

**REPÚBLICA DE CUBA.
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR.
UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS.
FACULTAD DE INGENIERÍA**



TABAJO DE DIPLOMA

TÍTULO: Metodología para la inspección energética de equipos de aire acondicionado tipo ventana y Split.

AUTOR: Pedro Luis Pineda Quesada.

TUTOR: Mario Álvarez Guerra Plasencia.

AÑO 64 DE LA REVOLUCIÓN

Cienfuegos, 2023

“Un ingeniero tiene la capacidad de resolver cualquier problema. Y si no hay problemas, tiene la capacidad de crearlos para no aburrirse”

Agradecimientos:

- A mis padres por su guía y apoyo incondicional a pesar de las distancias.
- A mi familia en general y amigos por estar siempre a mi lado y mostrándome su apoyo en todo momento para poder cumplir mis metas.
- A mi tutor Mario Álvarez Guerra Plasencia por mostrarme el camino correcto en el desarrollo de este proyecto.

A todos, muchas gracias.

Dedicatoria

- A quienes me dieron la vida y enseñaron a conducirme en ella, mis padres.
- A mi pareja, quien es mi compañera y mi motor.
- A mi tutor por estar siempre a mi disposición y brindarme las herramientas para llevar a cabo este trabajo.
- A todas aquellas personas que contribuyeron al desarrollo de este trabajo.

Resumen:

En nuestro país se toman medidas para lograr una mayor eficiencia en el manejo y consumo de los portadores energéticos, entre las que destaca la implementación de sistemas de gestión energética según la NC ISO 50001:2011. La fase de planificación energética de esta norma requiere una evaluación energética de la organización, durante la cual se debe analizar el uso y el consumo de la energía basándose en mediciones y otro tipo de datos, identificar las áreas de uso significativo de la energía e identificar, priorizar y registrar oportunidades para mejorar el desempeño energético.

Para cumplimentar esto se requiere realizar inspecciones energéticas a los diferentes equipos y áreas de uso significativo de la energía, como los equipos de aire acondicionado tipo ventana y split, lo que resulta el objetivo general de este trabajo.

En el mismo se propone una metodología para la inspección energética a equipos de aire acondicionado tipo ventana y split a partir del análisis bibliográfico sobre los equipos de aire acondicionado, así como de las metodologías y/o métodos existentes para la realización de la inspección energética. Por último, se realiza un estudio del caso en la Región Militar de Cienfuegos para evaluar la eficacia de la metodología propuesta.

Palabras claves: metodología, inspección, climatización, implementación.

Summary.

In our country, measures are taken to achieve greater efficiency in the management and consumption of energy carriers, including the implementation of energy management systems in accordance with NC ISO 50001:2011. The energy planning phase of this standard requires an energy assessment of the organization, during which energy use and consumption must be analyzed based on measurements and other data, areas of significant energy use must be identified, identified, and opportunities to improve energy performance identified, prioritized, and recorded.

To accomplish this, it is necessary to carry out energy inspections of the different equipment and areas of significant energy use, such as window and split type air conditioning equipment, which is the general objective of this work.

It proposes a methodology for the energy inspection of window and split type air conditioning equipment based on the bibliographic analysis of air conditioning equipment, as well as the existing methodologies and/or methods for carrying out the energy inspection. Finally, a case study is carried out in the Military Region of Cienfuegos to evaluate the effectiveness of the proposed methodology.

Keywords: methodology, inspection, air conditioning, implementation.

Índice.

INTRODUCCION:	10
Capítulo 1: Revisión bibliográfica.	12
1.1- Importancia de los equipos de aire acondicionado en el consumo energético de una institución.	12
1.2- Metodologías de inspección energética a equipos de aire acondicionado.	13
1.2.1- Condiciones que deben cumplir la metodología de inspección energética a equipos de aire acondicionado.	16
1.2.2- Tipos de inspecciones energética a equipos de aire acondicionado: .	17
1.2.3- Ejemplos de metodologías:	18
1.3- Conclusiones parciales:	22
Capítulo 2: Metodología para auditoría energética a equipos de aire acondicionado tipo ventana y split.	23
2.1 Definición de roles	23
2.2 Alcance	23
2.3 Metodología	24
PASO 1. Adquisición y planificación de la auditoría energética	25
2.3.1 Planificación de la auditoría a los equipos de climatización	25
2.3.2 Adquisición de la auditoría energética	25
2.3.3 Planificación de la auditoría	25
PASO 2. Reunión de Apertura	28
2.3.2 Reunión inicial para la auditoría energética	28
PASO 3. Recopilación de datos	31
2.3.3 Recopilación de la información	31
2.3.3.1 Posibles fuentes de datos, descripción general de la recopilación de datos	32
2.3.3.2 Recopilación general de datos para los sistemas de climatización ...	32
PASO 4. Plan de medición	33

2.3.4 Plan de medición.....	33
2.3.4.1 Selección de los sistemas a medir.....	33
2.3.4.2 Antes de las mediciones.....	33
2.3.4.3 Elementos de un plan de medición.....	34
2.3.4.4 Proceso de medición.....	36
2.3.4.5 Elección del equipo de medición para auditoría en equipos de aire acondicionado tipo ventana y split.....	36
PASO 5. Realización de la visita al sitio.....	40
2.3.5 Visita al sitio.....	40
2.3.5.1 Realización de mediciones.....	40
PASO 6. Análisis de datos.....	40
2.3.6. Análisis del desempeño energético actual.....	41
2.3.6.1 Requisitos legales.....	42
2.3.6.2 Metodología para la evaluación de eficiencia energética del sistema o equipo y de sus prestaciones.....	43
2.3.6.2.1 <i>Método general.</i>	43
2.3.6.2.2 Método específico para equipos tipo split.....	47
2.3.6.3 Identificación de oportunidades de mejora.....	48
2.3.6.4 Evaluación de oportunidades de mejora.....	48
2.3.6.5 Evaluación económica de la medida propuesta.....	48
PASO 7. Informes de auditoría energética.....	50
PASO 8. Reunión de clausura.....	51
Paso 9. Conexión al Sistema de Gestión de la Energía (SGEn).....	52
2.3.9.1 Conexión a la gestión energética.....	52
2.4- Conclusiones parciales:.....	53
Capítulo 3: Estudio de caso en la Región Militar de Cienfuegos.....	54
3.1- Descripción de la instalación:.....	54
3.2- Resultados de la inspección:.....	55

3.3- Conclusiones parciales.....	58
Conclusiones generales.....	58
Recomendaciones	59
Bibliografía.....	60
Anexos:.....	61
Anexo 1. Modelo para la información general. Paso 1 Planificación de la auditoría.....	61
Anexo 2. Datos generales del equipo de aire acondicionado.....	62
Anexo 3. Perfil de funcionamiento del equipo de aire acondicionado	63
Anexo 4. Lista de puntos de medición	63
Anexo 5. Datos específicos de mediciones al equipo de aire acondicionado. .	64

INTRODUCCION:

En la actualidad los equipos de aire acondicionado se han convertido en una necesidad básica presente en diversas áreas de los sectores de bienes y servicios, que van desde el uso doméstico hasta sus múltiples aplicaciones tanto en la industria como en oficinas, establecimientos comerciales, museos, laboratorios, hospitales, etc.

Ante la creciente necesidad de disminuir el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), se han desarrollado múltiples metodologías y/o métodos con el fin de cumplimentar esa tarea.

En nuestro país se toman medidas para lograr una mayor eficiencia en el manejo y consumo de los portadores energéticos. Una de las más significativas es la adopción de la norma internacional ISO 50001 (Organización Internacional de Normalización), que en Cuba se estableció en el año 2011 bajo la denominación NC ISO 50001:2011 Sistemas de gestión de la energía — requisitos con orientación para su uso y fue actualizada a la nueva versión en 2018 (NC ISO 50001:2018, 2019).

Con la implementación de esta norma el país pretende impulsar la implementación de sistemas de gestión energética que permitan disminuir los costos, controlar y reducir al máximo las emisiones de GEI, trazando estrategias para el correcto uso de los portadores energéticos. Todo esto permite el desarrollo de una conciencia energética en la sociedad que es indispensable para lograr disminuir la influencia del ser humano en el curso de la vida de la naturaleza.

La fase de planificación energética de implementación de la norma requiere una evaluación energética de la organización, durante la cual la misma debe:

- 1- Analizar el uso y el consumo de la energía basándose en mediciones y otro tipo de datos.
- 2- Basarse en el uso y el consumo de la energía, identificar las áreas de uso significativo de la energía.

- 3- Identificar, priorizar y registrar oportunidades para mejorar el desempeño energético.

Para cumplimentar esto se requiere realizar inspecciones energéticas a los diferentes equipos y áreas de uso significativo de la energía, como los equipos de aire acondicionado tipo ventana y split, de amplia utilización en todo tipo de edificaciones, de donde se infiere el siguiente:

Problema científico:

Necesidad de establecer metodología para la inspección energética a equipos de aire acondicionado tipo ventana y Split, que permita cumplir con los requisitos expuestos en la NC ISO 50001:2019.

Hipótesis:

Empleando diversos criterios termodinámicos y operacionales, es posible establecer una metodología para la inspección a los equipos de aire acondicionado tipo ventana y Split que cumpla con los requisitos exigidos en la NC ISO 50001:2019.

Objetivo general:

Establecer una metodología para la inspección energética a equipos de aire acondicionado tipo ventana y Split.

Objetivos específicos:

- 1- Obtener y analizar información sobre los equipos de aire acondicionado, así como de las metodologías y/o métodos existentes para la realización de la inspección energética.
- 2- Definir una metodología para la inspección energética a los equipos de aire acondicionado tipo ventana y Split.
- 3- Realizar estudio del caso en la Región Militar de Cienfuegos para evaluar la eficacia de la metodología a implementar.

Capítulo 1: Revisión bibliográfica.

1.1- Importancia de los equipos de aire acondicionado en el consumo energético de una institución.

Los equipos de aire acondicionado pueden representar una parte significativa del consumo de energía en una instalación. ¿Por qué?

- 1. Potencia requerida:** Los equipos de aire acondicionado funcionan con sistemas de compresión y refrigeración que requieren electricidad para funcionar. Estos sistemas suelen consumir una cantidad importante de energía debido a la potencia necesaria para enfriar o calentar el aire y hacerlo circular a través de los conductos.
- 2. Uso intenso:** Las unidades de aire acondicionado se utilizan ampliamente en muchas instalaciones, especialmente en climas cálidos o edificios que requieren un control constante de la temperatura. El tiempo de funcionamiento prolongado de estos equipos hace que consuman más energía en comparación con otros dispositivos en la instalación.
- 3. Eficiencia energética:** La eficiencia energética de los equipos de aire acondicionado varía según el modelo, la edad y el mantenimiento que se les ha dado. Los equipos más antiguos suelen tener menor eficiencia energética y, por lo tanto, pueden consumir más energía para lograr el mismo nivel de enfriamiento. Los equipos más modernos y eficientes energéticamente pueden ayudar a reducir el consumo de energía al utilizar tecnologías más avanzadas y componentes más eficientes.
- 4. Tamaño y capacidad del equipo:** El tamaño y la capacidad del equipo de aire acondicionado también pueden influir en el consumo de energía de una instalación. Si el equipo es demasiado grande para el espacio que se está enfriando, puede haber un desperdicio de energía al encender y apagar frecuentemente. Por otro lado, si el equipo es demasiado pequeño, puede funcionar durante períodos prolongados para mantener la temperatura deseada, lo que también aumenta el consumo de energía.

Es importante tener en cuenta que, para reducir el consumo de energía de los equipos de aire acondicionado, se puede tomar medidas como garantizar el tamaño correcto, un mantenimiento regular, utilizar sistemas eficaces de control de temperatura y mejorar la eficiencia energética de sus equipos. Estas medidas ayudarán a reducir el impacto de los equipos de aire acondicionado en el consumo de energía de su unidad.

1.2- Metodologías de inspección energética a equipos de aire acondicionado.

Se requieren auditorías energéticas de los equipos de aire acondicionado para garantizar el cumplimiento de los estándares de seguridad y eficiencia energética y para identificar mejoras que puedan reducir el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Un estudio de la ONU encontró que aumentar la eficiencia de los equipos de aire acondicionado podría reducir las emisiones globales de CO₂ hasta 460 mil millones de toneladas para el 2060, para lograr esto, se recomienda utilizar tecnologías más eficientes, como unidades con calificación de eficiencia energética A+++ y fomentar la adopción de estándares de eficiencia energética más estrictos(AIE, PNUMA, 2018). Las medidas de conservación de energía también aportan otros beneficios, incluida la mejora de la calidad del aire y la reducción de desperdicio en alimentos.

Por tanto, la auditoría energética de los equipos de aire acondicionado es una forma de contribuir a la protección del medio ambiente y al ahorro económico.

Los requisitos de inspección del aire acondicionado varían según el tipo de unidad y la capacidad(Real Decreto 178,2021, 2021).

Es crucial realizar una metodología de inspección a los equipos de aire acondicionado por las siguientes razones:

1. Seguridad: Los equipos de aire acondicionado funcionan con sistemas eléctricos complejos y, si no se inspeccionan regularmente, pueden representar un peligro potencial para los usuarios. La inspección regular de los equipos de aire acondicionado es fundamental para identificar y corregir problemas antes de

que se conviertan en fallas graves. Esto permite realizar un mantenimiento preventivo, evitando interrupciones no planificadas y costosas reparaciones.

2. Eficiencia energética: Un equipo de aire acondicionado que no está funcionando correctamente puede consumir más energía de la necesaria. Las inspecciones regulares permiten identificar y solucionar problemas de eficiencia energética, como fugas de refrigerante, obstrucciones en los conductos de aire o problemas en los componentes del sistema. Al corregir estos problemas no solo asegura la comodidad de los usuarios, sino que también ayuda a reducir los costos de energía al evitar que el equipo funcione de manera ineficiente.

Actualmente está muy extendida la utilización de las etiquetas de eficiencia energética tanto en electrodomésticos como en equipos de aire acondicionado para garantizar que los compradores tomen una decisión informada sobre las eficiencias de los equipos que compran.

3. Durabilidad y vida útil: Los equipos de aire acondicionado son inversiones significativas, y su vida útil puede verse afectada por la falta de mantenimiento adecuado. Una metodología de inspección regular ayuda a detectar y solucionar problemas anticipadamente, prolongando la vida útil del equipo, evitando reparaciones costosas o reemplazos prematuros.

4. Calidad del aire interior: Los equipos de aire acondicionado son responsables de regular la calidad del aire interior. Si no se inspeccionan y mantienen adecuadamente pueden presentar riesgos de seguridad, ya que pueden acumular polvo, bacterias y alérgenos en los filtros y conductos de aire, y a su vez, afectar la calidad del aire interior y contribuir a problemas de salud. Las inspecciones regulares permiten identificar y corregir estas condiciones peligrosas, garantizando la seguridad de los usuarios.

5. Cumplimiento normativo: En muchos países, las regulaciones y normativas exigen que los equipos de aire acondicionado sean inspeccionados y mantenidos de manera regular. Cumplir con estas normas no solo es necesario para evitar sanciones y multas, sino también para garantizar un ambiente seguro y saludable para los ocupantes de los edificios. A nivel internacional numerosos países han establecido normas técnicas como respuesta a la necesidad de incrementar el ahorro de energía y la preservación de recursos energéticos.

Generalmente esas normas técnicas tienen la finalidad de establecer el nivel mínimo de eficiencia energética que deben cumplir los acondicionadores de aire y especifican, además, los métodos de prueba que deben usarse para verificar dicho cumplimiento.

Ejemplos:

- **México:** NOM-021-ENER/SCFI/ECOL-2000 establece, en su punto 4.32, la relación de Eficiencia Energética (REE), como la eficiencia energética de un acondicionador de aire tipo cuarto y establece los valores mínimos que deben cumplirse cuando se expresan en W_t/W_e o máximos cuando se expresan en kW/TR (NOM-021-ENER/SCFI/ECOL, 2020).

- **Panamá:** NORMA TÉCNICA DGNTI-COPANIT 509:2016, Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo dividido con flujo de refrigerante variable, descarga libre y sin ductos de aire. Límites y métodos de prueba (NORMA TÉCNICA DGNTICOPANIT 509, 2016).

- **Cuba:** Resolución No. 183/2004 del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), la cual establece los requisitos técnicos y los procedimientos para la obtención y renovación de Certificado de Eficiencia Energética de los equipos de aire acondicionado (Resolución No. 183/2004, CITMA, 2004).

Algunos de los requisitos expuestos en esta resolución son los siguientes:

- 1- Eficiencia energética: los equipos de aire acondicionado deben cumplir con ciertos estándares de eficiencia energética establecidos por las autoridades competentes.
- 2- Etiquetado energético: los equipos de aire acondicionado deben llevar una etiqueta que indique su eficiencia energética, la cual debe ser verificada durante la inspección.
- 3- Calibración y mantenimiento: los equipos de medición utilizados para evaluar la eficiencia energética de los equipos de aire acondicionado deben estar debidamente calibrados y mantenidos.

- 4- Informe de inspección: durante la inspección, se debe realizar un informe que incluya el estado actual del equipo, los resultados de las mediciones realizadas, las recomendaciones de mejora y cualquier otra información relevante.

1.2.1- Condiciones que deben cumplir la metodología de inspección energética a equipos de aire acondicionado.

Una metodología de inspección energética a equipos de aire acondicionado es un conjunto de pasos y procedimientos establecidos para evaluar el rendimiento energético de estos equipos (Directiva 2010/31/CE, 2010). Esta metodología puede incluir:

- 1- **Recopilación de datos:** se recopila información sobre el equipo de aire acondicionado, como capacidad, modelo, antigüedad, historial de mantenimiento, etc.
- 2- **Medición de consumo energético:** se realizan mediciones de la energía consumida por el equipo durante un período determinado.
- 3- **Evaluación del funcionamiento:** se verifica que el equipo esté funcionando correctamente, sin fugas de refrigerante, con el termostato correctamente ajustado, entre otros aspectos.
- 4- **Inspección de componentes:** se verifica el estado de los componentes del equipo, como filtros, serpentinas, compresor, motor, etc., para asegurar que estén limpios y en buen estado de funcionamiento.
- 5- **Identificación de mejoras:** se identifican posibles mejoras en el rendimiento energético del equipo, como la instalación de dispositivos de control de temperatura, la optimización de los ajustes del termostato, la mejora del aislamiento de las tuberías, etc.
- 6- **Elaboración de informes:** se elabora un informe con los resultados de la inspección y las recomendaciones de mejora.

1.2.2- Tipos de inspecciones energética a equipos de aire acondicionado:

Existen diferentes metodologías para evaluar la eficiencia energética de los aires acondicionado y su elección dependerá del tipo, la potencia y el uso de los equipos. Entre las metodologías o métodos existentes para la ejecución de la inspección energética a equipos de aire acondicionado se encuentran los siguientes ejemplos

- **Inspección visual:** Esta es la forma más básica de inspección energética y consiste en realizar una observación visual del equipo de aire acondicionado para identificar posibles fugas de aire, obstrucciones en los conductos, suciedad en los filtros, entre otros.
- **Medición de consumo energético:** Para realizar una inspección energética efectiva, es necesario medir el consumo de energía del equipo de aire acondicionado utilizando un medidor de energía. Esto le permite estimar el consumo de energía del equipo en función de las condiciones climáticas, características de construcción, perfil de uso y recursos renovables disponibles. Este procedimiento se utiliza para verificar los requisitos legales para la certificación energética del edificio y el Código Técnico de la Edificación (CTE). Lo cual nos permitirá conocer la eficiencia energética del equipo y establecer una base para futuras comparaciones.
- **Análisis de datos:** Una vez recopilados los datos de consumo energético del equipo de aire acondicionado, es importante analizar estos datos para identificar patrones de consumo, identificar posibles oportunidades de mejora y establecer metas de eficiencia energética.
- **Pruebas de rendimiento:** Esta metodología implica realizar pruebas de rendimiento para evaluar la capacidad de enfriamiento del equipo de aire acondicionado, su eficiencia energética y su nivel de cumplimiento de las normas y regulaciones. Estas pruebas pueden incluir mediciones de temperatura, velocidad de flujo de aire y presión.

- **Puesta en marcha de las instalaciones:** Este es un proceso que asegura el correcto funcionamiento de los equipos de climatización y el cumplimiento de las especificaciones técnicas legales. La puesta en marcha incluye pruebas funcionales, ajuste, balanceo, seguimiento y control de equipos e instalaciones. La puesta en servicio debe realizarse antes que la planta entre en funcionamiento y debe documentarse mediante informes.

1.2.3- Ejemplos de metodologías:

En España, el Real Decreto 178/2021 por el que se modifica el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) establece los siguientes controles(Real Decreto 178/2021, España, 2021):

- **Inspección inicial:** Esto se realiza antes de la puesta en marcha para garantizar que la instalación cumple con los requisitos técnicos del RITE y del Código Técnico de la Edificación (CTE).
- **Inspecciones periódicas de eficiencia energética:** Se realiza cada 5 años para unidades de aire acondicionado y ventilación con potencia nominal superior a 12 kW. Estas inspecciones evalúan el estado de conservación y mantenimiento de las instalaciones, así como el rendimiento energético y las posibles mejoras.
- **Inspección de la instalación térmica completa:** Se realiza cada 10 años para instalaciones con una potencia útil superior a 100 kW. Esta inspección cubre todos los aspectos de la instalación, incluidos los sistemas de generación, distribución, regulación, control y emisiones.

Las pruebas deben ser realizadas por una empresa calificada o un organismo de pruebas acreditado que informe los resultados y recomendaciones relevantes. El propietario de la unidad está obligado a conservar el informe y, en su caso, a

remitirlo a las autoridades competentes. Además, se deben tomar medidas correctivas específicas si la instalación no cumple con los requisitos legales.

A nivel europeo está vigente Directiva Europea de Rendimiento Energético de las Edificaciones (Energy Performance of Buildings Directive (EPBD))(Maxime Dupont, s. f.).

El artículo 9 de la EPBD lleva por título "Inspección de equipos de aire acondicionado". Prevé que los Estados miembros adoptarán las medidas necesarias para establecer inspecciones periódicas de los sistemas de aire acondicionado con una potencia nominal efectiva superior a 12 kW, con el fin de reducir el consumo de energía y limitar las emisiones de dióxido de carbono. Esta inspección también incluye una evaluación de la eficiencia y el tamaño del sistema de aire acondicionado en comparación con los requisitos de refrigeración del edificio. Finalmente, los usuarios reciben asesoramiento adecuado sobre posibles mejoras, reemplazos y soluciones del sistema de aire acondicionado.

La EPBD define un sistema de aire acondicionado como "una combinación de todos los componentes necesarios para proporcionar una forma de tratamiento del aire capaz de controlar o reducir la temperatura, preferiblemente combinado con ventilación, humedad y control de la calidad del aire". Por otro lado, "la potencia efectiva (expresada en kW) es la potencia calorífica máxima especificada por el fabricante, garantizada durante un uso continuo, y el rendimiento útil declarado por el fabricante". Sin embargo, incluso después de definir estos términos, el artículo 9 sigue siendo ambiguo, ya que el límite de 12 kW puede definirse de diferentes maneras. Los Estados miembros deben determinar el valor del límite de 12 kW mediante un análisis costo-beneficio.

Estas limitaciones están relacionadas con la capacidad de ahorro de energía, por un lado, y la carga de trabajo (número de comprobaciones), por otro. Cuanto menor sea el límite (cuanto mayor sea el alcance), más energía ahorrará. Hay cuatro formas de entender las restricciones:

- 12 kW por unidad de refrigeración. Solo se consideran equipos con una potencia efectiva superior a 12 kW.

- 12 kW por zona de temperatura controlada. Se tienen en cuenta todos los equipos de refrigeración ubicados en una misma zona térmica (conectados por un sistema de control común) pero con una potencia efectiva total superior a 12 kW (la potencia efectiva individual puede ser inferior a 12 kW).
- 12 kW por edificio. Incluye todos los equipos de refrigeración pertenecientes a un mismo edificio (delimitado por una pared exterior) pero con una potencia nominal efectiva total superior a 12 kW (donde se permiten potencias efectivas individuales inferiores a 12 kW).
- 12 kW por propietario en este edificio. Si existe interés en una edificación según la definición técnica anterior, la superficie se puede ampliar a inmuebles.

Cualquiera que sea la definición que elija, la conclusión es que las inspecciones periódicas de su sistema de aire acondicionado son importantes.

La inspección periódica enfatiza la racionalidad económica y ambiental de la sustitución total o parcial de las unidades de aire acondicionado o del cambio de su modo de funcionamiento. Es importante destacar que una instalación puede ser totalmente funcional y operarse sin ahorro energético.

El término "eficiencia energética" es totalmente relativo y depende de la instalación subyacente. Por tanto, la baja eficiencia energética debe evaluarse considerando siempre una referencia clara y pueden identificarse tres casos básicos:

- Baja eficiencia inicial. El equipamiento posee una eficiencia inferior a la eficiencia media de los equipos disponibles en el momento de su instalación inicial. Esto puede deberse a mediciones incorrectas, selección de equipos innecesarios o instalación incorrecta.
- Inicialmente, el desempeño fue consistente con los niveles de desempeño promedio anteriores, pero la eficiencia actual es menor en comparación con los estándares de desempeño promedio actuales. A esto se le llama obsolescencia tecnológica.

- La eficiencia energética es menor en comparación con los mejores estándares de desempeño actuales (logrados utilizando equipos energéticamente eficientes), pero el desempeño cumple con los estándares promedio actuales.

De esta manera, las inspecciones pueden acelerar el reemplazo de los sistemas de climatización por sistemas más nuevos y eficientes, mostrando a los propietarios de edificios que sus instalaciones están funcionando a un nivel menos eficiente.

Las inspecciones también son una oportunidad para recordar a los propietarios de edificios la importancia de las operaciones y el mantenimiento adecuados para muchos procesos. Sin un uso y mantenimiento adecuados, la eficiencia del aire acondicionado disminuirá con el tiempo. Por lo tanto, es importante prestar atención a las buenas prácticas de mantenimiento e inspección al inspeccionar, ya que los propietarios de edificios no necesariamente son conscientes de ello. Uno de los propósitos de la inspección es mejorar las operaciones y el mantenimiento o contratar una empresa profesional para hacerlo.

En última instancia, las inspecciones son una forma para que los propietarios de edificios garanticen el cumplimiento de diversas regulaciones actuales y futuras en las industrias de la construcción y la energía.

En cuanto a la mano de obra necesaria para la inspección pueden definirse dos escenarios en relación con las personas encargadas de inspeccionar las instalaciones de aire acondicionado. Por un lado, si la inspección requiere "expertos en energía" o "expertos en aire acondicionado", las autoridades competentes tendrán que certificar a consultores para hacerlo. Por otra parte, si la inspección sólo requiere "simples inspectores" sin conocimientos especializados, es posible que dediquen la mayor parte de su tiempo a la inspección periódica.

Para facilitar la inspección energética, el acceso a documentos clave, como los registros de construcción, es esencial. Sin embargo, esta información normalmente no está disponible en el edificio, por lo que los inspectores inevitablemente pierden mucho tiempo buscándola. Luego, los encargados de la inspección energética deben solicitar que este registro se cree, utilice y actualice

en el contexto de esta disposición de inspección energética para facilitar la aplicación de las regulaciones energéticas y de construcción existentes o futuras.

En cuanto a la normativa energética y de edificación, observamos que la norma europea sobre la inspección periódica no hace ninguna referencia a la normativa vigente en la actualidad o en el momento de la construcción. Sin embargo, parece lógico que una inspección de este tipo compruebe si las instalaciones técnicas incluidas respetan o no la normativa vigente (en el momento de la instalación y/o ahora).

Dado que estas normas se mejoran periódicamente, la inspección también debe proponer regularmente mejoras que alcancen las normas energéticas y medioambientales más recientes y estrictas. En teoría, estas verificaciones deberían ser la base de la inspección periódica para que las futuras regulaciones se apliquen más rápidamente.

1.3- Conclusiones parciales:

1. Los equipos de aire acondicionado representan una parte importante del consumo energético de las edificaciones y contribuyen significativamente a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de este sector.
2. La determinación del potencial de ahorro de energía y de reducción de emisiones de GEI resultan los objetivos fundamentales de los proyectos de eficiencia energética en equipos de aire acondicionado, aspectos que deben incluirse en la política energética de toda organización que implemente la NC ISO 50001:2019.
3. Para el desarrollo de proyectos de eficiencia energética en equipos de aire acondicionado se requiere recopilar información acerca de la eficiencia energética del sistema actual, las características de uso de la instalación y las prácticas de mantenimiento empleadas, cuestiones que debe garantizar toda metodología de inspección o verificación a utilizar.
4. Existen diferentes normativas internacionales para la realización de inspecciones energéticas a equipos de climatización en las edificaciones. Ellas difieren por su alcance, objetivos y métodos de cálculo empleados. En la búsqueda bibliográfica no se hallan metodologías dedicadas específicamente a los equipos de aire acondicionado tipo split o ventana, que son los más utilizados en Cuba.

Capítulo 2: Metodología para auditoría energética a equipos de aire acondicionado tipo ventana y split.

2.1 Definición de roles

La presente guía está escrita desde la perspectiva de un auditor externo de energía, pero también puede ser utilizado por personal de la entidad como el especialista energético (Zambrano, 2009).

Auditor de energía: Es un individuo o un equipo de personas que realizan la auditoría energética.

Auditoría energética: Es el análisis del uso y consumo de energía dentro de un alcance definido de la auditoría energética para identificar, cuantificar e informar sobre las oportunidades para mejorar el desempeño energético.

Por lo general, por varias razones, no todas las tareas se pueden realizar por un auditor externo. Además, los auditores de energía pueden estar especializados sobre temas organizacionales o tecnológicos particulares. Por lo tanto, se puede trabajar en un equipo de auditoría energética a través de reuniones personales o talleres y/o incluir la experiencia de personal interno y expertos externos.

Algunos auditores pueden definirse a sí mismos como moderadores liderando al personal interno de la organización a través de los pasos recomendados.

Dependiendo de la empresa, la contraparte principal del auditor de energía es un administrador de energía (Energético) o alguien que cumple en parte este papel (por ejemplo, el electricista de la planta, el jefe del departamento tecnológico, o el gerente ambiental, de calidad, de seguridad).

En general, esta persona conoce los principales procesos consumidores de energía y/o es responsable de monitorear el consumo de energía en la empresa. Las competencias necesarias para la auditoría energética específica se definirán durante la reunión de apertura.

2.2 Alcance

Los equipos de climatización tipo ventana y split clasifican como sistemas autónomos y de expansión directa, también llamados climatizadores individuales. Un equipo autónomo es una máquina frigorífica cuya función es la de extraer la energía calorífica de los locales para expulsarla al ambiente exterior.

Su funcionamiento se basa sobre el intercambio de energía y cambio de fases o estado de un fluido frigorífico.

2.3 Metodología

En la Figura 1 se muestra un diagrama explicativo de los nueve pasos que comprende la metodología propuesta para la auditoría energética en los sistemas de aire acondicionado acorde a las recomendaciones de la ISO 50002. (ISO 50002, 2014)

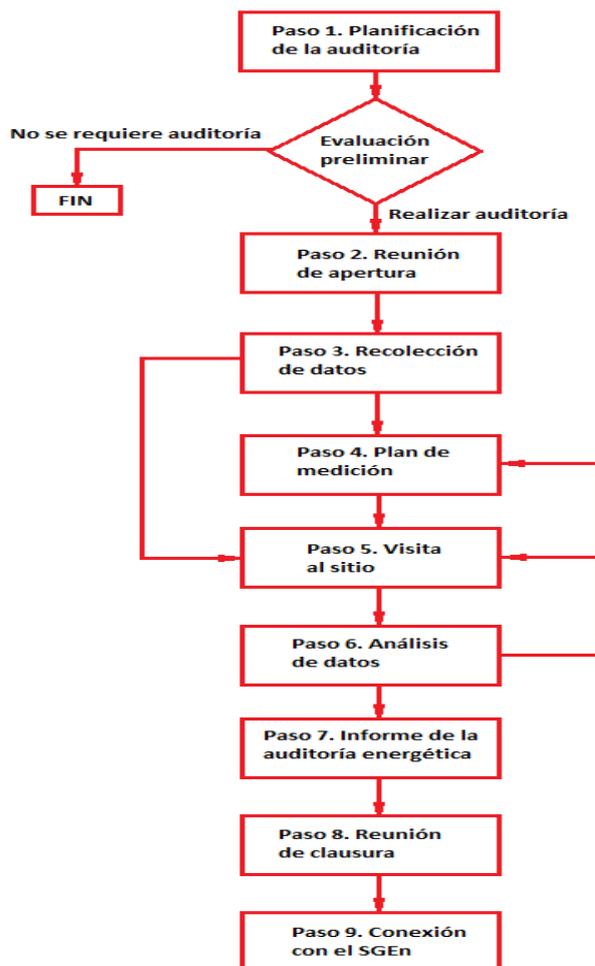


Figura 1. Diagrama de la metodología para auditoría energética.

Los nueve pasos principales de la metodología de auditoría energética para los equipos de aire acondicionado tipo ventana y split se describen más detalladamente en los siguientes epígrafes. Las descripciones contienen la metodología que incluye organización, gestión y aspectos técnicos también como herramientas disponibles que pueden apoyar al auditor de energía en el paso respectivo.

PASO 1. Adquisición y planificación de la auditoría energética

2.3.1 Planificación de la auditoría a los equipos de climatización

En este epígrafe se describe el primer paso de la metodología de auditoría energética. Contiene la información que tiene que ser recopilada al principio o incluso antes de la auditoría energética, define las preguntas relevantes a ser respondidas durante este paso, y describe formas de convencer a la alta gerencia para que comience una auditoría energética. En este paso se debe utilizar la tabla de información general del Anexo 1.

2.3.2 Adquisición de la auditoría energética

La fase de adquisición o inicio generalmente no se considera en las normas de auditoría energética, ya que es la fase anterior la auditoría energética real, pero es muy relevante para definir el alcance de la auditoría como punto de partida. Durante la fase de adquisición, es necesario construir un argumento fuerte para que la alta gerencia respalde la auditoría energética y construir un compromiso para invertir en medidas viables de ahorro de energía.

Para esto, es útil hacer una evaluación preliminar de la empresa, investigar sus objetivos estratégicos y verificar cómo la eficiencia de los equipos de climatización puede contribuir a eso. Esta información ayudará a los auditores de energía para la planificación de la auditoría energética y también durante la reunión de apertura.

Las principales razones para una auditoría energética pueden ser: legales o incentivos financieros para auditorías energéticas o sistemas de gestión energética, refrigerantes en desuso, tiempo de inactividad atribuible al mal funcionamiento de la climatización, altos costos de mantenimiento, problemas de calidad del producto asociado con control de temperatura y humedad, problemas de capacidad (p. ej., temperaturas demasiado altas en áreas laborales o de almacenamiento, presencia de humedad, etc.); o ahorros de energía esperados.

2.3.3 Planificación de la auditoría

El primer paso de una auditoría energética es la planificación. La planificación de la auditoría se puede realizar en el sitio, pero no es obligatorio. En el caso de que se dificulte la reunión por razones de tiempo o distancia, el auditor o la empresa pueden preferir el teléfono o la correspondencia por correo electrónico a una reunión personal para planificar la auditoría.

En esta fase, se espera que el auditor de energía y la empresa auditada definan el alcance de la auditoría energética e identifiquen las necesidades y expectativas para lograr los objetivos de la auditoría. Los resultados de esta primera planificación deberían estar por escrito tanto para que sirva como una propuesta del auditor e internamente para obtener la aprobación de los próximos pasos.

Uno de los temas más importantes será la definición de recursos, es decir, tiempo disponible para el auditor para la finalización de la auditoría. Esta vez está influenciada por los temas particulares discutidos en este epígrafe. Aproximadamente el tiempo puede variar desde un día para pequeñas empresas a una semana in situ para grandes empresas, más un tiempo para el análisis, visitas adicionales para aclarar problemas específicos y presentación de informes. Este tiempo depende, por ejemplo, de la información disponible y las expectativas que se tengan.

Los temas que se planificarán y recopilarán en esta etapa son:

- el período de tiempo necesario para completar la auditoría energética,
- recursos necesarios y disponibles de la organización (por ejemplo, tiempo y dinero asignados a la auditoría energética),
- datos disponibles de la organización (por ejemplo, dibujos, consumos históricos de energía, mediciones),
- copias y un resumen de medidas de eficiencia completadas de estudios previos de eficiencia energética,
- el representante de la organización responsable del proceso de auditoría energética.

Además, un auditor de energía puede solicitar información para establecer el contexto de la auditoría energética, por ejemplo, los requisitos legales; planes para futuras expansiones; actualizaciones de equipos o modernizaciones que pueden afectar el desempeño energético de la organización (ISO 50002, 2014).

Otras preguntas relevantes que deben responderse durante este paso:

- ¿Está la dirección de la empresa generalmente interesada en este tema?
- ¿Es una auditoría energética para sistemas de climatización en esta empresa absolutamente útil?
- ¿Hay suficiente potencial de ahorro energético?

- ¿La empresa puede respaldar a un auditor?
- ¿Qué criterios rentables u otros se utilizarán para clasificar y / o implementar medidas de ahorro de energía?
- ¿Hay recursos financieros suficientes para implementar las medidas de eficiencia energética?

Preguntas más específicas sobre los equipos de aire acondicionado para comprender las prácticas en la planta son, por ejemplo:

¿Mantiene la instalación una base de datos digital de los acondicionadores de aire en servicio? Si es así, solicite una copia.

¿Sigue la instalación una normativa de mantenimiento con enfoque preventivo o predictivo?

¿Todos los equipos de climatización son comprados al mismo fabricante?

¿Ha creado la instalación una política de reparación / reemplazo para acondicionadores de aire en el momento en que fallen?

¿Se han desarrollado nuevas especificaciones para el equipamiento por el personal técnico de la empresa?

¿Cuál es la tarifa que aplica la empresa eléctrica? ¿Existen términos de potencia y energía en el contrato?

La fase de planificación de la auditoría energética se puede estructurar en dos diferentes partes, la recopilación de la información general y la evaluación preliminar (ver Figura 2):



Figura 2. Partes componentes del paso de la planificación de la auditoría energética.

2.3.3.1 Recopilación de la información general sobre la empresa

En primer lugar, se deben recopilar datos generales de la empresa. En el Anexo 1 se muestra una lista de verificación resumida de la información más importante:

dirección de la empresa, sector, número de empleados, finalidad para la que se utilizan los equipos de aire acondicionado, horarios de funcionamiento, nombre y cargo de la persona de contacto. La mayoría de las preguntas pueden ser respondidas por el propio auditor con una breve llamada telefónica a la empresa respectiva.

2.3.3.2 Evaluación preliminar

Encontrar el potencial de ahorro de energía será el problema principal, lo que debe estimarse de manera aproximada basado en la cantidad de energía eléctrica consumida en la empresa, el precio de la electricidad y los costos totales de electricidad en que incurre la empresa. La parte de la energía eléctrica que es utilizada por la climatización puede dar una estimación de cuánto cuesta la operación de los aires acondicionados en esta empresa. Es decir, como un primer indicador de la evaluación preliminar para definir si se requiere una auditoría en los equipos de climatización es definir qué parte en la estructura de consumo representan los mismos de la instalación.

El segundo indicador es el número de acondicionadores de aire y su tiempo de explotación. Esto puede responderse con preguntas tales como: ¿Cuándo fue construida la planta o partes específicas de ella?, ¿Se realizó una renovación de la maquinaria eléctrica? ¿Cuándo? Otras fuentes pueden ser el análisis de los números de identificación (ID) de los equipos. Algunas plantas asignan estos números cronológicamente. Otras plantas mantienen el número de identificación de un equipo averiado en el nuevo que lo reemplaza, lo que hace que la caracterización de la población de aires acondicionados sea más difícil. Basado sobre esta información, es posible estimar aproximadamente el potencial de ahorro.

PASO 2. Reunión de Apertura

2.3.2 Reunión inicial para la auditoría energética

En este epígrafe se discute en detalle el segundo paso de la auditoría, que consiste en la reunión de apertura. Se incluye una lista de verificación de los temas que se debatirán durante esta reunión y recomendaciones de a quién invitar para que participen y cómo lograr el compromiso de la alta dirección.

Si el potencial de ahorro o eficiencia energética en el campo de los equipos de climatización se considera lo suficientemente alto, se puede definir el alcance

técnico y financiero de la auditoría energética. Con frecuencia, la reunión de apertura será el primer encuentro entre el auditor de energía y el representante de la empresa. En otros casos, como se indicó anteriormente, es posible que el auditor ya haya visitado la empresa durante la fase de planificación de la auditoría. Si ese es el caso, esta primera reunión se puede utilizar para aclarar varios puntos planteados en este epígrafe.

En este paso, el auditor de energía debe informar a las partes interesadas sobre el potencial de ahorro de energía de los sistemas de climatización, el alcance de auditoría, los límites y los métodos. La Tabla 1 es una lista de verificación para la reunión.

Tabla 1. Lista de chequeo para la reunión de apertura (basado en la ISO 50002: 2014, pág. 7)

Antes de la reunión	
Invite a representantes responsables a la reunión de apertura	
Preparación de documentos para la reunión	
Durante la reunión	
Comprometer a la alta dirección	
<i>El auditor energético solicitará a la organización que:</i>	
Definir el alcance, límites y métodos de la auditoría energética	
Asignar el personal para ayudar al auditor energético	
Asegurar la cooperación entre las partes afectadas	
Confirmar cualquier condición inusual	
<i>El auditor energético debe acordar con la organización sobre:</i>	
Preparativos para el acceso	
Requisitos de salud, seguridad y protección (ejemplo, instructivos de protección e higiene del trabajo, necesidad de botas de seguridad con casquillos de acero, etc.	
Disponibilidad de recursos financieros	
Requisitos y procedimientos a seguir para la instalación de equipos de medición (ejemplo, electricistas de planta certificados, necesidad de guantes aislantes, etc)	
Después de la reunión: plan de acción	
Se desarrollará un plan de acción para la evaluación	

Para la reunión de apertura, se deben invitar las personas siguientes para garantizar el compromiso:

- Alta dirección o responsable de la empresa
- Responsable de la dirección de economía o económico de la empresa
- Expertos en los procesos industriales en la empresa
- Energético de la empresa o responsable por cuestiones energéticas dentro de la empresa (en algunas empresas puede ser el jefe de mantenimiento)

La tarea del auditor de energía es convencer a la alta dirección de las ventajas de una auditoría energética y de proporcionar los recursos humanos y financieros para llevarla a cabo. Además, los empleados darán sus mejores esfuerzos para la auditoría energética solo si su administración está consciente de la importancia de la auditoría.

Los puntos principales que deben discutirse en la reunión de apertura son el alcance, los límites y los métodos de la auditoría energética. Ejemplos de objetivos de una energía auditoría puede ser:

- Determinar el consumo de energía actual de sistemas de climatización específicos
- Definir el potencial de eficiencia energética de los distintos sistemas de climatización
- Identificar las oportunidades de mejora del desempeño en esta área

Con respecto al límite de la auditoría energética, es altamente relevante identificar la categoría de sistemas de acondicionamiento de aire, la frontera del sistema, y la parte física de la empresa donde se hayan emplazados. Definir el límite depende de las necesidades, expectativas y recursos financieros de la empresa, así como en los posibles datos disponibles antes de comenzar la auditoría energética, por ejemplo, planos, manuales, informes de ensayos, información de la facturación histórica de energía eléctrica, seguimiento informático y datos de control.

El auditor energético debe confirmar cualquier condición inusual que pueda afectar la auditoría energética o el desempeño energético, es decir, trabajos de

mantenimiento, visitas especiales (cliente, inspecciones por entidades reguladoras, etc.), cambios significativos en el volumen de producción, entre otros. De esta forma, se pueden identificar los posibles riesgos y el auditor estará mejor preparado en estos casos especiales (ISO 50002, 2014, pág. 7). Además, debe tenerse en cuenta la influencia de tales eventos en los datos de consumo de energía y en el tiempo de medición apropiado.

En la reunión de apertura deben discutirse las siguientes preguntas referentes a equipos de medición:

- ¿El método de medición elegido es el adecuado?
- ¿Hay circunstancias especiales a tener en cuenta, por ejemplo, ¿puede interrumpirse la producción?, ¿hay que quitar el aislamiento para medir flujo de un fluido caliente?
- ¿Se requiere un equipo de medición especial debido a un entorno de medición peligroso?
- ¿Qué precisión de la medición se requerirá para el proceso de auditoría energética?

El auditor de energía y el equipo de evaluación deben tomar notas durante la reunión de apertura para transformar los temas tratados en un plan de acción significativo. Este plan debe incluir no solo todas las actividades planificadas del auditor energético y el equipo de evaluación, sino también actividades que la empresa debe realizar durante el proceso de auditoría. Un plan de acción completo y bien diseñado puede simplificar los siguientes pasos de la auditoría energética. Además, esto ayuda a las personas involucradas a comprender los procesos y la estructura de la auditoría de una manera más eficiente.

El último punto de la reunión inaugural está dedicado al compromiso de la dirección con la auditoría energética. Hasta donde sea posible, todos los puntos mencionados anteriormente, deben quedar claros y acordados.

PASO 3. Recopilación de datos

2.3.3 Recopilación de la información

En este epígrafe se describe el tercer paso de la metodología. Este tercer paso incluye un proceso de dos etapas que consta de la recopilación de datos generales y la recopilación de datos específicos de la tecnología. Los Anexos 2

al 3 contienen los formularios para la recopilación de datos de equipos de aire acondicionado tipo ventana o split.

2.3.3.1 Posibles fuentes de datos, descripción general de la recopilación de datos

Antes de iniciar la recopilación de datos, se recomienda comprobar la información ya disponible en la empresa, por ejemplo, del sistema de gestión de energía o información de mantenimiento. Puede ser información útil la siguiente (ISO 50002, 2014, pág. 8):

- Listado de procesos, sistemas y equipos que requieren climatización.
- Desempeño energético histórico y actual
- Variables relevantes que influyen en el consumo energético
- Estudios previos de auditoría energética
- Monitorización de equipos y mediciones
- Documentos de diseño, operación y mantenimiento
- Requisitos de formación o capacitación para el personal pertinente
- Proceso de decisión de implementación de medidas de ahorro energético

En lo que respecta a los equipos de climatización y la gestión de la energía, debe comprobarse si la empresa tiene implementada elementos de una política (por ejemplo, criterios de compra, lista de inventario, requisitos de reparación y mantenimiento).

El paso "Recopilación de datos" de la metodología de auditoría energética se puede dividir en dos etapas:

Etapa 1: Recopilación de los datos generales o independientes de la tecnología de los equipos de climatización

Etapa 2: Recopilación de datos específicos de la tecnología para los equipos seleccionados.

2.3.3.2 Recopilación general de datos para los sistemas de climatización

El primer paso en la recopilación de datos es realizar un análisis aproximado de los datos existentes referentes a los equipos de climatización a auditar. Por lo tanto, para cada equipo deben recopilarse los datos generales, según el Anexo 2

Aunque el centro de la recopilación de datos específicos de la tecnología, puede ser útil recopilar, ya en esta primera etapa, todos los datos de la placa de

identificación del equipo, configuración de montaje, tensión nominal, corriente y eficiencia.

El siguiente paso es, primero, clasificar los equipos de acuerdo con su consumo de energía y, en segundo lugar, seleccionar equipos antiguos con un alto consumo de energía para un análisis más detallado.

PASO 4. Plan de medición

2.3.4 Plan de medición

Para completar la auditoría energética se hace necesario realizar mediciones en sitio. En este epígrafe se describe el cuarto paso de la auditoría energética y se describe el plan de medición en sí, seguido de una descripción general del proceso de medición y los criterios de selección del equipo de medición.

2.3.4.1 Selección de los sistemas a medir

En grandes empresas puede resultar muy engorroso realizar mediciones en todos los equipos de climatización. Para evaluar el potencial de ahorro energético es necesario entonces seleccionar cuidadosamente los sistemas a medir y verificar los aspectos mencionados en el paso anterior. Posteriormente, el auditor irá paso a paso detallando más los datos necesarios hasta la presentación de la propuesta final en el informe de auditoría.

Después del paso "Recopilación de datos generales", en el que se han analizado los datos de la placa de identificación y las horas de funcionamiento estimadas, se deben usar mediciones para determinar/verificar las condiciones de funcionamiento de los equipos y sus indicadores de eficiencia energética.

Las mediciones son necesarias para verificar el consumo de energía de referencia (Línea base), la eficiencia del sistema correspondiente, incluida la carga promedio y el tiempo de funcionamiento, que sirven para construir la base para el cálculo de ahorro de energía y determinar las oportunidades de ahorro.

2.3.4.2 Antes de las mediciones

Antes de proceder a la medición real, el auditor de energía o el administrador de energía debe recopilar todos los puntos de medición actuales. Además, se deben considerar los siguientes puntos:

- Es posible que los datos de los instrumentos de medición instalados (metros contadores digitales o analizadores de redes de panel) o los datos de un sistema de monitoreo y control ya incluyan los datos relevantes.

- Se recomienda preguntar al personal de la planta si monitorean de forma rutinaria algún equipo. Las empresas con programas de mantenimiento predictivo suelen tomar y medir tendencias en el campo para motores u otros equipos.
- Los controles de algunos equipos pueden tener funciones de "historial de datos"; por ejemplo, en sistemas de refrigeración donde las condiciones de funcionamiento se controlan de forma rutinaria y se almacenan.
- A veces, las medidas están disponibles para pedir las.

2.3.4.3 Elementos de un plan de medición

Si se decide realizar mediciones se recomienda hacer un plan de medición que se acuerda entre el auditor y la organización y que dependerá del objetivo de la medición. Los dos temas siguientes deben ser el punto de partida del plan de medición, además de los elementos de una medición que se mencionan más adelante:

- Definición del alcance y propósito de la medición (por ejemplo, uso actual de energía de un equipo o para evaluar una medida de ahorro específica)
- Definición del límite del sistema (por ejemplo, solo motor eléctrico del compresor)

Después de eso, se pueden elegir los parámetros a medir, calcular o estimar, los instrumentos de medición y su precisión, así como el período de tiempo apropiado.

Generalmente, por razones de seguridad, se recomienda que la medición (colocación del equipo de medición) la realice personal interno, especialmente electricistas de planta. Deben observarse las medidas de protección e higiene del trabajo para evitar accidentes. Esto requiere desarrollar un plan de monitoreo detallado, ya que se deben iniciar, conectar y luego desconectar numerosos registradores de energía y otros dispositivos.

El plan de medición debe incluir los siguientes puntos (ISO 50002, 2014), para cada uno de los cuales se da una breve explicación:

- Lista de puntos de medición actuales (consulte el Anexo 4 para recopilar esta información)
- Identificación de cualquier punto de medición adicional: esto depende del propósito de la medición.

- Incertidumbre de medición asociada: se describe mediante un nivel de precisión y confianza. La precisión se refiere al límite de error alrededor de la estimación verdadera (rango alrededor de la estimación). La confianza se refiere a la probabilidad de que la estimación se encuentre dentro del rango de precisión. A menos que se indique lo contrario, es probable que la confianza de los medidores indicados sea del 95%. Algunos medidores dan la precisión relativa a la lectura máxima, por lo tanto, la precisión de la medición real puede ser menor.
- Duración de la medición: la medición debe realizarse durante un período en el que se conozcan todos factores de influencia (por ejemplo, nivel de producción) y debe incluir la condición de máxima carga. En algunos casos, la medición instantánea puede ser suficiente (para regímenes de carga constante); en la mayoría de los casos, sin embargo, se puede recomendar un período de medición (para establecer un gráfico de carga). En la práctica, se debe determinar con el operador del equipo todos los posibles factores de influencia en la carga. Se deben establecer el tiempo de registro de datos y el intervalo de muestreo.
- Período de tiempo representativo: El período de tiempo requerido variará de acuerdo con los usos y procesos energéticos involucrados (ISO 50002, 2014). Los períodos típicos son representativos de cambios planificados o no planificados en la producción. Los cambios pueden ser estacionales, según el día de la semana, las condiciones del mercado y la disponibilidad de materia prima. Si las condiciones operativas del sistema son constantes o solo varían mínimamente en el tiempo, una instantánea de las condiciones operativas puede ser suficiente para evaluar el sistema. Si la demanda del sistema varía con el tiempo, el equipo de evaluación debe determinar si el sistema necesita ser monitoreado a lo largo del tiempo y qué período de tiempo es razonable para obtener una representación de todas las condiciones de operación.
- Las variables relevantes son variables cuantificables que impactan el desempeño energético. Algunos ejemplos son los parámetros de producción (volumen de producción, tasa de producción o para sistemas de motor: presión, tasa de flujo, temperatura), condiciones climáticas (temperatura exterior, humedad), horas de operación, parámetros de operación (ISO 50006, 2014). Cuando corresponda, la organización debe proporcionar estos datos. Para seleccionar las variables relevantes, el análisis de regresión puede ser útil.

- Deben aclararse las responsabilidades de la medición: En principio, el auditor es responsable de la medición. Para la instalación de los medidores, pueden participar otras personas (por ejemplo, si se requieren habilidades especializadas).
- El equipo de medición debe estar verificado y apto para el uso. Todos los instrumentos utilizados para la medición deben tener un registro de la información de calibración más reciente, los detalles de precisión deben mencionarse en el informe. El auditor debe tener acceso a los registros de calibración de la empresa, el plan de medición debe incluir la verificación del equipo (si es practicable y factible).

2.3.4.4 Proceso de medición

Para la medición, existen tres etapas importantes durante la implementación del plan de medición, que se mencionan en el Anexo de la Norma ISO 50002 y se muestran en la Figura 3 que se utiliza como lista de verificación para planificar la medición.

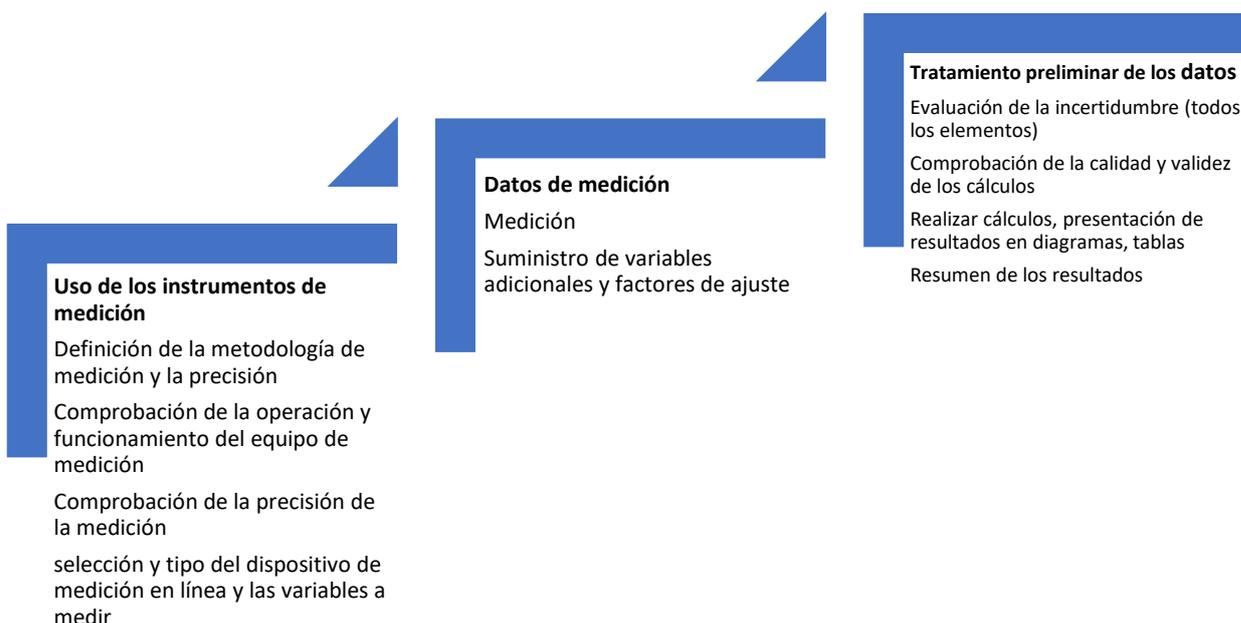


Figura 3 Etapas del desarrollo e implementación de un plan de medición según Anexo A7 de la norma ISO 50002.

2.3.4.5 Elección del equipo de medición para auditoría en equipos de aire acondicionado tipo ventana y split

La selección del instrumento de medición adecuado es otro punto importante del plan de medición. A continuación, se sugiere un set de instrumentos adecuados para estas auditorías.

Termómetros: Mide con un nivel alto de certidumbre la temperatura de las diferentes partes del sistema de refrigeración (Figura 4).



Figura 4: Termómetro digital

Anemómetro: Instrumento para medir la velocidad de circulación de un fluido gaseoso, en especial del aire (Figura 5).



Figura 5: Anemómetro digital

Vatímetro: es un instrumento de medida de tipo electrodinámico que permite realizar la medición de potencia eléctrica o la tasa de suministro de energía eléctrica un circuito eléctrico (Figura 6).



Figura 6: Vatímetro

Amperímetro: Instrumento para medir la intensidad de una corriente eléctrica (Figura 7).



Figura 7: Amperímetro digital

Manómetros de refrigeración: Una de las herramientas fundamentales del técnico en refrigeración es el juego de manómetros. Si efectuamos el registro adecuado de la presión de descarga y presión de aspiración, podemos elaborar la hoja de ruta para diagnosticar rápidamente si el sistema funciona correctamente o, por el contrario, nos da la indicación de una falla en el equipo (Figura 8).



Figura 8: Manómetros de refrigeración

Esta herramienta especializada se compone de 2 manómetros y sus características son las siguientes:

Manómetro azul: Está diseñado para medir la presión de succión o aspiración del compresor. En su escala, del cero hacia arriba mide presión por encima de la atmosférica y del cero hacia abajo mide vacío, es decir, presiones por debajo de la atmosférica. Su rango de medición es de cero a 250 PSIG y de cero hasta 29,92" de Hg. Igualmente dispone de sus equivalencias correspondientes en kg/cm^2 y mm de Hg.

Manómetro rojo: Diseñado para medir las presiones de descarga del compresor. Su rango es de cero hasta 500 PSIG (libras por pulgada cuadrada manométricas). Igualmente pueden leerse las presiones en el sistema decimal de cero a $35 \text{ kg}/\text{cm}^2$.

Mangueras: Los manómetros de refrigeración, sin importar la marca, vienen acompañados de 3 mangueras (especialmente diseñadas) de color azul, rojo y amarillo, con el fin de adquirir la disciplina de conectarlas así:

Azul-Del puerto de servicio de la válvula de succión del compresor al manómetro de baja presión.

Roja-Del puerto de servicio de la válvula de descarga del compresor al manómetro de alta presión.

Amarilla-Se conecta al racor central del juego de manómetros y se emplea para efectuar todos los servicios requeridos por el sistema: efectuar vacío, presurizar con Nitrógeno, inyectar refrigerante, etc.

Válvulas: Cada uno de los manómetros viene provisto de una válvula, cuya función es la de abrir el paso hacia o desde el racor de servicio (racor central). Cuando se van a conectar las mangueras a los respectivos manómetros las válvulas deben estar cerradas para impedir escapes hacia el racor de servicio.

PASO 5. Realización de la visita al sitio

2.3.5 Visita al sitio.

En este paso se describe cómo realizar la visita al sitio y, principalmente, enumera las condiciones que a menudo se asocian con un funcionamiento ineficiente del sistema que se deben verificar durante la visita. La visita al sitio permite al auditor de energía evaluar el consumo de energía de acuerdo con el alcance de la auditoría energética, los límites, los objetivos de la auditoría y los métodos acordados. En esta fase, el auditor de energía también genera ideas preliminares, posibilidades, cambios operativos o tecnologías que pueden conducir a la mejora del desempeño energético.

Durante el trabajo de campo, el auditor de energía observa los usos de energía dentro de la organización y los compara con la información recopilada en la fase "Recolección de datos". Muy a menudo, no toda la información está disponible o no es conocida por el representante de la empresa. Especialmente estas áreas deben revisarse en el sitio. Se deben enumerar los procesos para los que se necesita información adicional. El auditor debe asegurarse de que las mediciones y los datos pasados sean representativos del funcionamiento normal, y que durante la visita in situ se pueda recopilar información sobre el control operativo y los comportamientos de los equipos.

Durante la visita al sitio, se debe instalar el equipo de medición o monitoreo y se debe proporcionar acceso a los documentos relevantes.

2.3.5.1 Realización de mediciones.

A partir del plan de mediciones adoptado y las indicaciones del Punto 4 se debe completar la información requerida en el Anexo 5.

PASO 6. Análisis de datos

El paso 6 de la auditoría comprende tres actividades:

1- Análisis del desempeño energético actual: establecimiento del uso de energía anual de referencia (línea base) y el uso de energía por unidad de producción (indicador de desempeño energético)

2- Identificación de oportunidades de mejora

3- Evaluación de oportunidades de mejora

Durante estas actividades, en las que el auditor de energía evalúa la validez y disponibilidad de los datos proporcionados, se le exige que utilice métodos de cálculo transparentes y técnicamente adecuados. Tiene que documentar los diversos métodos utilizados y las suposiciones o estimaciones realizadas durante la ejecución de sus cálculos. De esta forma, se asegura la transparencia y se pueden hacer más fácilmente posibles correcciones futuras. Además, el auditor debe asegurarse de que se hayan tenido en cuenta los indicadores que afectan la incertidumbre de la medición y los efectos de los resultados de la medición (ISO 50002, 2014).

2.3.6. Análisis del desempeño energético actual.

La determinación del desempeño energético actual del equipo de aire acondicionado es la base para evaluar las mejoras. El desempeño energético actual de los acondicionadores de aire se puede evaluar principalmente a partir de su eficiencia.

La eficiencia energética de un sistema de aire acondicionado se expresa como la relación entre la potencia de enfriamiento del equipo y la potencia eléctrica que consume, a esta relación se le denomina EER (Energy Efficiency Ratio por sus siglas en inglés) o COP (Coefficient of Performance) dependiendo de las unidades que se usen para su cálculo. En Cuba la normativa utiliza la denominación: Relación de Eficiencia Energética o Coeficiente de Rendimiento Energético (REE).

Es decir, una REE con un valor de 1 significa que por cada unidad de energía eléctrica utilizada se produce una unidad de energía térmica, una REE de 5, quiere decir que el equipo produce cinco veces más energía térmica que la electricidad que consume. Es decir, en cuanto mayor sea el valor de la REE mayor será la eficiencia energética del equipo. (Domínguez R. R., 2020)

Actualmente está muy extendida la utilización de las etiquetas de eficiencia energética tanto en electrodomésticos como en equipos de aire acondicionado para garantizar que los compradores tomen una decisión informada sobre las eficiencias de los equipos que compran. En la Figura 9 se presenta un ejemplo de una etiqueta energética y su interpretación.



Figura 9: Etiqueta energética

2.3.6.1 Requisitos legales

Cuba: Resolución No. 136/2009 del Ministerio de la Industria Básica; “Reglamento técnico de eficiencia energética para los equipos de uso final de la energía eléctrica”. (Cuba, 2009)

Esta resolución tiene como objetivo establecer y controlar los requisitos técnicos de eficiencia energética, seguridad eléctrica y tropicalización a los equipos de Uso Final de la Energía Eléctrica importados, fabricados o ensamblados en el país por personas jurídicas nacionales o extranjeras, para fomentar el Uso Racional y Eficiente de la Energía Eléctrica, protegiendo al consumidor mediante la utilización de equipos de alta eficiencia energética y calidad.

Son objeto de este Reglamento los equipos de Uso Final de la Energía Eléctrica descritos a partir del Anexo 6 de la resolución y todos los que sean aprobados por los Comités Técnicos Nacionales pertenecientes al Comité Electrotécnico Cubano (CEC).

Así, en el ANEXO No. 10 se establecen los requisitos técnicos mínimos que deben cumplir las máquinas y aparatos para acondicionamiento de aire que

clasifican por las subpartidas arancelarias 8415.10 (PARED O VENTANA); 8415.82 y 8415.83 (TIPO SPLIT).

Las máquinas y aparatos deben garantizar, según sus capacidades frigoríficas, los siguientes parámetros de eficiencia energética (Tabla 2):

• Para los de pared o ventana:

Capacidad Frigorífica	REE* ((BTU/h)/W)	REE* (W/W)
2625 W (9000 BTU/h)	≥ 9.00	≥ 2.63
3500 W (12000 BTU/h)	≥ 9.00	≥ 2.63
5250 W (18000 BTU/h)	≥ 8.50	≥ 2.48
7000 W (24000 BTU/h)	≥ 8.00	≥ 2.34

• Para los del Tipo Split:

Capacidad Frigorífica	REE* ((BTU/h)/W)	REE* (W/W)
2625 W (9000 BTU/h)	≥ 9.00	≥ 2.63
3500 W (12000 BTU/h)	≥ 9.00	≥ 2.63
5250 W (18000 BTU/h)	≥ 8.50)	≥ 2.48
7000 W (24000 BTU/h)	≥ 8.50	≥ 2.48
10500 W (36000 BTU/h)	≥ 8.50	≥ 2.48
17500 W (60000 BTU/h)	≥ 10.4	≥ 3.05

Tabla 2: Valores normados de la eficiencia energética

Se especifica que la Relación de Eficiencia Energética o Coeficiente de Rendimiento Energético (REE), se calcula para temperatura de bulbo seco y húmedo interior de 27/19.5°C, respectivamente, con temperatura ambiente exterior de 35/24 °C.

También en Cuba existe la NC 1072: 2015 Climatización industrial – Indicadores para el desempeño energético, aplicable a aquellas instalaciones cuya máxima demanda de carga térmica es igual o superior a 175 kW (50 Toneladas de refrigeración), por lo que no resulta de interés para este trabajo. (Cuba, 2015)

2.3.6.2 Metodología para la evaluación de eficiencia energética del sistema o equipo y de sus prestaciones.

2.3.6.2.1 Método general.

Este método permite la evaluación de la capacidad frigorífica de enfriamiento de los equipos en condiciones reales de explotación, la determinación de la Relación de Eficiencia Energética o Coeficiente de Rendimiento Energético (REE), el potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de GEI.

Para ello se propone el siguiente procedimiento(Vega Pousada A., 2015)

Paso 1: Determinar la velocidad promedio (v_{prom}) de entrada del aire del local hacia el equipo acondicionador. Para hallarla se miden las dimensiones de la sección de entrada de aire de la unidad interior (base x altura) y la velocidad en m/s. Utilizando el anemómetro se realizaron varias mediciones determinándose que la velocidad promedio para los cálculos.

Paso 2: Calcular el flujo másico de aire que atraviesa el evaporador (masa de aire que maneja el ventilador interior). Este parámetro se determina a través de la siguiente expresión:

$$M = 3600 * A * v_{prom} * \rho \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde:

M: Flujo másico de aire que maneja el equipo [kg/h].

A: Sección a través de la cual fluye el aire (rejilla) [m²].

ρ : Densidad del aire a temperatura y presión normal. (1.18 kg/m³)

Paso 3: Cálculo de las entalpías del aire

A partir de las lecturas obtenidas de temperatura de bulbo seco y humedad relativa del aire a la entrada y salida del evaporador pueden obtenerse las entalpías a través del diagrama psicrométrico. Como alternativa se propone el software Psicro Versión 1.5.1 que permite obtener resultados mucho más exactos en el cálculo de las entalpías (Figura 10) (Domingo Cañas, s. f.)

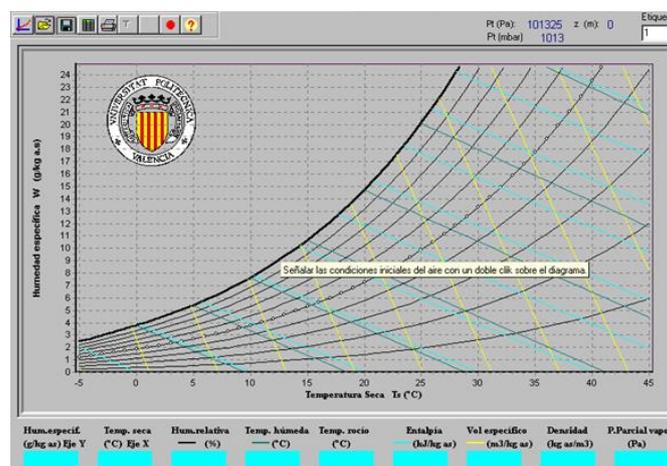


Figura 10: Ventana del software Psicro.

Paso 4: Determinación de la capacidad de enfriamiento real del equipo.

Finalmente, la capacidad de enfriamiento real del equipo se calcula por la siguiente expresión:

$$Q = M * (h_I - h_{II}) \dots \text{(Ecuación 2)}$$

Donde:

Q: Capacidad de enfriamiento real [kJ/h].

M: Masa de aire que maneja el equipo en [kg/h].

h1 y h2: entalpía del aire en los puntos de entrada y salida [KJ/kg]

Paso 5: Comparación de la capacidad frigorífica real y la de diseño.

Se comparan los valores de capacidad frigorífica real obtenidos a través de las mediciones con el dato de diseño del equipo, determinándose las posibles desviaciones en las prestaciones del equipo.

$\Delta Q =$ **Capacidad frigorífica calculada**

– **Capacidad frigorífica de diseño** (Ecuación 3)

Paso 6: Determinación de la Relación de Eficiencia Energética o Coeficiente de Rendimiento Energético (REE).

$$REE_{Real} = \frac{\text{Capacidad de climatización}_{Real}}{\text{Potencia}_{Real}} \text{ (Ecuación 4)}$$

Paso 7: Comparación de la REE real con los valores normados o de diseño.

Se comparan los valores de la REE real obtenidos a través de las mediciones con el valor establecido en la legislación cubana en función del tipo de equipo y su capacidad nominal. A partir de esta comparación es posible determinar las posibles desviaciones en las prestaciones del equipo, así como el potencial de ahorro energético posible.

$$\Delta REE = REE_{Calculado} - REE_{Normado} \text{ (Ecuación 5)}$$

Paso 8: Determinación del Indicador de Desempeño Energético y la Línea Energética Base.

Para la línea energética base se propone como Indicador de Desempeño Energético el consumo energético anual (kWh/año). Se determina teniendo en cuenta la capacidad del equipo en las condiciones actuales, la eficiencia y las

horas de operación del aire, calculando el consumo de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo}_{\text{anual}} = \frac{\text{Capacidad frigorífica} \times \text{Horas de operación anuales}}{1000 \times \text{REE}} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Paso 9: Determinar potencial de ahorro energético y reducción de emisiones de GEI.

El potencial de ahorro energético (kWh/año) se calcula a partir de la diferencia del consumo energético del sistema actual y el que tendría cuando su REE correspondiera al valor normado:

$$\text{Potencial de ahorro} = \text{Consumo real} - \text{Consumo normado} \quad (\text{Ecuación 7})$$

La reducción de emisiones de GEI (ton CO₂ equivalente/año) se obtendría como:

$$\text{Reducción de emisiones de GEI} = \text{Potencial de ahorro} \times \text{Factor de emisiones} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde

Factor de emisiones: tCO₂/kWh, a determinar según características de generación del sistema electroenergético nacional.

Nota importante

Como puede apreciarse este procedimiento no utiliza la evaluación del ciclo de refrigeración que siguen los equipos de aire acondicionado a partir de sus parámetros termodinámicos, sino la determinación de su capacidad frigorífica a partir del flujo másico de aire enfriado entregado por el equipo. Se recomienda fundamentalmente para los equipos de acondicionamiento de aire tipo ventana, que habitualmente no disponen de puertos para el acceso a los conductos del refrigerante y la conexión de los manómetros.

2.3.6.2.2 Método específico para equipos tipo split.

Para el caso de los equipos tipo split, además de esta evaluación puede realizarse otra, basada en el análisis del ciclo de refrigeración por compresión de vapor, tal y como se explica a continuación. (Goicochea, 2020)

A partir de las mediciones recogidas en el Anexo 5 se procede del modo siguiente:

Paso 1: Cálculo de las entalpías del refrigerante en los puntos característicos del ciclo. Se propone la utilización del software CoolPack (CoolPack, 2222) (Figura 11).

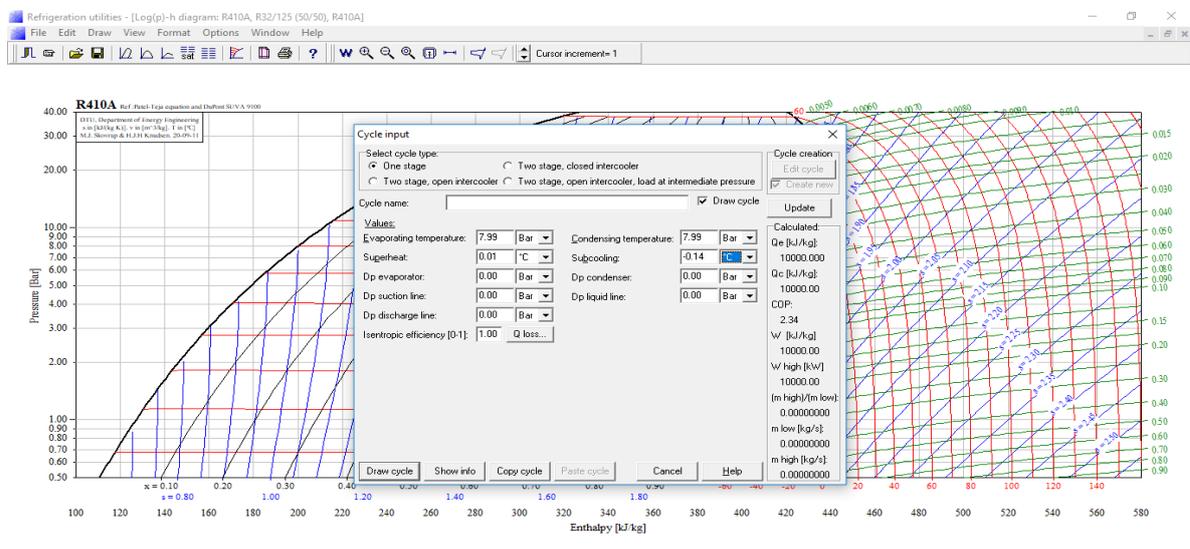


Figura 11: Ventana principal software CoolPack.

Paso 2: Obtención del flujo de refrigerante a partir de los datos del fabricante.

Paso 3: Determinación de la capacidad de refrigeración Q (W). Igualmente se propone la utilización del software CoolPack.

$$Q = m \times (h_1 - h_4) \quad \text{(Ecuación 9)}$$

Donde

m: Flujo másico del refrigerante, kg/s

h₁: Entalpía a la salida del evaporador, kJ/kg

h₄: Entalpía a la entrada del evaporador, kJ/kg

A partir de este punto se repiten los pasos establecidos en el método general descrito anteriormente.

2.3.6.3 Identificación de oportunidades de mejora.

El auditor de energía debe comenzar por determinar las necesidades del sistema y, luego, debe evaluar las opciones de diseño y configuración para abordar estas necesidades en consecuencia. La información recopilada durante el análisis de datos (vida útil, condición, operación, calidad de la energía y nivel de mantenimiento de los equipos auditados) son factores cruciales en esta fase. El auditor de energía también debe considerar el uso futuro de energía y los posibles cambios en la operación de los sistemas en los cuales se desempeña el motor auditado.

2.3.6.4 Evaluación de oportunidades de mejora

La evaluación de las medidas de ahorro energético incluye el impacto en el desempeño energético, los potenciales de ahorro energético y económico, el cálculo del valor presente neto (VPN) y la clasificación de las oportunidades según los criterios definidos junto con la empresa durante la reunión de apertura. La evaluación financiera de las medidas de ahorro de energía suele incluir estimaciones del auditor energético basadas en su experiencia, teniendo en cuenta los precios de los aires acondicionados de acuerdo a los proveedores u ofertas específicas. Es necesario conocer además la tarifa de electricidad aplicada a la empresa para disponer del precio de la energía.

2.3.6.5 Evaluación económica de la medida propuesta

Una vez que se ha demostrado que se consiguen ahorros de energía con las medidas anteriores, es decir, que existen oportunidades técnicas, es necesario verificar que estas constituyen oportunidades económicas.

El ahorro en dinero que se consigue se determina multiplicando los ahorros de energía por el precio de la energía:

$$C = \text{Ahorro} \cdot C_e \quad (\$)$$

Donde: C_e es el precio de la energía eléctrica de acuerdo a la tarifa aplicada, CUP/kWh

Cuando la propuesta es apagar el equipo durante el tiempo de operación innecesario, la medida es de recuperación inmediata puesto que no requiere inversión.

Para el caso de que se proponga sustituir el equipo por otro que trabaje más eficiente, es necesario realizar una inversión en la compra del nuevo equipo, materiales y realización de trabajos adicionales para realizar las modificaciones necesarias (equipos auxiliares, dispositivos de arranque y protección, acoplamiento, etc.). Es necesario calcular la rentabilidad de la inversión para cada propuesta realizada en los equipos auditados. Para el cálculo de la rentabilidad de las mejoras, se deben tener en cuenta todos los costos que implica llevar a cabo dicha propuesta de mejora, es decir, realizar un desglose de los equipos por comprar, el valor de la instalación de instrumentación o la mano de obra requerida.

El análisis de la tasa de retorno puede hacerse a partir del periodo simple de recuperación de la inversión (PRI) de la siguiente manera:

$$PRI = \frac{I_o}{C} \quad (\text{años})$$

Donde:

I_o es la inversión de capital para aplicar la propuesta de mejora, en \$

C es el ahorro económico anual que se obtendrá con la implementación de la propuesta de mejora, en \$/año

Para el caso de sustitución de equipos de aire acondicionado se recomienda que el PRI sea de dos a tres años.

Cuando se comparan dos alternativas, como resulta el caso de equipos con distintas eficiencias, es más conveniente utilizar un método comparativo dentro de los métodos de descuento como el método del valor Presente Neto diferencial (VPN). Otro indicador de rentabilidad es la tasa interna de retorno (TIR).

El VPN diferencial se calcula como:

$$NPV = -I_o + \sum_{i=1}^n C \cdot (1 + r)^{-i}$$

Donde:

r es la tasa de descuento, es una medida de la rentabilidad mínima exigida por el proyecto que permite recuperar la inversión, cubrir los costos y obtener beneficios.

n es el plazo de periodo o vida útil de la inversión

i es el año que se evalúa

Como herramienta de complemento para evaluar la implementación de los proyectos que buscan sustituir alguno de los equipos diagnosticados en la auditoría, se tiene la TIR que brinda criterios a partir del rendimiento de los fondos que se pretenden invertir.

En el sentido del análisis de sensibilidad del proyecto, el criterio de la TIR muestra la sensibilidad del VPN, ya que, mediante esta se conoce cuál es la tasa de interés mayor que la organización puede pagar para llevar a cabo la propuesta formulada sin perder dinero. Por lo tanto, se obtiene el valor de la TIR para conocer cuál es la tasa de interés máximo que la empresa debe adoptar para asegurar que el proyecto de sustitución de los equipos sea rentable y no represente pérdidas económicas.

El cálculo de la TIR se hace igualando a cero la ecuación del VPN:

$$NPV = -I_0 + \sum_{i=1}^n C \cdot (1 + TIR)^{-i} = 0$$

PASO 7. Informes de auditoría energética

El informe de la auditoría energética debe contener los siguientes elementos:

1. Resumen ejecutivo: El resumen ejecutivo proporcionará una descripción general de todo el proceso de auditoría energética. Se recomienda enfatizar los beneficios económicos.
2. Introducción e información sobre las instalaciones: Esta sección del informe debe incluir una breve descripción de los antecedentes, el equipo y el alcance de la auditoría a los equipos de acondicionamiento de aire.
3. Descripción de los sistemas estudiados en la evaluación y los problemas importantes detectados: El informe incluirá una descripción detallada de los equipos de aire acondicionado específicos. Si es necesario, se debe incluir documentación de respaldo, como hojas de datos y manuales.
4. Recolección de datos de evaluación y mediciones: Se deben identificar los métodos utilizados para identificar y entrevistar al personal clave de la instalación, obtener datos y realizar mediciones, incluida una descripción general del plan de medición. Deben incluirse los siguientes datos relevantes:

- Definición de los requisitos del sistema y determinación de cómo cambia la operación del sistema durante el año (dibujos, datos de proceso del sistema)
- Datos de consumo de energía eléctrica
- Determinación de las horas de funcionamiento de los sistemas de motor.
- Información de rendimiento del sistema cuando esté disponible
- Además, en esta sección del informe se debe proporcionar información sobre la precisión de los datos y la necesidad de verificación antes de que se aprueben los proyectos recomendados.

5. Análisis de los datos: El resultado de las mediciones y el análisis de datos debe mencionarse en el informe. Se deben documentar todos los métodos analíticos, mediciones, observaciones y resultados significativos del análisis de datos.

6. Si existen datos suficientes, el informe de evaluación deberá contener la línea de base del consumo energético anual total.

7. Identificación y priorización de oportunidades de mejora del desempeño

8. Recomendaciones para las actividades de ejecución

9. Apéndices

Cabe señalar que la redacción del informe puede llevar mucho tiempo, por lo tanto, debe definirse al principio con la empresa qué elementos del informe son más importantes para la empresa. El auditor puede elaborar una plantilla de informe de auditoría, incluso para las principales medidas de ahorro de energía, donde los datos específicos solo tienen que completarse.

PASO 8. Reunión de clausura

El paso final de la auditoría energética es la reunión de cierre. Antes de la reunión, se entregará a la organización el informe de la auditoría energética. En la reunión de clausura, el auditor de energía debe:

- Presentar los resultados de la auditoría energética de una forma que facilite la toma de decisiones por parte de la organización. Los argumentos pueden ser similares a los discutidos en la sección “Reunión de apertura”.
- Ser capaz de explicar los resultados y responder preguntas.
- Si corresponde, identifique los elementos que requieran un análisis adicional o un seguimiento por parte del auditor de energía.

El objetivo de la reunión de cierre es motivar a la dirección para implementar las medidas de ahorro de energía recomendadas. Por ejemplo, podría ser útil invitar

a la presentación a las partes interesadas que se benefician de las medidas de ahorro específicas (por ejemplo, empresa instaladora, departamento de control, gestores de energía). La probabilidad de implementación será aún mayor si esos actores se involucraron desde el principio y sugirieron o al menos ayudaron a evaluar las medidas de ahorro propuestas.

Por lo tanto, puede ser útil celebrar reuniones varias veces durante una auditoría energética y resumir los hallazgos clave y definir los pasos adicionales.

Paso 9. Conexión al Sistema de Gestión de la Energía (SGEn)

En este paso se da información sobre la conexión de los resultados de la auditoría con la gestión energética y elementos de una política de motores a nivel de empresa después de la auditoría en sí, incluidas recomendaciones de compra y estrategias de sustitución y reparación.

2.3.9.1 Conexión a la gestión energética

La presentación de los resultados de la auditoría energética es el último paso de la auditoría energética, pero para la empresa el trabajo continúa con la implementación de las medidas de ahorro energético.

La planificación de las medidas de ahorro puede implicar una mayor experiencia (por ejemplo, en relación con las subvenciones, conocimiento detallado de los procesos y equipos, mediciones durante períodos adicionales del año).

Una parte de las actividades propuestas, por ejemplo, puede consistir en un mejor sistema de seguimiento de los indicadores de rendimiento energético. Esto puede implicar la instalación de nuevos puntos de medición permanentes, visualización de informes de software y sistema de monitoreo. Por lo general, para este proceso, se deben especificar actividades específicas y personas responsables. Al seguir dichos indicadores, es posible establecer objetivos realistas para los próximos años.

Otras actividades pueden implicar la mejora de las actividades de mantenimiento. Además, para cambiar el comportamiento del personal y los procedimientos operativos, es posible que se requiera capacitación interna o externa de los empleados. La conciencia de los empleados se puede incrementar cuando se organizan esquemas de sugerencias o eventos de motivación general.

Todas estas actividades se pueden estructurar y coordinar dentro de la implementación de un sistema de gestión energética según ISO 50001.

2.4- Conclusiones parciales:

1. La metodología propuesta permite la evaluación de eficiencia energética del sistema o equipo (según sus características y equipamiento de medición disponible) así como la identificación de las potenciales de ahorro y emisiones de GEI.
2. La metodología propuesta para la auditoría energética en los sistemas de aire acondicionado sigue las recomendaciones de la ISO 50002. (ISO, 2014) y consta de 9 pasos principales que van desde la planificación de la inspección o auditoría hasta su conexión con los sistemas de gestión energética.
3. La evaluación de la eficiencia energética del sistema o equipo y de sus prestaciones se propone a partir de la evaluación de la capacidad frigorífica de enfriamiento de los equipos en condiciones reales de explotación, la determinación de la Relación de Eficiencia Energética o Coeficiente de Rendimiento Energético (REE), el potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de GEI.
4. Para el análisis del desempeño energético actual de los equipos tipo split se propone un método específico basado en la evaluación del ciclo de compresión de vapor a partir de la disponibilidad de la instrumentación necesaria.

Capítulo 3: Estudio de caso en la Región Militar de Cienfuegos.

3.1- Descripción de la instalación:

La Región Militar de Cienfuegos se encuentra ubicada en la carretera Circuito sur y se dedica a la dirección y control de las diversas unidades militares en la provincia.

La misma consta de al menos 12 edificaciones, con placas y falso techo en algunas oficinas y salones. La temperatura promedio anual del área es de 25.5°C y la humedad relativa de 70%.



Figura 12: Vista satelital de la Región Militar

Las oficinas en las cuales están ubicados los equipos de aire acondicionado en su mayoría poseen una ventana las cuales se mantienen cerradas, además de poseer cortinas interiores para evitar el calentamiento excesivo al incidir la luz del Sol sobre las ventanas.

La actividad que se desarrolla en estas oficinas es el trabajo con computadoras, lo cual trae consigo la presencia de ordenadores. En las oficinas como promedio existen de 1 a 3 ordenadores y lámparas led de 9W a 18W. En el salón de

reuniones es donde se encuentra la mayor carga debido a la estancia de personas y la infiltración de aire por la puerta de entrada y salida, aunque este solo es utilizado por períodos cortos de tiempo.

Según la información obtenida los equipos de aire acondicionado instalados están en correspondencia a su carga térmica.

3.2- Resultados de la inspección:

En la siguiente tabla se muestra el inventario de equipos de aire acondicionado presentes y sus características fundamentales (Tabla 3).

No	Ubicación	Función	Tipo de equipo	Fabricante	Capacidad (W)	Refrigerante Gas	Volumen a climatizar (m³)	Fecha instalación	Estado técnico
1	JEM	confort	split	LG	10557.2	R-22	24	2023	bueno
2	JR	confort	split	LG	10557.2	R-22	24	2023	bueno
3	oficina	confort	ventana	LG	7038.12	R-22	24	2017	bueno
4	oficina	confort	ventana	LG	7038.12	R-22	24	2017	bueno
5	oficina	confort	ventana	LG	7038.12	R-22	24	2017	bueno
6	oficina	confort	ventana	LG	1759.5	R-22	24	2017	bueno
7	oficina	confort	ventana	LG	3519.1	R-22	24	2018	bueno
8	oficina	confort	ventana	Haier	3519.1	R-22	24	2020	bueno
9	oficina	confort	ventana	Haier	3519.1	R-22	24	2020	bueno
10	oficina	confort	ventana	Haier	3519.1	R-22	24	2020	bueno
11	oficina	confort	ventana	Haier	7038.12	R-22	24	2017	bueno
12	oficina	confort	ventana	LG	3519.1	R-22	16.3	2017	bueno
13	oficina	confort	ventana	LG	3519.1	R-22	24	2017	bueno
14	oficina	confort	ventana	LG	3519.1	R-22	24	2017	bueno
15	oficina	confort	ventana	LG	3519.1	R-22	24	2017	bueno
16	oficina	confort	ventana	LG	3519.1	R-22	24	2017	bueno
17	S/R	confort	split	LG	10557.2	R-22	36.26	2018	bueno
18	S/R	confort	split	LG	10557.2	R-22	36.26	2018	bueno
19	S/R	confort	split	LG	10557.2	R-22	36.26	2018	bueno
20	oficina	confort	ventana	LG	3519.1	R-22	24	2018	bueno
21	oficina	confort	ventana	LG	1759.5	R-22	12.6	2018	bueno
22	oficina	confort	ventana	LG	1759.5	R-22	12.6	2018	bueno
23	laboratorio	tecnológico	Split	panasonic	7038.12	R-22	12.6	2018	bueno
24	laboratorio	tecnológico	Split	panasonic	7038.12	R-22	12.6	2018	bueno

Tabla 3: Tabla de datos de los equipos.

De los 24 equipos existentes, 7 son tipo Split y el resto de ventana (Gráfico 1).



Gráfico 1: Equipos de aire acondicionado

En su mayoría los equipos de aire acondicionado son utilizados para el confort, solo los utilizados en los laboratorios son con fines tecnológicos.

Aplicando la metodología propuesta, se obtuvieron los siguientes datos.

Resultados según método general (Tabla 4):

Sustituir los equipos

Equipo	Velocidad promedio	Entalpía del aire a la entrada del evaporador	Entalpía del aire a la salida del evaporador	Área de flujo de aire	Potencia eléctrica	Potencia de chapa	Flujo másico de aire	Capacidad frigorífica	Capacidad frigorífica calculada	Capacidad frigorífica de diseño	Diferencia de capacidad frigorífica	REE calculado	REE normado	Diferencia de REE	IDen base	IDEn meta	Potencial de ahorro	Potencial de reducción GEI
	V (m/s)	h1 (kJ/kg)	h2 (kJ/kg)	A (m ²)	P (W)	P (W)	M (kg/h)	Q (kcal/h)	Q (W)	Q (W)	ΔQ (W)	W/W	W/W	W/W	kWh/año	kWh/año	kWh/año	kg CO2/año
1	2.5	71.128	38.9112	0.13	5015	4870	1380.6	44478.43	12354.9	14067	-1712.1	2.5	2.9	-0.4	11474.3	11142.6	331.76	301.9
2	2.8	71.128	43.0952	0.13	4913	4870	1546.3	43346.24	12040.4	14067	-2026.6	2.5	2.9	-0.4	11240.9	11142.6	98.8	89.53
3	2.7	71.128	35.1456	0.06057	2520	2340	694.7	24997.31	6943.6	7030	-86.4	2.8	3	-0.2	5765.8	5353.9	411.84	374.77
4	2.7	71.128	35.564	0.06057	2524	2340	694.7	24706	6862.9	7030	-167.1	2.7	3	-0.3	5774.9	5353.9	420.99	383.1
5	2.7	71.128	35.1456	0.06057	2515	2340	694.7	24997.31	6943.6	7030	-86.4	2.8	3	-0.2	5754.3	5353.9	400.4	364.36
6	1.5	71.128	46.024	0.038	695	560	242.1	6078.515	1688.5	1758	-69.5	2.4	3.1	-0.7	1590.2	1281.3	308.88	281.08
7	2.1	71.128	38.4928	0.0402	1414	1160	358.6	11703.48	3250.9	3517	-266.1	2.3	3	-0.7	3235.2	2654.1	581.15	528.85
8	2.2	71.128	38.9112	0.0402	1389	1160	375.7	12103.48	3362.1	3517	-154.9	2.4	3	-0.6	3178	2654.1	523.95	476.8
9	2.1	71.128	41.0032	0.0402	1418	1160	358.6	10803.9	3000.8	3517	-516.2	2.1	3	-0.9	3244.4	2654.1	590.3	537.18
10	2.1	71.128	38.9112	0.0402	1414	1160	358.6	11553.28	3209.2	3517	-307.8	2.3	3	-0.8	3235.2	2654.1	581.15	528.85
11	1.5	71.128	42.2584	0.0699	1420	1390	445.4	12858.69	3571.8	3517	54.8	2.5	2.5	0	3249	3180.3	68.64	62.46
12	1.5	71.128	42.6768	0.0699	1402	1390	445.4	12672.08	3520	3517	3	2.5	2.5	0	3207.8	3180.3	27.46	24.98
13	1.6	71.128	41.4216	0.0699	1395	1390	475.1	14113.47	3920.3	3517	403.3	2.8	2.5	0.3	3191.8	3180.3	11.44	10.41
14	1.5	71.128	42.6768	0.0699	1426	1390	445.4	12672.08	3520	3517	3	2.5	2.5	0	3262.7	3180.3	82.37	74.95
15	1.9	71.128	44.3504	0.0582	1482	1230	469.7	12578.78	3494	3517	-23	2.4	2.5	-0.5	3390.8	2814.2	576.58	524.68
16	1.8	71.128	41.0032	0.0582	1232	1230	445	13405.95	3723	3517	206.9	3	2.5	0.1	2818.8	2814.2	4.58	4.16
17	2.8	71.128	40.1664	0.13	4808	4870	1546.3	47875	13298.4	14067	-768.6	2.8	2.9	-0.1	11000.7	11142.6	-141.86	-129.09
18	2.3	71.128	33.8904	0.13	5008	4870	1270.2	47297.61	13137.9	14067	-929.1	2.6	2.9	-0.3	11458.3	11142.6	315.74	287.33
19	2.6	71.128	36.4008	0.13	4823	4870	1435.8	49861.98	13850.3	14067	-216.7	2.9	2.9	0	11085	11142.6	-107.54	-97.65
20	1.8	71.128	43.5136	0.0582	1245	1230	445	12288.83	3413.5	3517	-103.5	2.7	2.9	-0.2	2848.6	2814.2	34.32	31.23
21	1.5	71.128	46.024	0.038	1268	560	242.1	6078.515	1688.5	1758	-69.5	1.3	3.1	-1.8	2901.2	1281.3	1619.9	1474.11
22	1.5	71.128	48.116	0.038	1356	560	242.1	5571.833	1547.8	1758	-210.2	1.1	3.1	-2	3102.5	1281.3	1821.25	1657.34
23	2.6	71.128	38.4928	0.13	4963	4870	1435.8	46858.29	13016	14067	-1051	2.6	2.9	-0.3	11355.3	11142.6	212.78	193.63
24	2.6	71.128	38.0744	0.13	4952	4870	1435.8	47459.11	13182.8	14067	-884.2	2.7	2.9	-0.2	11330.2	11142.6	187.62	176.73

Tabla 4: Resultados según el método general.

Como se muestra en la tabla, para la mayoría de equipos (19 de 24) se calcula una capacidad de refrigeración por debajo a la de diseño, lo cual es entendible debido a los años de explotación y las condiciones de mantenimiento.

Por otra parte, la reducida minoría (5 del total) la capacidad de refrigeración se encuentra por encima de la de diseño, lo que puede ser debido a errores en la medición o condiciones de trabajo inestables.

Respecto a la razón de eficiencia energética para casi la totalidad de los equipos de aire acondicionado se calcula un valor inferior a la normada, resultado esperado debido a los años de explotación y las ineficiencias del mantenimiento.

El potencial de ahorro calculado responde a la posibilidad de sustituir los equipos con baja eficiencia. Este potencial asciende a un total de 8962.5 (kWh/año) y la reducción de emisiones asociadas a 8155.49 (kgCO₂/año).

Resultado método específico para Split (Tabla 5).

Capacidad frigorífica		Capacidad método 1	Diferencia de métodos	Capacidad frigorífica	Diferencia de capacidad	REE calculado	REE normado	Diferencia de REE	IDEn base	IDEn meta	Potencial ahorro	Potencial de reducción GEI
kJ/kg	W			W	W	W/W		W/W	kWh/año	kWh/año	kWh/año	kgCO ₂ /año
163.2	13872	16122	2250	14067	-195	2.77	2.9	-0.13	11474.56	11143.56	331.76	301.9
167.8	14263	14067	2313.5	14067	196	2.9	2.9	0	11240.56	11142.56	98.38	89.53
167.2	14212	165171.2	2305.2	14067	145	2.96	2.9	0.06	11000.704	11142.56	-141.86	-129.09
161.9	13761.5	15993.6	2232.1	14067	-305.5	2.75	2.9	-0.15	11458.304	11142.56	315.74	287.33
162.8	13838	16082.5	2244.5	14067	-229	2.87	2.9	-0.03	11035.024	11142.56	-107.54	-97.86
163.83	13925.55	16184.3	2258.7	14067	-141.45	2.81	2.9	-0.09	11355.344	11142.56	212.78	193.63
163.2	13872	16122	2250	14067	-195	2.8	2.9	-0.1	11330.176	11142.56	187.62	170.73

Tabla 5: Resultado método específico para Split.

Al comprobar los resultados de la capacidad frigorífica por ambos métodos (general y específico), se observa una diferencia promedio de 593.80 W (0.2TR), lo que equivale a un error promedio de 7.14%

En función de estos resultados se obtiene un potencial de ahorro de 896.88 kWh/año y una reducción de emisiones de 816.17 kgCO₂/año.

3.3- Conclusiones parciales.

- 1- La Región Militar de Cienfuegos consta con un total de 24 equipos de aire acondicionado, de los cuales 7 son tipo Split y 17 de ventana, con un tiempo de explotación entre 1 y 6 años de explotación.
- 2- La razón de eficiencia energética calculada a partir del método general propuesto resulta ser inferior a la de diseño para la mayoría de los equipos evaluados. A razón de ello se evalúa un potencial de ahorro de 8962.5 (kWh/año) y una posible reducción de emisiones de 8155.49 (kgCO₂/año).
- 3- Al aplicar ambas metodologías propuestas para los equipos de aire acondicionado tipo Split se aprecia una diferencia promedio en la capacidad de refrigeración de 593.80 W (0.2TR), equivalente a un error de 7.14%.

Conclusiones generales

Los proyectos de mejora de la eficiencia energética en edificaciones requieren el análisis detallado de consumo energético por climatización para cumplimentar los requisitos exigidos en la NC ISO 50001:2019.

Aunque existen diferentes normativas internacionales para la realización de inspecciones energéticas a equipos de climatización en las edificaciones que difieren por su alcance, objetivos y métodos de cálculo empleados, no se encontraron metodologías dedicadas específicamente a los equipos de aire acondicionado tipo split o ventana, que son los más utilizados en Cuba.

Se desarrolló una metodología para la auditoría energética en los sistemas de aire acondicionado basada en las recomendaciones de la ISO 50002, estructurada en 9 pasos principales que van desde la planificación de la inspección o auditoría hasta su conexión con los sistemas de gestión energética.

La metodología propuesta posibilita la evaluación de la eficiencia energética del sistema o equipo (según sus características y equipamiento de medición

disponible) así como la identificación de las potenciales de ahorro y emisiones de GEI, incluyendo el indicador de desempeño energético, la línea energética base y meta que utilizan los sistemas de gestión energética.

El estudio de caso realizado en las edificaciones de la Región Militar Cienfuegos permitió validar la utilidad de la metodología propuesta y estimar un potencial de ahorro por la sustitución de equipos de baja eficiencia energética de 8962.5 kWh/año y una posible reducción de emisiones de 8155.49 kgCO₂/año.

Recomendaciones

Realizar consulta de la metodología propuesta con expertos de la ONURE para verificar su utilidad en los procesos de auditoría energética que ellos realizan.

Comunicar los resultados del estudio de caso a las autoridades de la Región Militar Cienfuegos.

Proponer nuevos estudios de caso en otras edificaciones con mayor variedad de equipos.

Bibliografía.

Agencia Internacional de la Energía-PNUMA. (2018). *Cooling Emissions and Policy Synthesis Report: Bridging the Cooling Access Gap*.

Cuba. CITMA (2004), Resolución No. 183/2004. *Requisitos técnicos y procedimientos para la obtención y renovación de Certificado de Eficiencia Energética de los equipos de aire acondicionado*.

Domingo Cañas, J. (s. f.). *Psicro MAP version Beta 3*. www.jhg.cl.

Domínguez R. R. (2020). *Desempeño energético del equipo de aire acondicionado*.

Comisión Europea. Directiva 2010/31/CE. (2010). *Condiciones técnicas de los procedimientos para la evaluación de la eficiencia energética de los edificios*.

Goicochea, R. (2020). *Metodología para la inspección energética de equipos de aire acondicionado tipo ventana y split*. Universidad de Cienfuegos

Ministerio de la Industria Básica. Cuba. (2009). *Reglamento técnico de eficiencia energética para los equipos de uso final de la energía eléctrica*,

Maxime Dupont, J. A. (s. f.). *Inspection and auditing of air-conditioning facilities in Europe – A new efficiency target*.

Oficina Nacional de Normalización (2015). NC 1072: 2015 Climatización industrial-Cuba. *Indicadores para el desempeño energético*. ONN

ISO (2014). ISO 50002. (2014). *Principios y directrices para una gestión eficaz de la energía*.

La importancia del mantenimiento del aire acondicionado. (s. f.).

<https://www.interempresas.net/Instaladores/Articulos/204950-Laimportancia-del-mantenimiento-del-aire-acondicionado.html>

Oficina Nacional de Normalización. NC ISO 50001:2018. (2019). *Sistemas de gestión de la energía, requisitos y orientación para su uso*. ONN

Real Decreto 178,2021, España. (2021). *Requisitos para la inspección de equipos de aire acondicionado*.

Real Decreto 178/2021, España. (2021). *Controles de inspección a instalaciones térmicas en edificios*.

Vega Pousada A. (2015). *Análisis del sistema de climatización en la oficina de desarrollo de la empresa DATYS Universidad de Cienfuegos*.

Zambrano, J. C. (2009). *Metodología para la aplicación de auditorías energéticas a sistemas de aire acondicionado*. Volume 07.

Anexos:

Anexo 1. Modelo para la información general. Paso 1 Planificación de la auditoría.

Perfil de la Empresa			
Nombre de la Empresa:			
Dirección:		Teléfono:	
Ciudad:		Fax:	
Provincia:		Email:	
Código postal:			
Dirección de la planta donde se encuentran los sistemas de aire acondicionado a auditar (si es diferente a la dirección de la empresa)			
Dirección:			
Ciudad:			
Provincia:			
Código postal:			
Sector industrial al que pertenece la empresa			
-Alimenticia	-Textil/Confecciones	- Madera/Papel/Impresión	-Química/Farmacia
-Metalmecánica	-Automotriz	-Eléctrica/Electrónica	-Vidrio/cerámica
-Energía	-Construcción	-Materiales básicos	-Caucho y plásticos
-Logística	-Otros:		
Utilización de los sistemas de aire acondicionado (por ejemplo, para acondicionamiento de locales de uso tecnológico o de confort).			
Número de empleados:empleados		
Turnos de trabajo:turnos		
Tiempo de trabajo			
Día laborable	Tiempo	Día Laborable	Tiempo

Lunes	Desde ____ hasta ____ _____	jueves	Desde ____ hasta ____ _____
Martes	Desde ____ hasta ____ _____	viernes	Desde ____ hasta ____ _____
Miércoles	Desde ____ hasta ____ _____	sábado	Desde ____ hasta ____ _____
		domingo	Desde ____ hasta ____ _____
_____ horas de funcionamiento anuales			
Persona de contacto			
Nombre:			
Función:			
Dirección:			
Teléfono:			
Email:			

Anexo 2. Datos generales del equipo de aire acondicionado

Datos generales del equipo de aire acondicionado	
No. Consecutivo	
Ubicación	
Función (confort/tecnológico)	
Tipo de equipo (ventana o split)	
Fabricante	
Capacidad frigorífica, kW (TR o BTU/h)	
Gas refrigerante utilizado	
Voltaje de alimentación, V	
Potencia eléctrica nominal, W	
Tipo de compresor (reciprocante, tornillo, scroll, etc).	
Dimensiones del espacio a climatizar, m (Largo x ancho x alto)	
Fecha de instalación	
Estado técnico (Bien, regular, mal)	

Anexo 3. Perfil de funcionamiento del equipo de aire acondicionado

Datos del perfil de operación de equipo de aire acondicionado		
	Días laborables Días/año_____	Días no laborables/Vacaciones Días/año_____
Horas por día	1er turno_____	_____
	2do turno_____	_____
	3er turno_____	_____
Tiempo de operación anual _____ horas/año. De los mismos:		
Carga parcial _____%		
Carga completa _____%		

Anexo 4. Lista de puntos de medición

Lugar de medición	Parámetro medido	Equipo de medición	Intervalo de lectura	Precisión
Salida del evaporador	Velocidad del aire	Anemómetro		
Entrada y salida del evaporador	Temperatura del aire	Termómetro		
Entrada y salida del evaporador	Humedad relativa del aire	Psicrómetro		
Entrada y salida del compresor	Presión del refrigerante	Manómetro de refrigeración		
Entrada y salida del compresor	Temperatura del refrigerante	Termómetro		

Línea alimentación eléctrica	Potencia eléctrica	Watímetro		
Línea alimentación eléctrica	Intensidad de la corriente eléctrica	Amperímetro		

Anexo 5. Datos específicos de mediciones al equipo de aire acondicionado.

Datos específicos del equipo de aire acondicionado	
No. consecutivo	
Área frontal del evaporador, m ²	
Velocidad del aire a la salida del evaporador, m/s	
Temperatura del aire a la entrada del evaporador, °C	
Humedad relativa del aire a la entrada del evaporador, %	
Temperatura del aire a la salida del evaporador, °C	
Humedad relativa del aire a la salida del evaporador, %	
Presión del refrigerante a la entrada del compresor, kPa	
Presión del refrigerante a la salida del compresor, kPa	
Temperatura del refrigerante a la entrada del evaporador, °C	
Temperatura del refrigerante a la salida del evaporador, °C	
Temperatura del refrigerante a la entrada del condensador, °C	
Temperatura del refrigerante a la salida del condensador, °C	
Consumo de potencia eléctrica, W	

Intensidad de la corriente, A	
Condiciones de funcionamiento inusuales (ruido, vibraciones, condensación, etc.)	