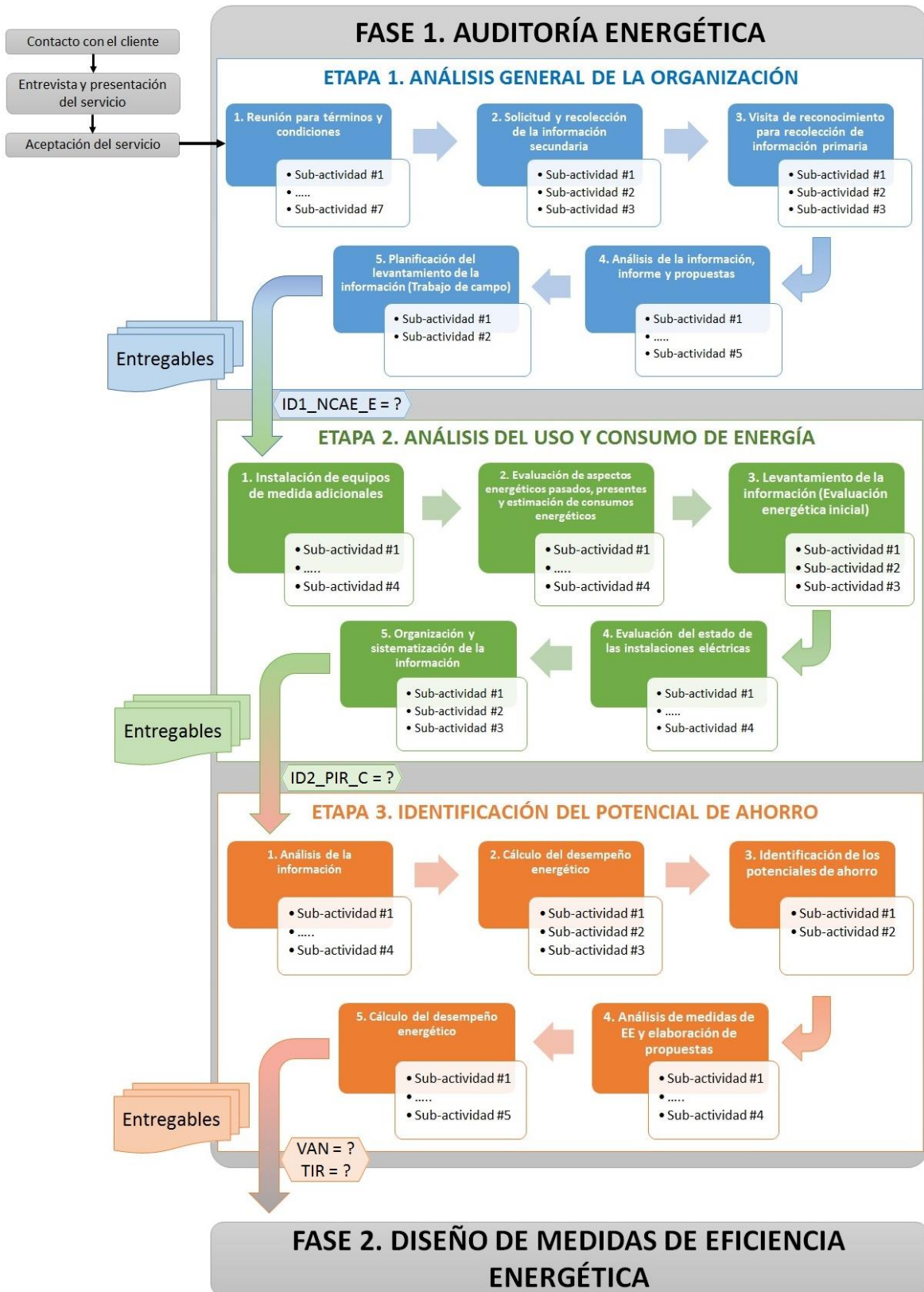


Figura 26. Procedimiento de AE con indicadores
Fuente: Propia

5. APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE AE A UN CASO DE ESTUDIO DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA

Debido a que el procedimiento de AE fue aplicado al caso de estudio por una estudiante de maestría y no por una ESE directamente, no fue posible desarrollar algunas de las sub-actividades propias de la relación Cliente-ESE como lo referente a la definición del contrato y las condiciones de pago. Sin embargo, se desarrollaron las actividades y sub-actividades del procedimiento que mejor se ajustaron al caso de estudio teniendo en cuenta las anteriores consideraciones y los resultados obtenidos durante la evaluación de los indicadores.

5.2. Etapa 1. Análisis general de la organización. Caso de estudio

Para el desarrollo del procedimiento de AE se escogió como caso de estudio a la Universidad del Cauca, cuyo campus principal se encuentra localizado en la ciudad de Popayán, pero cuenta con sedes en Santander de Quilichao y El Bordo. Para efectos del presente trabajo, solo se tendrá en cuenta para hacer los cálculos a la sede principal en Popayán. La Universidad del Cauca es una institución de educación superior, autónoma y del orden nacional. Cuenta con nueve facultades en las cuales se orientan 46 programas de pregrado y 102 programas de posgrado entre especializaciones, maestrías y doctorados.

5.2.1. Actividad 1. Reunión para términos y condiciones

- Sub-actividad 1. Definición de las necesidades y expectativas del cliente.

Se llevó a cabo una reunión con la jefa de la Oficina de Planeación, donde se manifestó la intención de realizar un proyecto de EE en la Universidad del Cauca. Durante la reunión, se planteó la necesidad de desarrollar el proyecto de EE en las instalaciones de las facultades de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones (FIET), Facultad de Ingeniería Civil (FIC) y Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas (FCCEA). La Oficina de Planeación requería que el proyecto finalizara con el diseño de un sistema fotovoltaico (SPV) que alimentara gran parte de las instalaciones. Por lo tanto, la medición de la variable *Requerimientos del cliente* = 70% (Ver Tabla 7, Capítulo 4).

- Sub-actividad 2. Establecimiento de la frontera física de acción.

Como se mencionó anteriormente, el proyecto de EE se planteó para las instalaciones de tres facultades (de 9 en total) las cuales están concentradas en un área de aproximadamente 6 hectáreas (ver Figura 27). Por lo tanto, la medición de la variable *Porcentaje sedes a auditar* = 33%.



Figura 27. Instalaciones de la FIET, FIC y FCCEA de la Universidad del Cauca.

Fuente: Google Maps.

- Sub-actividad 3. Determinación del periodo de tiempo para completar la auditoría energética.

No se estableció un periodo de tiempo mínimo para la realización de la AE. Sin embargo, debido a que la AE aplicada a la Universidad del Cauca es un ejercicio académico, el tiempo requerido para su finalización está sujeto a los tiempos del periodo académico. Por lo tanto, a la variable *Tiempo requerido* se le asignó el mismo valor de la variable *Tiempo estimado*. En este caso, el tiempo estimado para realizar la AE es de tres meses. De tal forma que la medición de la variable $Tiempo\ requerido = Tiempo\ estimado = 3$ meses.

- Sub-actividad 4. Establecimiento de compromisos por parte de la organización para la entrega oportuna de información y recursos necesarios para la AE.

Durante la reunión, los funcionarios de la Oficina de Planeación se comprometieron a entregar la información necesaria en un plazo de 8 días calendario. De tal forma que la medición de la variable $Plazo\ entrega\ información = 8$ días.

- Sub-actividad 5. Delegación del responsable de la AE interno a la organización.

No se delegó a alguien específico para el desarrollo de la AE. De requerirse una solicitud de ingreso a los edificios, esta se debía enviar directamente al administrador de cada edificio. La solicitud de información adicional se debía hacer directamente a la Oficina de Planeación y de necesitarse asesoría de información referente a las instalaciones eléctricas, se debía

hablar directamente con el área de mantenimiento. La falta de una persona delegada para el acompañamiento de la AE aumenta su nivel de complejidad de la misma, por lo tanto la variable *Perfil del delegado de la organización* = 100%,

- Sub-actividad 6. Compromiso de confidencialidad de la información brindada por la organización y de los resultados obtenidos

Quedó estipulado en la reunión, que la información entregada por la Oficina de Planeación se utilizaría única y exclusivamente para fines académicos y para el desarrollo del proyecto de EE.

- Sub-actividad 7. Definición del tipo de contratación de los servicios energéticos y las condiciones de pago.

No se tuvo en cuenta esta actividad por motivos anteriormente dichos.

5.1.2. Actividad 2. Solicitud y recolección de la información secundaria

- Sub-actividad 1. Información sobre las características generales de la organización.

Las facultades de FIET, FIC y FCCEA, hacen parte de la Institución de Educación Superior, Universidad del Cauca. Por lo tanto, la variable *Tipo de organización* estaría entre los porcentajes 55%-70% (Ver Tabla 7, Capítulo 4). Teniendo en cuenta que las facultades de ingeniería tienen laboratorios con instrumentación de tipo industrial, dificultando un poco proceso de AE, se determina que la medición de la variable *Tipo de organización* = 70%.

Adicionalmente, se destacan características individuales de cada facultad:

- La FCCEA va consta de tres edificios de cuatro pisos cada uno, donde se encuentran principalmente, salones de clase, oficinas y auditorios.
- Las facultades FIET Y FIC comparten un edificio principal de varios niveles (entre 3 y 4 pisos) dónde no es posible definir los límites de cada facultad. En este edificio se encuentran principalmente, salones de clase, oficinas, un auditorio y laboratorios con equipamiento industrial. Adicionalmente, el área de ingenierías consta de un edificio de un piso donde funciona el Instituto de Posgrados de ingenierías y un edificio de tres pisos donde funcionan los laboratorios de física y química, que aunque pertenecen a los programas de la Facultad de Educación, están dentro del área de Ingenierías.

La Figura 28 permite observar las instalaciones de las tres facultades, el tipo de edificios y la cercanía entre estos.



Figura 28. Edificios de la FIET, FIC Y FCCEA de la Universidad del Cauca
Fuente: Google Maps

- Sub-actividad 2. Información sobre la gestión energética de la organización.

En la Universidad del Cauca actualmente no se cuenta con un SGE, por lo que aún no se ha planteado ni una política energética ni unos objetivos o metas energéticos. Sin embargo, en el año 2003 se crea el Sistema Integrado de Gestión Ambiental el cual tiene entre otras funciones recomendar las acciones necesarias que contribuyan al mejoramiento continuo del desempeño ambiental en la Universidad del Cauca. Dentro de los aspectos ambientales identificados como significativos se encuentra el uso racional de la energía [72].

- Sub-actividad 3. Insumos necesarios para el desarrollo de la auditoría.

La información que se solicitó a la Oficina de Planeación en la reunión inicial no fue entregada completa ni en el plazo estipulado. En este caso, la medición de la variable *Tiempo de entrega información* = 20 días. Según el listado de insumos solicitados, se obtuvo la siguiente información:

- Facturas de los consumos energéticos históricos (mínimo 2 años atrás): No se cuenta con el registro del consumo mensual de cada una de las tres facultades ya que ninguna cuenta con un medidor individual. De hecho, las instalaciones de estas tres facultades comparte un único medidor de energía junto con las instalaciones de la Facultad de ciencias Naturales, Exactas y de la Educación, de la Facultad de Ciencias de la Salud y el centro deportivo Tulcán. Por lo que las facturas y los registros de consumo existentes corresponden a todo este sector conocido como Campus Universitario de Tulcán cuyo consumo energético total es en promedio de 124.578 kWh y es cancelado a la Empresa Municipal de Energía Eléctrica S.A. E.S.P. (EMEESA) (ver Figura 29).

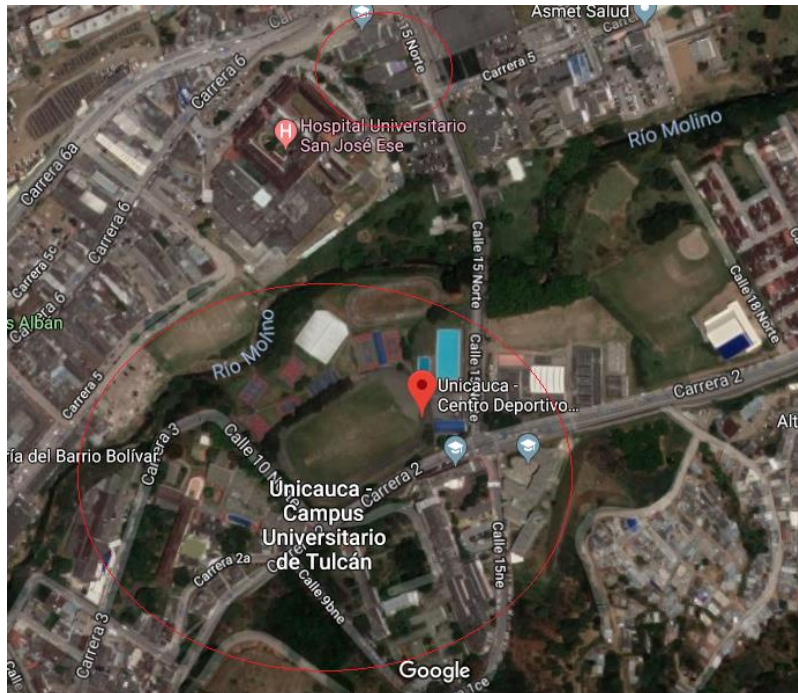


Figura 29. Campus Tulcán de la Universidad del Cauca
Fuente: Google Maps

- Planos eléctricos: De las tres facultades solo se tienen actualizados los planos eléctricos de la FCCEA ya que estas instalaciones son relativamente nuevas. Mientras que las instalaciones de la FIET y la FIC han sufrido innumerables modificaciones lo que ha impedido obtener planos actualizados.
- Documentación gráfica y escrita sobre los sistemas constructivos así como de las instalaciones del edificio (memorias, planos, mediciones y presupuestos de los proyectos de obra y de instalaciones): No se obtuvo información alguna sobre estos aspectos. Escasamente los planos arquitectónicos de la FCCEA.
- Contratos energéticos: se obtuvo información sobre el OR con el cual la Universidad del Cauca tiene contrato energético para el Campus de Tulcán. La Universidad del Cauca tiene un contrato como usuario regulado y no regulado con la Empresa Municipal de Energía Eléctrica S.A E.S.P (EMEESA). Pero fue posible obtener información específica del contrato energético, fecha de vencimiento, etc.
- Planos eléctricos subestación: No se cuenta con planos eléctricos de la Subestación.

Teniendo en cuenta la información anterior, la medición para las variables referentes a la información recolectada son: *Porcentaje de información faltante = 90%*, *Porcentaje de información desactualizada = 70%* y *Porcentaje de información incompleta = 80%*.

5.1.3. Actividad 3. Visita de reconocimiento para recolección de información primaria

- Sub-actividad 1. Recolección de información sobre las características de las instalaciones.

Al realizar la visita de reconocimiento a las instalaciones de las tres facultades, se identificó que sí existen áreas no definidas, como es el caso de la ausencia de una división entre las instalaciones de la FIET y la FIC, no existe ninguna área con acceso restringido, sí existen muchas áreas que requieren de medición adicional empezando por las facultades en sí, y las áreas de los laboratorios. Como se mencionó anteriormente, existe un medidor de energía por más de una edificación, lo que dificulta conocer el comportamiento histórico del consumo energético de cada facultad. Teniendo en cuenta lo anterior, la medición de la variable *Características de las instalaciones* = 75%.

- Sub-actividad 2. Recolección información sobre equipos existentes y medidas de ahorro ya implementadas.

En cuanto a los equipos existentes en las instalaciones de las tres facultades, se consideraron como equipos especiales a los equipos y plantas industriales de los laboratorios de las facultades de ingeniería. Los equipos que tienen más de 10 años de antigüedad ya no están en uso. Se consideró que los equipos de los laboratorios sí requieren medición puntual, preferiblemente de la instalación de medidores para estimar su consumo energético real. El Campus de Tulcán cuenta con un medidor con perfil de carga, sin embargo este no discrimina por edificación y como el proyecto de EE está dirigido solo a tres facultades, la información de este medidor no es útil para nuestra AE. Teniendo en cuenta lo anterior, la medición de la variable *Equipos existentes que dificultan la AE* = 75%.

En cuanto a las medidas de ahorro ya implementadas, las instalaciones de la FIET y la FIC cuentan con un bajo porcentaje de iluminación Led, mientras que la FCCEA su sistema de iluminación es en su mayoría tecnología Led. Ninguna de las instalaciones cuenta con sensores de presencia ni sistemas de autogeneración.

- Sub-actividad 3. Recolección de información sobre las fuentes de energía.

La principal fuente de energía, es la energía eléctrica proveniente de la Red comercial. Existe una subestación y una planta de emergencia para las tres facultades, localizada en las instalaciones de la FIC.

5.1.4. Actividad 4. Análisis de la información, informe y propuestas

Durante las primeras actividades de la Etapa 1, se recolectó información necesaria y simultáneamente se realizó la medición de las siguientes variables:

- a. *Requerimientos del cliente (RC_1)* = 70%

- b. *Porcentaje de sedes a auditar (PSA_1) = 33%*
- c. *Tiempo requerido (TR_1) = Tiempo estimado (TE_1) = 3 meses*
- d. *Plazo entrega información (CEI_1) = 8 días*
- e. *Perfil del delegado de la organización (PDO_1) = 100%*
- f. *Tipo de organización (TO_1) = 70%*
- g. *Tiempo de entrega información (TEI_1) = 20 días*
- h. *Porcentaje de información faltante (PIF_1) = 90%*
- i. *Porcentaje de información desactualizada (PID_1) = 70%*
- j. *Porcentaje de información incompleta (PII_1) = 80%*
- k. *Características de las instalaciones (CI_1) = 75%*
- l. *Equipos existentes que dificultan la AE (EDAE_1) = 75%*

A continuación se procede a realizar el análisis de la información mediante el cálculo de los indicadores de primer, segundo y tercer nivel, planteado en el banco de indicadores del Capítulo 4.

- Sub-actividad 1. Análisis de las condiciones iniciales para desarrollar la auditoría energética

A continuación se calculan los indicadores referentes a esta sub-actividad:

- *Tiempo real para realizar la AE (ID1_TRAE_E)*

$$ID1_TRAE_E = \frac{TE_1}{TR_1} * 50\%$$

$$ID1_TRAE_E = \frac{3 \text{ meses}}{3 \text{ meses}} * 50\% = 50\%$$

- *Complejidad del servicio energético requerido (ID1_CSER_E)*

$$ID1_CSER_E = \frac{(RC_1+PSA_1+ID1_TRAE_E)}{3} = \frac{(70+33+50)}{3} = 51\%$$

Debido a que la Oficina de Planeación, quien es en este caso el cliente, requiere de un servicio de AE que incluye el diseño de un SPV para el total de las instalaciones de tres facultades con un tiempo de entrega limitado por el periodo académico en desarrollo, se considera que el la complejidad media del servicio energético requerido por el cliente, evidenciado por el valor del indicador *Complejidad del servicio energético requerido = 51%*.

- Sub-actividad 2. Análisis del estado de la información entregada por la organización

A continuación se calculan los indicadores referentes a esta sub-actividad:

- *Porcentaje de insumos necesarios faltantes (ID1_PINF_C)*

$$ID1_PINF_C = \frac{(PIF_1 + PID_1 + PII_1)}{3} = \frac{(90 + 70 + 80)}{3} = 80\%$$

- *Falta de compromiso por parte de la organización (ID1_FCO_E)*

$$ID1_FCO_E = \frac{10\% * \left(\frac{TEI_1}{PEI_1}\right) + PDO_1}{2}$$

$$ID1_FCO_E = \frac{10\% * \left(\frac{20}{8}\right) + 100}{2} = 62.5\%$$

La falta de compromiso por parte del cliente no solo se ve reflejado en la entrega tardía de la información sino en que no se delegó a un responsable interno para el desarrollo de la AE, dejando en manos del auditor la búsqueda y solicitud de información implicando demora en el envío y espera de respuesta de solicitudes a las distintas áreas involucradas.

- Sub-actividad 3. Análisis del estado de la información recolectada durante la visita

En la visita de reconocimiento se recolectó información necesaria acerca de las instalaciones, equipos y áreas a auditar. Esta información permite calcular los siguientes indicadores:

- *Complejidad de las instalaciones (ID1_CI_E)*

$$ID1_CI_E = \frac{(CI_1 + EDAE_1)}{2} = \frac{(75 + 75)}{2} = 75\%$$

- *Porcentaje de información secundaria faltante (ID1_PISF_C)*

$$ID1_PISF_C = \frac{(TO_1 + ID1_PINF_C)}{2} = \frac{(70 + 80)}{2} = 75\%$$

Finalmente, se calcula el indicador principal a partir del cual se toma la decisión de continuar con la AE, de plantear una nueva propuesta de del servicio o de cancelar el proyecto.

- *Nivel de complejidad de la AE (ID1_NCAE_E)*

$$ID1_NCAE_E = \frac{(ID1_CSER_E + ID1_CI_E + ID1_PISF_C + ID1_FCO_E)}{4}$$

$$ID1_NCAE_E = \frac{(51 + 75 + 75 + 62.5)}{4} = 66\%$$

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las sub-actividades anteriores, se concluye que la AE presenta dificultades para su desarrollo puesto que se requiere finalizar con el diseño de un SPV, para el 33% de las sedes de la Universidad del Cauca, las cuales tienen un grado de complejidad alto por los equipos de laboratorio y porque no existe un registro de consumos históricos para cada una de las facultades. Sumado a lo anterior, no se cuenta con los insumos necesarios y no es ágil el proceso de entrega de información por parte de la Oficina de Planeación. Todo esto hace que la AE tenga un nivel complejidad alto y una baja probabilidad de poderse desarrollar exitosamente, lo cual se ve evidenciado en el indicador *Nivel de complejidad de la AE = 66%*.

- Sub-actividad 4. Informe del análisis general de la organización

Se realiza el informe donde se detallan los aspectos de la Organización encontrados durante el desarrollo de las actividades de esta primera etapa y se plantean las conclusiones.

- Sub-actividad 5. Propuesta del servicio por parte de la ESE a la organización

A partir de la medición de los indicadores se estableció que no es viable realizar la AE en las instalaciones de las tres facultades. Sin embargo, en las instalaciones de la FCCEA sí es viable realizar la AE y el diseño del SPV porque se identificó que:

- a. Es la facultad más nueva y consta de tres edificios bien definidos
- b. Está compuesto principalmente por salones de clase, oficinas, auditorios y la cafetería
- c. Aunque no tiene un medidor de energía propio, sí es posible instalar un equipo de medida en el tablero principal localizado en uno de los edificios. Se tiene la plena certeza de que el consumo obtenido por el medidor a instalar corresponde total y exclusivamente a las instalaciones de la FCCEA.
- d. Se cuenta con los planos eléctricos y arquitectónicos actualizados.
- e. Es una edificación de fácil acceso
- f. Un alto porcentaje del sistema de iluminación es Led.

Para medir la factibilidad de realizar la AE solamente en la FCCEA, se vuelven a medir las variables y a calcular los indicadores planteados para la Etapa 1 del procedimiento. Teniendo en cuenta las Tablas 7-11 del Capítulo 4, se obtienen las siguientes medidas para las variables:

- a. *Requerimientos del cliente (RC_1) = 70%*
- b. *Porcentaje de sedes a auditar (PSA_1) = 1/9 = 11%*
- c. *Tiempo requerido (TR_1) = Tiempo estimado (TE_1) = 3 meses*
- d. *Plazo entrega información (CEI_1) = 8 días*
- e. *Perfil del delegado de la organización (PDO_1) = 100%*
- f. *Tipo de organización (TO_1) = 55%*

- g. *Tiempo de entrega información (TEI_1) = 20 días*
- h. *Porcentaje de información faltante (PIF_1) = 10%*
- i. *Porcentaje de información desactualizada (PID_1) = 10%*
- j. *Porcentaje de información incompleta (PII_1) = 10%*
- k. *Características de las instalaciones (CI_1) = 15%*
- l. *Equipos existentes que dificultan la AE (EDAE_1) = 10%*

Mediantes las cuales se calcula el indicador principal de tercer nivel *Nivel de complejidad de la AE (ID1_NCAE_E)*:

$$ID1_NCAE_E = \frac{(ID1_CSER_E + ID1_CI_E + ID1_PISF_C + ID1_FCO_E)}{4} = 38\%$$

A partir de lo anterior, se propone que la AE y el diseño del SPV se realicen para la FCCEA y no para las tres facultades.

5.1.5. Actividad 5. Planificación del levantamiento de la información (trabajo de campo)

Se plantea desarrollar la AE únicamente en la FCCEA, por lo que se propone un cronograma de actividades a desarrollar en un plazo de 3 meses, teniendo en cuenta las condiciones de esta facultad.

- Sub-actividad 1. Cronograma de actividades a desarrollar durante la auditoría energética

El cronograma de actividades incluye:

- a. Instalar un medidor con perfil de carga en el tablero principal de la facultad
 - b. Realizar un censo de carga eléctrico
 - c. Realizar encuestas de hábitos de consumo al personal que labora en la institución (docentes y administrativos)
 - d. Determinar el desempeño energético de la FCCEA
 - e. Proponer una medida de EE: autogeneración mediante un sistema solar fotovoltaico
 - f. Presentación de la propuesta a la Oficina de Planeación
- Sub-actividad 2. Reunión para presentación de los resultados, cronograma de actividades y propuesta de AE a la organización

No fue posible realizar una reunión como tal con la jefa de la Oficina de Planeación para socializar los resultados obtenidos y el cronograma de actividades, sin embargo, se nos confirmó la autorización para poder iniciar las mediciones y el levantamiento de información en las instalaciones de la FCCEA.

Finalizada la Etapa 1. Análisis general de la organización se obtienen los siguientes entregables:

- Informe de resultados
- Propuesta para realizar el proyecto de EE en FCCEA
- Cronograma de actividades para desarrollar la AE
- Documentos recolectados

5.2. Etapa 2. Análisis del uso y consumo de la energía. Caso de estudio

En la primera etapa de la AE se realizó un análisis general de la organización, a partir del cual se estableció que la AE estaría enfocada a la FCCEA y no a las tres facultades como lo requería la Oficina de Planeación. La FCCEA se encuentra dividida en tres (3) edificios, P1, P2 y P3 de cuatro pisos, que contienen salones de clase, oficinas, baños, la biblioteca, la cafetería, pasillos, salas de cómputo, fotocopiadoras y auditorios (ver Figura 30).



Figura 30. Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas
Fuente: Google Maps

La FCCEA está localizada en la Cra 2 # 4N-140 en el sector Tulcán de la ciudad de Popayán, donde se orientan los programas académicos de Contaduría Pública, Administración de Empresas, Economía, Turismo y la Tecnología en Gestión Financiera.

5.2.1. Actividad 1. Instalación de equipos de medida adicionales

- Sub-actividad 1. Instalación de medidor con perfil de carga

Para el desarrollo de esta actividad, se contó con la colaboración de la Compañía Energética de Occidente, quien facilitó el medidor con perfil de carga A1800 ALPHA METER de medida semidirecta y los respectivos transformadores de corriente. El día 10 de agosto de 2017, con el apoyo del área de mantenimiento de la Universidad del Cauca realizó la instalación del medidor en el tablero de distribución principal de la FCCEA (ver Figura 31).



Figura 31. Tablero de distribución principal a) Sin conexión del medidor b) Conexión del A1800 ALPHA METER y los transformadores de corriente.

El medidor se instaló por un periodo de tiempo de dos meses. Este periodo de tiempo es equivalente a un 50% según la ponderación planteada en la Tabla 13 del Capítulo 4. Por lo tanto, la medición de la variable *Periodo de instalación medidor con perfil de carga = 50%*.

- Sub-actividad 2. Instalación de analizador de red

Aunque es fundamental el estudio de la calidad de la energía en las instalaciones de la FCCEA, no fue posible realizar esta sub-actividad porque en el momento no se contó con un analizador de red. Por lo tanto, la medición de la variable *Periodo de instalación analizador de red = 0%*.

- Sub-actividad 3. Instalación de medidores internos

Durante la visita de reconocimiento a las instalaciones realizada en la primera etapa de la AE, se determinó que en la FCCEA que no se necesitaba la instalación de equipos de medida en áreas puntuales, luego esta sub-actividad no se llevó a cabo y no afecta el desarrollo de la AE. Por lo tanto, no se lleva a cabo la medición de la variable *Periodo de instalación medidores internos*.

- Sub-actividad 4. Instalación de equipos de medida para monitoreo de otras variables

Durante la AE sólo se analizó lo correspondiente al consumo de energía eléctrica. Por lo que esta sub-actividad no se llevó a cabo.

5.2.2. Actividad 2. Evaluación de aspectos energéticos pasados, presentes y estimación de consumos energéticos

Debido a que el Campus Tulcán cuenta con un solo medidor de energía y no es posible discriminar el consumo por facultades ni por edificios, no se cuenta con un registro histórico del consumo energético de la FCCEA. Por tal razón, esta actividad no se pudo realizar ni medir la variable asociada a la sub-actividad 3. Análisis de la variabilidad del consumo energético mensual. Por lo tanto, la medición de la variable *Periodo consumos históricos* = 0%.

5.2.3. Actividad 3. Levantamiento de la información (Evaluación energética inicial)

Para realizar la evaluación energética inicial, se realizó simultáneamente un censo de carga y una encuesta de hábitos de consumo energético en cada uno de los tres edificios.

- Sub-actividad 1. Censo de carga eléctrico

El censo de carga consistió en realizar el inventario de todos los equipos consumidores de energía eléctrica existentes en los tres edificios de la FCCEA, el cual tuvo una duración de tres días. El inventario se realiza ingresando a cada uno de los salones, oficinas, baños, auditorios y demás secciones del edificio, identificando cantidad y número de equipos consumidores de energía eléctrica, la potencia de cada equipo, así como el número de horas al día que permanecen encendidos. Para la recolección de la información se utilizó el formato mostrado en la Tabla 23.

Tabla 23. Formato utilizado para el inventario equipos consumidores de energía

Nombre equipo	Grupo	Área	Cant.	Potencia equipo (Watts)	Utilización (h/día)

El censo de carga se realizó en la totalidad de las instalaciones de la FCCEA, por lo tanto, la medida de las variables de esta sub-actividad fueron: *Porcentaje de realización del censo de carga* = 100%.

- Sub-actividad 2. Mediciones en equipos especiales

No se realizaron mediciones puntuales en equipos especiales, puesto que en la FCCEA no existe ningún equipo que así lo requiera.

- Sub-actividad 3. Encuesta de hábitos de consumo energético

Se realizó simultáneamente la encuesta de consumo energético a personal que labora en la FCCEA, teniendo en cuenta los horarios de permanencia en el edificio y hábitos de consumo.

La encuesta constaba 8 preguntas con opción de respuesta múltiple para facilitar el procesamiento de la información (ver Tabla 24).

Tabla 24. Preguntas de la encuesta de hábitos de consumo

Pregunta	Opciones de respuesta
1. ¿Cuántas horas al día permanece con la iluminación encendida en su oficina aproximadamente?	0, 2, 4, 6, 8 (horas)
2. ¿Cuántas horas al día permanece con su computador encendido en su oficina aproximadamente?	0, 2, 4, 6, 8 (horas)
3. ¿Carga la batería de su celular o computador portátil en las instalaciones de la Universidad?	Siempre, Casi siempre, Algunas veces, Nunca
4. ¿Utiliza en su oficina otro equipo eléctrico o electrónico que tenga un consumo eléctrico elevado?	Sí, No
5. ¿En sus horarios de clase, generalmente enciende la iluminación del salón?	Sí, No, A veces
6. ¿Apaga las luces cuando sale del salón/oficina y/o baños cuando estos se quedan vacíos?	Siempre, Casi siempre, Algunas veces, Nunca, No es posible
7. ¿Cuándo observa la iluminación encendida de un salón/oficina usted...?	Apaga la luz, Observa pero no le interesa, No se fija en esas cosas
8. ¿Cree que es importante hacer un buen uso de energía eléctrica dentro de la Facultad?	Sí, No

La encuesta se realizó a 28 personas entre administrativos y docentes. Por lo tanto, la variable *Porcentaje de personas encuestadas* = 11.2%.

5.2.4. Actividad 4. Evaluación del estado de las instalaciones eléctricas

- Sub-actividad 1. Revisión del tablero principal

El tablero de distribución principal localizado en el edificio P3, tiene instalados transformadores de corriente de relación 400/5A en cada fase para la lectura de las corrientes y voltajes visualizados en un display. Cuenta con planos eléctricos actualizados.

- Sub-actividad 2. Revisión tomacorrientes e interruptores.

Dado que los edificios de la FCCEA son relativamente nuevos, los tomacorrientes e interruptores de las distintas áreas y dependencias se encuentran en perfecto estado. En este caso, la variable *Porcentaje de tomacorrientes e interruptores revisados* = 100%.

- Sub-actividad 3. Revisión cableado de distribución

Esta sub-actividad no se llevó a cabo. Por lo tanto, la variable *Porcentaje de cableado de distribución revisado* = 0%.

- Sub-actividad 4. Revisión equipamiento adicional

Esta sub-actividad no se desarrolló porque en la FCCEA no se encontró ningún equipamiento adicional tales como (calderas, banco de capacitores, etc.). En este caso, la variable *Porcentaje equipamiento adicional revisado* no se mide, ya que esta información no afecta el avance de la AE.

Durante las primeras actividades de la Etapa 2, se recolectó información necesaria y simultáneamente se realizó la medición de las siguientes variables:

- a. *Periodo de instalación medidor con perfil de carga (PIPC_2)* = 50%
- b. *Periodo de instalación analizador de red (PIAR_2)* = 0%
- c. *Periodo de instalación medidores internos (PIMI_2)* (no se tomó medida)
- d. *Periodo consumos históricos (PCH_2)* = 0%
- e. *Porcentaje de realización del censo de carga (PRCC_2)* = 100%
- f. *Porcentaje de personas encuestadas (PPE_2)* = 11.2%
- g. *Porcentaje de tomacorrientes e interruptores revisados (PTIR_2)* = 100%
- h. *Porcentaje de cableado de distribución revisado (PCDR_2)* = 0%
- i. *Porcentaje equipamiento adicional revisado (PEAR_2)* (no se tomó medida)

5.2.5. Actividad 5. Organización y sistematización de la información

Con la ejecución de las actividades anteriores, se recolecta información acerca del consumo energético, los hábitos de consumo y el estado de las instalaciones eléctricas, sin embargo, esta información puede no ser suficiente para el cálculo del desempeño energético de la FCCEA y esto puede dificultar la identificación de los potenciales de ahorro, así como el cálculo del ahorro energético obtenido por la implementación de medidas de EE.

La cantidad de información obtenida por los equipos de medida instalados, está sujeta a la instalación del medidor con perfil de carga y al analizado de red. Se determina el indicador *Porcentaje de información obtenida a partir de medición real (ID2_PIMR_C)*:

$$ID2_PIMR_C = \frac{(PIPC_2 + PIAR_2 + PIMI_2)}{3}$$
$$ID2_PIMR_C = \frac{(50 + 0)}{2} = 25\%$$

- Sub-actividad 1. Organización de la información de los consumos históricos

Como se mencionó anteriormente, en la FCCEA no es posible contar con un registro de consumos históricos.

- Sub-actividad 2. Organización de la información recolectada durante el censo de carga y de las encuestas

La información de los equipos recolectada durante el censo de carga se organizó en tablas de Excel, con el fin de estimar el consumo total de energía de las instalaciones y facilitar la discriminación del consumo por tipo de carga, área, edificio, piso, etc., dependiendo de las necesidades de información. En la Tabla 25 se presenta un fragmento de la información registrada del edificio P3. La información completa se puede consultar en el Anexo B. Entregables de la Etapa 2: caso de estudio Universidad del Cauca.

Tabla 25. Inventario de cuatro equipos consumidores de energía del edificio P3

Nombre equipo	Grupo	Área	Cant.	Potencia equipo (Watts)	Utilización (h/día)	Potencia total (Watts)	Energía al mes (kWh)
Bala Ahorradora	Iluminación	Pasillo 1er Piso	50	15	3,52	750	79,2
TV Plasma	Electrodomésticos	Salón 101	1	300	0,88	300	7,92
Aire Acondicionado	Acondicionamiento	Salón 401	1	3610	1,76	3610	190,608
Video Beam	Ofimáticos	Salón 401	1	950	1,76	950	50,16

Realizar el 100% del censo de carga, es muy beneficioso para los resultados de la AE puesto que el consumo mensual estimado mediante el censo de carga en las instalaciones sería mucho más cercano al consumo real. Cabe resaltar, que un censo de carga tiene cierto grado de error, principalmente porque las horas de uso son estimadas y en muchas ocasiones ni el mismo funcionario que utiliza el equipo puede establecer las horas de uso reales. Esto hace que se obtenga un consumo energético mensual estimado mayor al consumo energético real (obtenido con el medidor) por lo que se deben realizar ajustes necesarios a las horas de uso siendo siempre coherentes con los datos brindados por el personal que los utiliza.

De manera similar, se organizó la información recolectada a través de las encuesta de hábitos de consumo (ver Tabla 26).

Tabla 26. Respuestas encuesta hábitos de consumo

Pregunta	Distribución de respuestas				
#1	8 horas: 14	4 horas: 6	6 horas: 4	2 horas: 4	0 horas: 0
#2	8 horas: 20	6 horas: 4	5 horas: 2	4 horas: 2	0 horas: 0
#3	Siempre: 2	Casi siempre: 2	Algunas veces: 17	Nunca: 7	No trae: 0
#4	Sí: 0			No: 28	

Pregunta	Distribución de respuestas				
#5	Sí: 5		No: 8		A veces: 15
#6	Siempre: 25	Casi siempre: 3	Algunas veces: 0	Nunca: 0	No es posible: 0
#7	Apaga la luz: 28		Observa pero no le interesa: 0		No se fija en esas cosas: 0
#8	Sí: 28			No: 0	

- Sub-actividad 3. Organización de la información recolectada durante la revisión de las instalaciones eléctricas

Se organiza la información obtenida al revisar las instalaciones eléctricas se calcula el indicador *Porcentaje de instalaciones eléctricas evaluadas (ID2_PIEE_C)*

$$ID2_PIEE_C = \frac{(PTIR_2 + PCDR_2 + PEAR_2)}{3}$$

$$ID2_PIEE_C = \frac{(100 + 0)}{2} = 50\%$$

Como no se encontró equipamiento adicional, no se toma en cuenta esta variable, puesto que su no medición no afecta la AE. Sin embargo, que el porcentaje de las instalaciones eléctricas evaluadas sea del 50% si afecta, ya no se analizó si existían pérdidas de energía por malas conexiones, calentamiento del cableado, entre otros.

Finalmente, se calcula el indicador *Porcentaje de información recolectada (ID2_PIR_C)*

$$ID2_PIR_C = \frac{(ID2_PIMR_C + PRCC_2 + PPE_2 + ID2_PIEE_C)}{4}$$

$$ID2_PIR_C = \frac{(25 + 100 + 11.2 + 50)}{4} = 46.55\%$$

El indicador demuestra que la información recolectada no es suficiente para determinar el desempeño energético real de la FCCEA. Además la falta de información sobre calidad de la energía en las instalaciones impide identificar potenciales de ahorro referentes a las instalaciones eléctricas. Por otra parte, el porcentaje de personas encuestadas no es significativo. Sin embargo, se continúa con el desarrollo de la siguiente etapa, puesto que el requerimiento principal del proyecto de EE es el diseño de un SPV para la FCCEA y con la información sobre del censo de carga y los dos meses de medición, se puede realizar un primer análisis del SPV que se necesita.

Finalizada la Etapa 2. Análisis del uso y consumo de energía, se obtienen los siguientes entregables:

- Registro del censo de carga
- Registro de las encuestas de hábitos de consumo energético
- Registro del medidor con perfil de carga (dos meses)
- Informe de resultados

5.3. Etapa 3. Identificación del potencial de ahorro. Caso de estudio

Durante las dos etapas anteriores, se recolectó información acerca del consumo energético de la FCCEA, de las instalaciones y de los hábitos de consumo energético de los profesores y administrativos. Esta información debe ser procesada para determinar dónde se presentan desperdicios de energía, cuales son los potenciales de ahorro y las medidas de EE a implementar.

5.3.1. Análisis de la información

- Sub-actividad 1. Procesamiento de la información de los consumos históricos

Como se mencionó anteriormente, no es posible contar con un registro del consumo energético mensual de la FCCEA. Sin embargo, se instaló un medidor de energía con perfil de carga en el tablero de distribución principal de la facultad. Este medidor estuvo conectado desde el 1 de agosto de 2017 hasta el 14 de noviembre, sin embargo, no se pudo obtener la información completa de este periodo de tiempo ya que hubo inconvenientes con la descarga de los datos y se perdió información del periodo comprendido entre el 20 de septiembre y el 10 de octubre. Por tal razón, para determinar el consumo mensual de FCCEA se opta por analizar los periodos del 11 de agosto al 11 de septiembre y del 11 de octubre al 11 de noviembre, con el fin de tener por lo menos el consumo energético de dos meses. Los resultados de los consumos obtenidos se consignan en la Tabla 27.

Tabla 27. Consumo mensual real FCCEA

Periodo de tiempo	Consumo mensual	Consumo promedio
11 de agosto al 11 de septiembre	11.188,0725 kWh	11.416, 636 kWh
11 de octubre al 11 de noviembre	11.645,199 kWh	
Consumo energético anual aproximado		136.999,632 kWh

De esta forma, la medición de las variables *Consumo promedio mensual* = 11.416, 636 kWh y *Consumo energético anual* = 136.999,632 kWh. Cabe mencionar, que la información de dos meses no es suficiente para determinar el consumo mensual real de las instalaciones puesto que el consumo varía mes a mes, sin embargo el promedio de calculado es un valor de referencia con el cual se harán todos los cálculos posteriores.

- Sub-actividad 2. Procesamiento de la información del censo de carga y comparación con los registros históricos

Mediante el censo de carga realizado en las instalaciones de la FCCEA se obtuvo un consumo mensual estimado de 12.070,50 kWh. Recordemos que el porcentaje de error del censo de carga es considerable debido principalmente al cálculo de las horas de uso. A diferencia de la información brindada por el medidor, el censo de carga permite discriminar los consumos por tipo de carga (ver Figura 33). El comportamiento del consumo energético por edificio se presenta en el Anexo C. Entregables Etapa 3: Caso de estudio Universidad del Cauca.

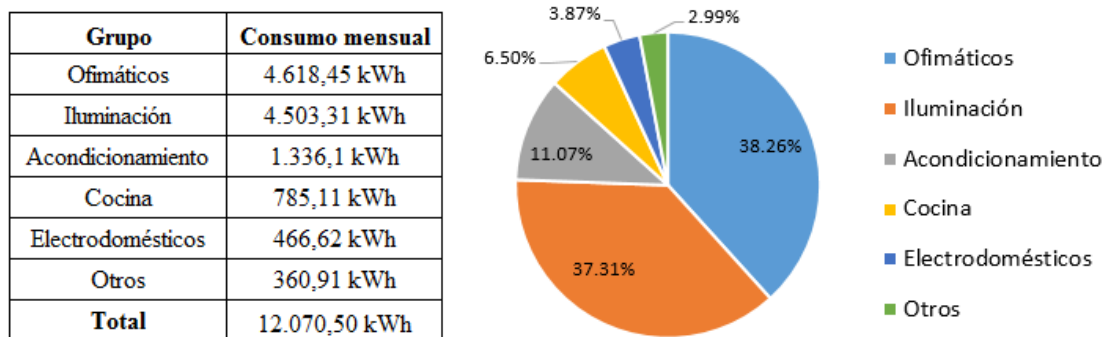


Figura 32. Consumo energético mensual por tipo de carga
Fuente: Propia

Se observa claramente, que el mayor consumo de energía está dado por el sistema de iluminación y los equipos ofimáticos con un 38,26% y 37,31% del total respectivamente. Teniendo en cuenta lo anterior, la medición de las variables *Consumo energético total estimado* = 12.070,5 kWh. Según [73] el margen de error entre el consumo mensual medido y el consumo mensual estimado a través del censo de carga, no puede ser mayor al 10%, en este caso se tiene un margen de error del 5,72%, indicando que se realizó un buen procedimiento de censo de carga.

- Sub-actividad 3. Procesamiento de la información de los hábitos de consumo energético

Teniendo en cuenta que la población encuestada no representa ni el 12% del personal estable (docentes y administrativos) y que existen otros agentes consumidores de energía que no se tuvieron en cuenta durante la realización de la encuesta como los estudiantes, quienes presentan un consumo variable debido a cargas como celulares y computadores portátiles, y a falta de un análisis estadístico profundo de los resultados de las encuestas de hábitos de consumo, no es posible determinar qué tanto influyen los hábitos de los docentes y administrativos en el consumo energético total de la FCCEA. Los resultados de las encuestas se presentan en el Anexo C. Entregables Etapa 3: Caso de estudio Universidad del Cauca.

- Sub-actividad 4. Procesamiento de la información del estado de las instalaciones eléctricas

La información sobre el estado de las instalaciones eléctricas es muy escasa puesto que no se realizaron algunas actividades asociadas a esta. Por lo tanto, no hay conclusiones relevantes sobre el estado de las instalaciones eléctricas.

5.3.2. Cálculo del desempeño energético

La línea de base energética permite correlacionar el consumo de energía con la producción de la organización. Es una foto del estado energético de la organización en un momento determinado, después de hacer una caracterización energética de la misma. Es la referencia cuantitativa que se va a utilizar para conocer el desempeño energético de la organización. La línea de base energética sirve para evaluar los ahorros energéticos una vez se implementen las medidas de EE. Para el caso estudio no se cuenta con información sobre la producción (servicio). Por esta razón no se realiza ninguna de las sub-actividades de esta actividad (Determinar el consumo energético por unidad de producción/servicio, determinar la línea de base energética y establecer indicadores de desempeño energético).

5.3.3. Identificación de los potenciales de ahorro

Debido a que el requerimiento inicial del cliente fue el diseño de un sistema solar fotovoltaico para tres facultades, en el desarrollo de la AE no se estudiaron como tal los potenciales de ahorro, sin embargo, debido a que según el censo de carga el mayor consumo energético se ve reflejado en los equipos ofimáticos y el sistema de iluminación, estos pueden ser reducidos a partir de una campaña de ahorro energético que involucre a toda la comunidad universitaria. Está demostrado que un cambio en los hábitos energéticos puede suponer un ahorro potencial de aproximadamente un 19% (± 5) [74].

5.3.4. Análisis de medidas de EE y elaboración de propuestas

- Sub-actividad 1. Análisis de las posibles medidas de EE para la organización

La medida de EE que se va a analizar es el sistema solar fotovoltaico para la FCCEA. Por lo tanto para el dimensionamiento del mismo, se desarrollará un método que consta de tres fases: a) Elaboración del perfil de demanda, b) Información sobre el recurso energético e c) Información técnica y económica de componentes del sistema solar fotovoltaico.

- a) Elaboración del perfil de demanda

Con la instalación del medidor con perfil de carga no solo se obtuvo información del consumo de dos meses, cuyo promedio es 11.416, 636 kWh (11.645,199 kWh mayor consumo) sino que también se construyó una matriz de consumo por hora de cada uno de los días de dio periodo. Teniendo como resultado el perfil de carga de cada día. La Figura 33 muestra distintos perfiles de carga obtenidos según determinadas consideraciones.

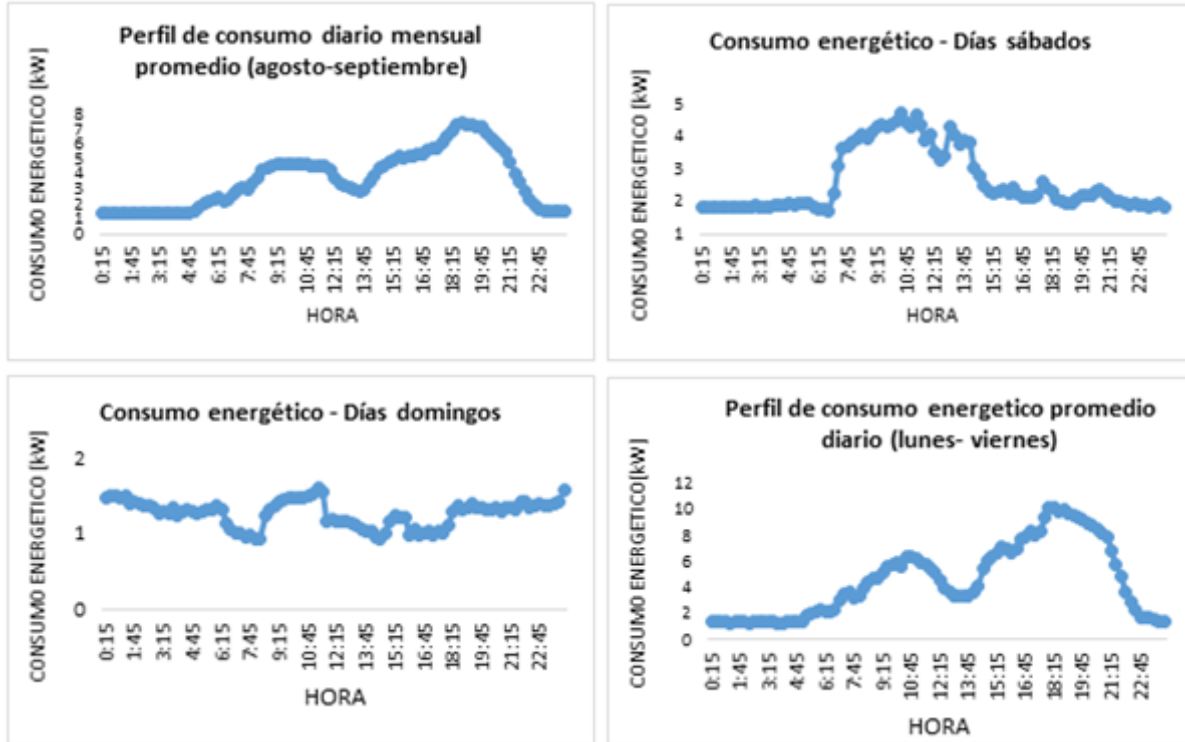


Figura 33. Perfil de carga diario de la FCCEA

Fuente: Propia

Se destaca que el mayor consumo se presenta en horas de la noche de lunes a viernes, ya que en la FACCE hay programas que tienen jornada nocturna, además existe una variación considerable en la distribución del consumo energético entre los días laborales y los fines de semana.

b) Información sobre el recurso energético

La información sobre la radiación solar para Popayán puede ser consultada en el Atlas de Radiación Solar, donde presentan un mapa de la irradiación solar horizontal media para Colombia. Sin embargo, esta información es presentada de manera muy general y para determinadas zonas puede no ser del todo confiable. Por esta razón se solicitó a la Compañía Energética de Occidente datos reales de la estación meteorológica que tienen en las instalaciones del Laboratorio de Calibración. Los datos recolectados corresponden al año 2017. La Tabla 28 muestra los datos de radiación mensual y promedio diaria para este año.

Tabla 28. Radiación solar promedio (diaria y mensual) obtenida en 2017

MES	RADIACION MENSUAL [kWh/m ²]	RADIACION DIARIA PROMEDIO [kWh/m ²]
Enero	135	4,5
Febrero	130	4,33
Marzo	125	4,17
Abril	140	4,67

MES	RADIACION MENSUAL [kWh/m²]	RADIACION DIARIA PROMEDIO [kWh/m²]
Mayo	122	4,07
Junio	116	3,87
Julio	126	4,2
Agosto	138	4,6
Septiembre	130	4,33
Octubre	120	4
Noviembre	119	3,97
Diciembre	138	4,6

c) Información técnica y económica de componentes del sistema solar fotovoltaico

Para el dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico, se tuvo en cuenta tres escenarios:

- 1) Según la potencia pico: con el fin de generar una potencia mínima 3.5 kWp que permitirá abastecer el consumo energético mínimo de la FCCEA para no generar excedentes de energía.
- 2) Según el espacio disponible de instalación: Se estableció que el espacio propicio para la instalación del SPV es el techo de la FCCEA, que tiene un área de 1.682,2 m². El techo es de eternit y no presenta inconvenientes por sombras.
- 3) Según la demanda máxima diaria: De la información obtenida por el medidor instalado en la FCCEA, se identificó que el mayor consumo se presentó en el día 27 de octubre de 2017, con un consumo de 584,6 kWh/día.

En el Anexo D. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico (SPV), se encuentran consignados los procedimientos realizados para cada uno de los escenarios. Adicionalmente, utiliza el software de simulación Homer Pro[®] para modelar el SPV teniendo en cuenta el tercer escenario con una demanda máxima diaria de 584,6 kWh/día.

Del análisis de los tres escenarios, se concluye que al dimensionar el SPV para FCCEA teniendo en cuenta la demanda máxima diaria de 584,6 kWh/día, se requiere de 300 módulos solares que ocuparían un área aproximada de 600m², según las dimensiones de los paneles solares analizados (Anexo D. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico (SPV)), área que equivale al 40% del área total disponible para la instalación. Adicionalmente, al dimensionar el SPV teniendo en cuenta la demanda máxima diaria, está claro que el sistema producirá excedentes de energía que puede ser aprovechada por las facultades FIET y FIC. Como se mencionó en la etapa de análisis general del cliente, existe una red de distribución interna que conecta estas tres facultades junto con la FCNEE, la Facultad de Salud y el Centro deportivo Tulcán, de la cual se obtiene una única lectura de consumo energético mensual. Por lo que el Campus Tulcán se puede considerar como un solo usuario con sedes distribuidas.

Teniendo en cuenta lo anterior, durante el dimensionamiento del SPV para la FCCEA fue necesario conocer el consumo energético del Campus Tulcán y determinar el comportamiento del consumo de energía durante el transcurso del día, es decir, analizar el perfil de carga diario del Campus. EMEESA, OR que suministra el servicio de energía al Campus Tulcán, brindó la información sobre el consumo energético del Campus exactamente de los años 2016 y 2017. Los datos obtenidos son las lecturas del consumo energético cada hora durante los 365 días de los dos años mencionados anteriormente. A partir de esta información se obtuvo el perfil de carga promedio de un día laboral, con una potencia pico de 320kW (ver Figura 34).



Figura 34. Perfil de carga día laboral – Campus Tulcán

Como se requiere que el SPV no genere excedentes por fuera del Campus Tulcán, se analiza el perfil de carga del día de menor consumo para el cual se consideró un domingo perteneciente a un mes cuando la Universidad se encuentra en vacaciones. De esta manera se obtiene el siguiente perfil de carga con una potencia que oscila entre 30 a 35 kW, deduciendo que el día domingo se consume alrededor de un 11% del consumo energético de un día laboral (ver Figura 35).



Figura 35. Perfil de carga día domingo – Campus Tulcán

De esta manera, se requiere que el SPV no supere los 25kWp con el fin de garantizar que no existan excedentes de energía por fuera del Campus Tulcán.

- Sub-actividad 2. Cálculo del ahorro obtenido con la implementación de las medidas de EE

Esta sub-actividad no se realizó ya que la medida de EE analizada para el caso de estudio es el diseño del SPV.

- Sub-actividad 3. Análisis del costo-beneficio de cada una de las medidas de EE planteadas

La CEO, principal OR de la ciudad de Popayán está incursionando en el mercado de las energías renovables y ha venido desarrollando y financiando proyectos de este tipo. Por esta razón y teniendo en cuenta los resultados obtenidos al dimensionar el SPV para la FCCEA en los cuales se generan excedentes de energía ocupando tan solo el 40% del espacio disponible, se plantea al OR la posibilidad de financiación del proyecto para la Universidad del Cauca, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- El SPV debe ser diseñado para una potencia pico tal que no genere excedentes por fuera de la red de distribución del Campus Tulcán.
- Tener en cuenta el área disponible (1.682,2 m²)
- La instalación, mantenimiento y operación del sistema es responsabilidad de la CEO
- La Universidad del Cauca compara la energía (producida por el sistema solar fotovoltaico) a un precio de kWh menor al pagado actual.

De esta forma, se obtienen beneficios económicos tanto para la Universidad del Cauca como para CEO.

Para el desarrollo de esta tercera etapa de la AE, sólo se tuvo en cuenta el diseño del SPV, más no el estudio financiero correspondiente. Los cálculos de rentabilidad para el sistema solar fotovoltaico propuesto para la Universidad del Cauca son propiedad de la CEO. Por lo tanto no fue posible realizar la medición de las variables planteadas para la tercera etapa ni el cálculo de los indicadores financieros (VAN y TIR) planteados en el Capítulo 4.

- Sub-actividad 4. Elaboración propuestas de las medidas de EE

A partir de la información obtenida sobre el perfil de demanda de la FCCEA obtenido en el presente trabajo, el análisis del recurso energético y el perfil de carga obtenido a partir de la información brindada por EMEESA correspondiente al campus Tulcán, la CEO realizó los ajustes necesarios para el diseño de un SPV que cumple con las últimas tres consideraciones anteriormente mencionadas, sin embargo, financieramente no fue posible que el SPV fuera de una potencia tan baja, por lo que los ajustes realizados por CEO a la potencia del SPV sea mayor, conllevando a la generación de excedentes de energía principalmente los fines de semana y los meses en los que la universidad se encuentra en vacaciones. Teniendo en cuenta

lo anterior, la propuesta de CEO contempla un sistema solar fotovoltaico de 200kWp que alimentaría la demanda energética mínima del Campus Tulcán sin generar excedentes. Para el cual se necesitarían 700 módulos solares de 330W requiriendo el 80% del espacio disponible (techo de la FCCEA). La tarifa estimada de venta de la energía es de \$ 314 kWh. La CEO es el responsable de todo lo referente a la inversión económica, diseño de ingeniería, instalación y mantenimiento. Se plantea que la duración del contrato de venta de energía sea de 15 años. Las consideraciones referentes a los excedentes de energía se aclaran en el Anexo E. Propuesta Compañía Energética de Occidente, Artículo XI. PROPIEDAD DE LA ENERGÍA (Página 6).

Adicionalmente, la propuesta incluye la instalación de una estación meteorológica y de acceso a la información generada por el sistema solar fotovoltaico para propósitos de I+D en la Universidad del Cauca.

5.3.5. Informe y propuesta (Reunión de cierre de la AE)

- Sub-actividad 1. Elaboración del informe de la AE

Se realiza el informe donde se consignan los aspectos generales encontrados y calculados durante el desarrollo de la AE en la FCCEA de la Universidad del Cauca.

- Sub-actividad 2. Elaboración de las propuestas económicas de las medidas de EE

En el Anexo E. Propuesta Compañía Energética de Occidente, se presenta la oferta mercantil de CEO para el SPV para el Campus Tulcán de la Universidad del Cauca.

- Sub-actividad 3. Presentación informe y propuestas a la Organización y reunión de cierre de la AE

En reunión con la Oficina de Planeación se realizó la presentación de los resultados obtenidos durante la AE en la FCCEA y la propuesta del sistema solar fotovoltaico para el Campus Tulcán.

- Sub-actividad 4. Reajuste de las medidas de EE

No hubo necesidad de reajuste a las medidas de EE.

- Sub-actividad 5. Cierre de la Auditoría Energética

Una vez finalizada la AE se procede a estudiar la viabilidad de la propuesta del sistema solar fotovoltaico, cuestión que le corresponde directamente a la Universidad del Cauca y a la CEO. Actualmente, la propuesta está en revisión por parte de la Oficina de Planeación y la Vicerrectoría Administrativa de la Universidad del Cauca.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se realizó un estudio del panorama general de los aspectos que están involucrados en los proyectos de eficiencia energética en Colombia. Estos diferentes aspectos afectan positiva o negativamente, el éxito de los mismos, dentro de los cuales se encuentran: el comportamiento del sistema energético nacional, la normativa actual, las condiciones ambientales, la tecnología y el personal disponible.

Se propusieron tres fases principales para el desarrollo de proyectos de Eficiencia Energética: 1) Auditoría Energética, 2) Diseño de medidas de Eficiencia Energética e 3) Implementación y seguimiento. Mediante la metodología de gestión de proyectos Front End Loading se determinó que la primera fase es la de mayor influencia ya que en la Auditoría energética se realiza el proceso principal de medición y recolección de la información con la cual se determina el alcance del proyecto.

Basado en la Norma ISO 50002 se propone un procedimiento de Auditoría Energética orientado a las Empresas de Servicios Energéticos, el cual consta de tres etapas principales: 1) Análisis general de la Organización, 2) Análisis del uso y consumo de energía e 3) Identificación del potencial de ahorro; 15 actividades y 56 sub-actividades, a partir de las cuales la Empresa de Servicios Energéticos pueda realizar una auditoría energética al interior de una organización comercial o de servicios.

Se formularon y diseñaron 12 indicadores, 5 de calidad, 5 de eficacia y 2 financieros, divididos en indicadores de primer, segundo y tercer nivel; para la Etapa 1 (4 de primer nivel, 2 de segundo nivel y 1 de tercer nivel), para la Etapa 2 (2 de primer nivel y 1 de tercer nivel) y para la Etapa 3 (2 de primer nivel), los cuales componen un banco de indicadores que complementa al procedimiento de Auditoría Energética propuesto, con el fin de brindarle a las Empresas de Servicios Energéticos herramientas para la evaluación permanente del progreso de la Auditoría Energética así como la viabilidad de la misma y de esta forma disminuir el riesgo de fracaso de la Auditoría Energética evitando que la Empresa de Servicios Energéticos desde un inicio realice inversiones innecesarias en proyectos de eficiencia energética poco factibles.

El procedimiento de Auditoría Energética propuesto se aplicó a un caso particular de la Universidad del Cauca. Inicialmente se planteó para tres facultades (FIET, FIC y FCCEA) sin embargo durante el desarrollo de la Auditoría Energética y a medida que se calcularon los indicadores, se determinó al finalizar la primera etapa que no era factible tomar las tres facultades, por lo que el procedimiento de Auditoría Energética se siguió desarrollando únicamente en la FCCEA. No se realizaron todas las actividades y sub-actividades ya que no se contó con la totalidad de la información necesaria, sin embargo, para efectos de dar cumplimiento del ejercicio práctico se desarrollaron las tres etapas principales. Como resultado se obtuvo un diseño preliminar de un sistema solar fotovoltaico para dicha facultad.

Con base en los resultados obtenidos con el desarrollo de la Auditoría Energética en la Universidad del Cauca, se generó una propuesta técnica y económica por parte de la Compañía Energética de Occidente hacia la Universidad del Cauca, para el desarrollo e implementación de un sistema solar fotovoltaico de 200kWp que se instalaría en la cubierta de la FCCEA y que cubriría con la demanda mínima de energía del Campus Tulcán, al que pertenecen las facultades anteriormente nombradas. Actualmente, la propuesta está siendo estudiada por la Vicerrectoría Administrativa del Alma Mater.

El procedimiento Auditoría Energética y el banco de indicadores propuestos en este trabajo es tan solo una guía de orientación, por lo que están sujetos a modificaciones según la necesidad de la Empresa de Servicios Energéticos u organización que desee realizar una Auditoría energética midiendo la factibilidad de la misma. Se espera que este procedimiento de Auditoría Energética basada en indicadores sea de gran utilidad para las Empresas de Servicios Energéticos, principalmente para las que apenas están iniciando en la prestación de servicios energéticos.

Se recomienda realizar campañas institucionales que busquen mejorar los hábitos de consumo energético de docente, administrativos y estudiantes, así como promover el uso racional y eficiente de la energía en las instalaciones de la Universidad del Cauca, principalmente en las facultades FIC, FIET y FCCEA para establecer una demanda energética diaria estable con el fin de mejorar el rendimiento del SPV (cuando éste sea implementado).

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Kadir Amasyali, Nora M. El-Gohary “A review of data-driven building energy consumption prediction studies”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 81, Part 1, Pages 1192-1205, 2018.
- [2] Jessica G.Lambert, CharlesA.S.Hall, “Energy, EROI and quality of life”, Energy Policy, Volume 64, Pages 153-167, 2014.
- [3] “BP Statistical Reviews of World Energy”, Centre for Energy Economics Research and Policy, Heriot-Watt University, 2018.
- [4] Li Liu, Tie Chen, Yanhong Yin, “Energy Consumption and Quality of Life: Energy Efficiency Index”, Energy Procedia, Volume 88, Pages 224 – 229, 2016.
- [5] “Climate Change: Implications for the Energy Sector”, Cambridge Institute for Sustainability Leadership, 2014.
- [6] “Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático”, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2011.
- [7] N. G. Rincón Silva, “Energía nuclear: ventajas y peligros”, Apuntes científicos Uniandinos, núm. 16, 2014.
- [8] L. M. Corredor-Rojas, “Pilas de combustible y su desarrollo”, Ingeniería y Universidad, vol. 16, núm. 1, pp. 247-263, 2012.
- [9] J. C. Campos Avella, E. Lora Figueroa, L. Meriño Stan, I. Tovar Ospino, “Sistema de Gestión Integral de la Energía. Guía para la implementación”, MINMINAS-UPME, Bogotá. 2008.
- [10] Martín-Consuegra, F., Oteiza, I., Alonso, C., Cuerdo-Vilches, T., Frutos, B., “Análisis y propuesta de mejoras para la eficiencia energética del edificio principal del Instituto c.c. Eduardo Torroja-CSIC”. Informes de la Construcción, Vol. 66, No. 536, 2014.
- [11] Norma ANSI/MSE 50021:2016 – Superior Energy Performance – Additional Requirements for Energy Management System, ANSI, Washington DC, USA, 2000.
- [12] UNE-EN 16001, Sistemas de Gestión Energética, AENOR, Madrid, España, 2010.
- [13] E. C. Quispe O., R. P. Castrillon M., J. C. Campos A., M. Urhan R. “El Modelo de Gestión Energética Colombiano: Desarrollo, Experiencias y Resultados de Aplicación y perspectivas futuras de desarrollo”, IX Congreso Nacional y IV Internacional de Ciencia y Tecnología del Carbón y Combustibles Alternativos, Cali, Colombia, 2011.
- [14] “Win the energy challenge with ISO 50001”, International Organization for Standardization, 2011.
- [15] NTC ISO 50001, Sistemas de Gestión de la energía. ICONTEC, Colombia, 2011.

- [16] ISO 50002:2014, Energy audits – Requirements with guidance for use, International Organization for Standardization, 2014.
- [17] *"Programa de uso racional y eficiente de energía y fuentes no convencionales – PROURE"* Informe final, Ministerio de Minas y Energía, República de Colombia, 2010.
- [18] C. A. Álvarez Díaz, *"Contratos de rendimiento para proyectos de Uso Racional y Eficiencia Energética – URE"*, Seminario UPME-PNUD, Bogotá, 2011.
- [19] *"Plan de acción indicativo de eficiencia energética 2017 – 2022"*, UPME, Ministerio de Minas y Energía, República de Colombia, 2016.
- [20] S. Gómez Romero, *"Auditoría energética y propuestas de mejora de la eficiencia en una empresa de maquinaria agrícola"*, Trabajo Fin de Grado, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla, 2016.
- [21] D. M. Rojas Clavijo, *"Diagnóstico energético y propuesta de mejoramiento de la eficiencia energética de un edificio existente"*. Maestría Tesis, Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá, 2016.
- [22] W. Xu and L. Cao, Energy efficiency analysis of machine tools with periodic maintenance, International Journal Production Research, vol. 52, no. 18, pp. 5273–5285, Mar. 2014.
- [23] *"Guía de Apoyo al Desarrollo de Diagnósticos Energéticos para Instituciones de Educación Superior (EIS)"*, Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE), Ministerio de Energía, República de Chile, 214.
- [24] A. Trianni, E. Cagno, A. De Donatis, *"A framework to characterize energy efficiency measures"*, Applied Energy Volume 118, Pages 207-220, 2014.
- [25] *"Guía sobre empresas de servicios energéticos (ESE)"*, Fundación de la energía de la Comunidad de Madrid, España, 2010.
- [26] L. Luna Luna, *"Caracterización de una Empresa de Servicios Energéticos caso práctico: Comercio"*, Universitat Politècnica de Catalunya, 2012.
- [27] Alfonso Blanco, Manlio Coviello, *"Empresas de servicios energéticos en América Latina: Un documento guía sobre su evolución y perspectivas"*, CEPAL, 2015.
- [28] I. Narvaiza Abella, *"Creación y puesta en marcha de una Empresa de Servicios Energéticos"*, Trabajo Fin de Grado, Escuela Superior de Ingeniería, Universidad Pontificia Comillas ICAI-ICADE, Madrid, 2012.
- [29] *"Procedimiento de auditorías energéticas en el sector industrial de la Comunidad de Madrid"*, Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid, 2010.
- [30] R. Guevara, *"Diagnosticos y racionalizacion de la energía"* Documento interno, VS INGENIEROS SAC, 2016.

- [31] E. Rodríguez Piedracoba, *“Metodología para la realización de auditorías energéticas en empresas de servicios y su monitorización”*, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, 2016.
- [32] *“Guía para la construcción de indicadores de gestión”*, Departamento Administrativo de la Función Pública (DAFP), Bogotá, 2012
- [33] J. Rodríguez Salcedo, O. Prías Caicedo, N. Perea Velasco, *“Guía para la identificación de áreas, procesos y equipos críticos energéticamente e implementación de indicadores de desempeño energético”*, Grupo de investigación en Eficiencia Energética y Energías Renovables – GEAL, Universidad Nacional de Colombia, 2014.
- [34] *“Indicadores de Eficiencia Energética: Fundamentos Estadísticos”*, International Energy Agency (IEA), 2016.
- [35] C. A. Durán Suárez, *“Oportunidades de las Empresas de Servicios Energéticos, en el mercado de la Eficiencia Energética de la industria colombiana”*, Universidad E.A.N, 2017.
- [36] A. C. Mateus, *“Crisis energética en Colombia”*, Tecnología, Investigación y Academia (TIA), volumen 4, No 2, pp. 74-81, Bogotá, Colombia, 2016.
- [37] *“Caracterización del sector eléctrico colombiano”*, Publicación oficial, SENA, Colombia, 2013.
- [38] *“Proyecciones Regionales de Demanda de Energía Eléctrica en Colombia - Revisión 2017”*, UPME, Ministerio de Minas y Energía, República de Colombia, 2017.
- [39] A. Whiteman, T. Rinke, J. Esparrago, S. Elsayed, *“Renewable Capacity Statistics 2016”*, International Renewable Energy Agency (IRENA), 2016.
- [40] J. L. Oviedo-Salazar, M. H. Badii, *“Historia y Uso de Energías Renovables”*, Revista DAENA, volumen 10, N° 1, pp. 1-18, 2015.
- [41] L. H. Berrío, C. Zuluaga, *“Smart Grid y la energía solar fotovoltaica para la generación distribuida: unarevisión en el contexto energético”*, Ingeniería y Desarrollo, volumen 32, N° 2, pp. 369-396, 2014.
- [42] C. Bordonsa, F. García, L. Valverde, *“Gestión Óptima de la Energía en Microrredes con Generación Renovable”*, Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial, N° 12, pp 117–132, 2015.
- [43] ANDESCO – UPME, *“Colombia Inteligente. Avances de las Redes Inteligentes”*, III Seminario de Eficiencia Energética en Servicios Públicos, Bogotá, 2013
- [44] W. M. Giral Ramírez, H. J. Celedón Flórez, E. Galvis Restrepo, A. T. Zona Ortiz *“Redes inteligentes en el sistema eléctrico colombiano: Revisión de tema”*, Tecnura, Vol. 21, No. 53, 2017.

- [45] C. A. Díaz, J. C. Hernández, “Smart Grid: Las TICs y la modernización de las redes de energía eléctrica. Estado del Arte”, *Sistemas & Telemática*, volumen. 9, N° 18, pp. 53-81, 2011.
- [46] F. J. Cárcel Carrasco, J. G. Carrión. “*Supervisión energética para monitorización y control de consumo eléctrico. Un caso práctico*”, *3C Tecnología*, volumen 4, N° 13, pp 19-31, 2015.
- [47] “*Etiquetado energético colombiano*”, Programa colombiano de normalización, acreditación, certificación y etiquetado de equipos de uso final de energía, UPME, Ministerio de Minas y Energía, República de Colombia, 2016.
- [48] C. Fernández, “*Estudio de la eficiencia energética en instalaciones de iluminación. Un caso práctico*”, Tesis pregrado, Universidad de Cantabria, España, 2015.
- [49] V. Alcántara, E. Padilla, “*Análisis de las emisiones de CO2 y sus factores explicativos en las diferentes áreas del mundo*”, *Revista de Economía Crítica* ISSN, n° 4, pp. 17-37, 2005.
- [50] S. Meyers, B. Schmitt, M. Chester-Jones, B. Sturm, “*Energy efficiency, carbon emissions, and measures towards their improvement in the food and beverage sector for six European countries*”, *Energy*, Vol. 104, pp. 266–283, 2016.
- [51] S. Y. Garzón, “*Metodología para la identificación de soluciones energéticas sostenibles*”, *Revista Energética*, pp. 67 – 81, 2015.
- [52] S. Owens, L. Driffill, “*How to change attitudes and behaviours in the context of energy*”, Vol. 36, Issue 12, pp. 4418, 2008.
- [53] W. Acosta, M. Ramírez, “*Eficiencia energética basada en la eficiencia energética basada en la apropiación social de la apropiación social de la ciencia y la tecnología. Ciencia y la tecnología. Caso de estudio: producción uso de estudio: producción de cerámica y alfarería del e cerámica y alfarería del municipio de Ráquira*”, *Ingenium*, volumen 15, n° 29, pp. 179-194, 2014.
- [54] Red Colombiana de Conocimiento en Eficiencia Energética RECIEE, 2016.
- [55] Ley 697. Uso racional y eficiente de la energía y utilización de energías alternativas, Republica de Colombia, 2001.
- [56] “*Programa de uso racional y eficiente de energía y fuentes no convencionales – PROURE*” Informe final, Ministerio de Minas y Energía, República de Colombia, 2010.
- [57] “*Reglamento técnico de instalaciones eléctricas - RETIE*”, Ministerio de Ministerio de Minas y Energía, República de Colombia, 2013.
- [58] “*Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público - RETILAP*”, Ministerio de Ministerio de Minas y Energía, República de Colombia, 2013.

- [59] *"Reglamento técnico de etiquetado - RETIQ"*, Ministerio de Minería y Energía, República de Colombia, 2015.
- [60] *"Reglamento técnico de calderas - RTC"*, Ministerio de Minería y Energía, República de Colombia, 2015.
- [61] Ley 1715. Integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional, República de Colombia, 2014.
- [62] R. C. Lázaro, *"Metodología para la reducción de la demanda energética basada en medida y verificación, eficiencia energética y energías renovables. Aplicación a procesos de frío en la industria enológica"*. Tesis doctoral, Universidad de La Rioja. España, 2015.
- [63] J. F. Flórez, *"Ciclo de vida de un proyecto de ingeniería"*. Ingeniería de Proyecto de Automática. Universidad del Cauca. Abril de 2017.
- [64] *"Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK) del PMI"*, Project Management Institute.
- [65] Harris, P. *"PRINCE2: planning and control using Microsoft Project"*. 2007.
- [66] *"Project Development and Strategies for Success"*, Berkeley Research Group. 2012.
- [67] Norma UNE 66175:2003. Guía para la implantación de sistemas indicadores, AENOR, 2003
- [68] ISO 22400-2:2014 Automation systems and integration -- Key performance indicators (KPIs) for manufacturing operations management -- Part 2: Definitions and descriptions, International Organization for Standardization, 2014.
- [69] *"Manual para el diseño y la construcción de indicadores Instrumentos principales para el monitoreo de programas sociales de México"*, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), México, 2013.
- [70] *"Guía para la construcción y análisis de Indicadores de Gestión"*, Departamento Administrativo de la Función Pública, República de Colombia, 2015.
- [71] J. A. Pareja Vasseur, M. Serna Rodríguez, *"Proyección de la TIR del inversionista a través de ecuaciones lineales"*, REVISTA Universidad EAFIT, Vol. 44. No. 152, pp. 80-89, 2008.
- [72] A. L. Toro Romero, Jefa de la Oficina de Planeación, comunicación personal.
- [73] *"Guía de ahorro y eficiencia energética en oficinas"*, WWF España, 2008.
- [74] *"Cambiano los hábitos de consumo energético. Directrices para programas dirigidos al cambio de comportamiento"*, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid, 2009.