



**UNIVERSIDAD
DE CIENFUEGOS**
CARLOS RAFAEL RODRÍGUEZ

**República de Cuba
UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS
FACULTAD DE INGENIERÍA**

TESIS DE GRADO

En opción al título de Ingeniero Industrial

**ACCIONES DE MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA
UEB ENERO I. BASADO EN LA NORMA CUBANA NC ISO 50
001:2019.**

Autor: Luis Miguel González García

**Tutores:
MSc Reinier Jiménez Borges
Dr.C Jenny Correa Soto**

Cienfuegos

2023

Declaración de autoridad



Facultad de Ingeniería

Hago constar que el presente trabajo fue realizado en la Universidad de Cienfuegos, como parte de la culminación de los estudios en la especialidad de Ingeniería Industrial; autorizando para que el mismo sea utilizado para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total, además no podrá ser presentado en eventos ni publicado sin la aprobación de la Universidad de Cienfuegos.

Firma del Autor

Los abajo firmantes certifican que el presente trabajo ha sido revisado según acuerdo de la dirección del centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esa envergadura, referido a la temática señalada.

Información Científico Técnico
Nombre y Apellidos. Firma.

Firma del Vice Decano.

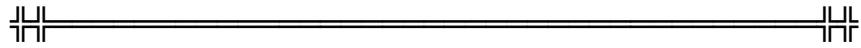
PENSAMIENTO



“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar el bello y maravilloso mundo del saber”

Albert Einstein

DEDICATORIA



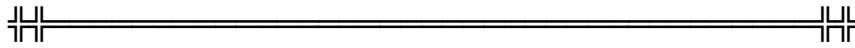
- A mi pequeña princesa Emma, por llenarme la vida de alegría y de sueños.
- A mi amada esposa Eliany por todo su amor y apoyo incondicional.
- A mí querida madre Marina por todos sus años de sacrificio y esfuerzo para que yo pudiese llegar hasta aquí.

AGRADECIMIENTOS



- A mis tutores Reinier Jiménez Borges y Jenny Correa Soto por su apoyo incondicional desde los primeros momentos.
- A mis compañeros de estudios, por todos estos años de amistad y ayuda mutua, por todo este hermoso y difícil camino que hemos recorrido juntos.
- A mis compañeros de trabajo, por estar presentes durante todo el avance de esta investigación, apoyándome y tributándome toda la información que les solicitaba, en especial a Edalio Morales, director de la UEB Enero 1.
- A la revolución por darme la oportunidad de convertirme en un profesional.

RESUMEN

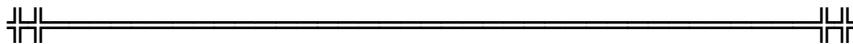


Resumen

La presente investigación tiene como objetivo proponer acciones de mejora de eficiencia energética en la UEB Enero I basado en la NC-ISO 50 001:2019. Para ello se presenta la etapa de planificación energética basado en dicha norma definiendo cuales son los principales instrumentos a tener en cuenta para desarrollar la caracterización energética. A partir de considerar como caso de estudio la empresa avícola Cienfuegos, específicamente la UEB Enero I se determinó la estructura de gastos, los diagramas de control para consumo y producción, se propuso una línea base energética y se calculó el indicador de desempeño energético para dicha UEB todo ello procesado mediante el programa Excel. Finalmente se presentan las propuestas de encuestas como lista de chequeo para determinar las barreras para la implementación del sistema de gestión de la energía con la espera de a mediano y largo plazo resultados mayoritariamente positivos, se presenta además el método para el estudio de un Sistema Solar Fotovoltaico (SSFV) como implementación en dicha UEB a partir de la simulación mediante el *software* PVSyst 7.1.2, siendo este una de las vías para la reducción del consumo de energía eléctrica y contribución a mejora de la competitividad empresarial de la misma.

Palabras claves: eficiencia energética, gestión de la energía, indicador energético, línea base energética, proceso, sistema solar fotovoltaico.

ABSTRACT



Abstract

The purpose of this research is to propose actions to improve energy efficiency at UEB Enero I based on NC-ISO 50 001:2019. For this purpose, the energy planning stage based on this standard is presented, defining the main instruments to be taken into account to develop this characterization. Considering as a case study the poultry company Cienfuegos, specifically the UEB Enero I, the cost structure was determined, the control diagrams for consumption and production, an energy baseline was proposed and the energy performance indicator was calculated for this UEB, all processed using the Excel program. Finally, the survey proposals are presented as a checklist to determine the barriers for the implementation of this energy management system, with the expectation of mostly positive results in the medium and long term. The method for the study of a Solar Photovoltaic System (SSFV) as implementation in this UEB is also presented based on the simulation using the PVSyst 7.1.2 software, which is one of the ways to reduce electricity consumption and contribute to improve the business competitiveness of the same.

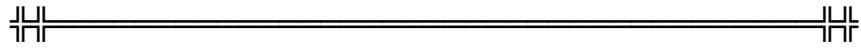
Keywords: energy efficiency, energy management, energy indicator, energy baseline, process, solar photovoltaic system.

Índice

Introducción	1
CAPÍTULO I: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO O MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	5
1.1 Introducción al capítulo.....	5
1.2 Fundamentos de la gestión energética.....	6
1.3 Familia de Normas ISO 50 000 para la Gestión de la Energía.....	6
1.4 Caracterización de la empresa avícola Cienfuegos (EAC).	9
1.5 Herramientas para la planificación energética en sistemas de gestión de la energía según la Norma Cubana NC ISO 50 001: 2019.....	10
1.5.1 Revisión energética.	11
1.5.1. a Análisis de los usos y consumos de energía.....	12
1.5.1. b Consumo de energía y producción en el tiempo (E-P vs. T).....	13
1.5.1. c Tendencia o Sumas Acumulativas (CUSUM).	13
1.5.1. d Identificación de las áreas de los usos significativos de la energía (USEn)..	14
1.5.1. e Diagrama de Pareto.....	14
1.5.2. a Auditorías Energéticas.....	15
1.5.3 Línea de base energética (LBEn) y Línea Meta.	16
1.5.4 Indicadores de desempeño energético (IDEn).	17
1.6 Conclusiones parciales del capítulo.	17
CAPÍTULO 2. CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA AVÍCOLA CIENFUEGOS (EAC). SITUACIÓN ENERGÉTICA	19
2.1 Caracterización de la Empresa Avícola Cienfuegos (EAC). Situación energética..	19
2.2 Metodología para la realización de revisiones energéticas basadas en la norma cubana ISO 50001:2019.....	22
2.3 Estructura de portadores energéticos para la EAC.....	23
2.4 Caracterización del consumo de energía para la EAC.....	26
2.5 Planta de Incubación EIFTPC-60480 instalada en la UEB Enero I.	28
2.5.1 Características de estructura.	29
2.5.2 Parámetros técnicos de la incubadora EIFTPC-60480.....	30
2.6 Gráfico de control del consumo de energía en 2021-2022 para la UEB Enero I.	32

2.7 Caracterización del consumo de energía eléctrica y la producción para la UEB Enero I.	34
2.8 Línea Base Energética (LBE _n) e Indicador de Desempeño Energético (ID _{En}).	36
2.9 Conclusiones parciales del capítulo 2.....	38
CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE MEJORAS PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA UEB ENERO I DE LA EAC.....	39
3.1 Encuesta a directivos para la implantación de sistemas de gestión energética según la norma NC ISO 50001:2019”	39
3.2 Encuesta a técnicos para la implantación de sistemas de gestión energética según la norma NC ISO 50001:2019”	42
Figura 3.2 <i>Distribución porcentual sobre el conocimiento de la norma cubana NC ISO 50001 a técnicos de la UEB Enero I.</i>	45
3.3 Propuesta de incorporación de un Sistema Solar Fotovoltaico (SSFV) en la UEB Enero I.	46
3.3.1 Localización del emplazamiento para el montaje del SSFV en la UEB Enero I.	46
3.3.2 Módulo Fotovoltaico disponible.	48
3.3.3 Metodología de cálculo.	49
3.4. Evaluación económica.	55
3.4.1 Costos de Inversión.....	55
3.4.2 Datos de las tasas a utilizar en la evaluación económica.	57
3.4.3 Consumos y costos de energía eléctrica de la UEB Enero I.	57
3.5 Conclusiones parciales del capítulo 3.....	62
Recomendaciones	65
Bibliografía.....	66
Anexos.....	66
System power: 20.52 kWp.....	70
Normalized productions (perinstalledkWp) Performance RatioPR	4
Specialgraphs	6
Diagrama entrada/salida diaria	6

INTRODUCCIÓN



Introducción

Un Sistema de Gestión de la Energía es una herramienta que ayuda a las organizaciones a establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar su eficiencia energética, además de ser totalmente complementaria, compatible e integrable con otros modelos de gestión mayormente conocidos y con un gran número de certificaciones a nivel mundial como, el Sistema de Gestión de Calidad bajo la norma ISO 9 001 o el Sistema de Gestión Ambiental, a través de la norma ISO 14 001. (Guerra, 2018).

Es un conjunto de elementos que se relacionan e interactúan entre sí para definir una política y objetivos energéticos, los procesos y procedimientos necesarios para alcanzar dichos objetivos.

Además, es la parte del sistema de gestión de una organización dedicado a desarrollar e implementar su política energética, así como a gestionar aquellos elementos de sus actividades que interactúan con el uso de la energía. Como lo señala la CONUEE (Comisión nacional para el uso eficiente de la energía-México): “la gestión de la energía prepara a una organización para conseguir un ahorro energético y de costo a través de la toma de decisiones informada y con la implementación de prácticas de ahorro de energía para las instalaciones, procesos, equipos y operaciones de la organización”. (Paiva, 2019).

La experiencia de Cuba en la implementación de políticas orientadas a la eficiencia energética, pasa en primer lugar por comprender que es un país con escasos recursos energéticos (petróleo, gas, carbón mineral o recursos hídricos). Por otro lado, el incremento de los costos de la energía son manifestaciones de la grave crisis política y económica en que está sumido el mundo de hoy y que repercute negativamente en el desarrollo industrial cubano. Por estas razones, es de suma importancia el uso racional y eficiente de la energía, sobre todo a partir de una mejor gestión. Como ejemplos de Sistemas de Gestión Energética en Cuba se pudiera mencionar la Empresa Cementos Cienfuegos S.A., en la que se desarrolló una experiencia con el objetivo general de integrar el sistema de gestión energética al sistema de gestión de la empresa. Se utilizaron diversas técnicas de recopilación de la información como tormenta de ideas, observación directa, revisión de documentos, entrevistas y cuestionarios. El procesamiento de los datos se realizó utilizando los software estadísticos, identificando las áreas, equipos y personal claves en el consumo y gastos de portadores energéticos; los índices de consumo adecuados que se pueden emplear como indicadores de desempeño energético de la empresa; el nivel de competencia en que se encuentra la

misma en materia de gestión energética; y se propuso un conjunto de elementos del sistema de gestión energética que deben ser integrados al sistema de gestión de la empresa.

En los centros universitarios también se han realizado acciones para comenzar la implementación de esta norma. Por ejemplo, en la Universidad de Cienfuegos en el 2011 se elaboró una norma empresarial de Gestión Energética utilizando la ISO 50001 como norma de referencia. Ello incluyó la definición de indicadores de desempeño energético que permiten a la alta dirección la toma de decisiones para el uso racional y eficiente de los portadores energéticos adquiridos. Se determinaron las principales variables universitarias con influencias en el consumo de energía y se realizaron estudios estadísticos de las mismas, proponiendo un grupo de indicadores de consumo particulares para esta entidad.

La Empresa Avícola de Cienfuegos con domicilio legal en Calle 2 NE # 4906- A es creada a través de la Resolución 214 /76 firmada por Rafael Francia Mesote Ministro de la Agricultura, con fecha 23 de diciembre de 1976 la cual establece su carácter nacional y subordinada a la Dirección Nacional de la avicultura del propio ministerio. Aplica el proceso de perfeccionamiento empresarial desde Junio del 2001. Actualmente cuenta con 15 Unidades Empresariales de Base, 13 productivas, una de aseguramiento, y una comercializadora. La entidad posee una sólida tradición en la producción de carne y huevos de aves, que ha permitido satisfacer las demandas del mercado en Moneda Nacional y Moneda Libremente Convertible atendiendo a la diversidad de clientes, haciendo uso de tecnología de avanzada y apoyada en la amplia experiencia adquirida a través del paso de los años. El contacto directo con las necesidades del mercado en el cual operamos y el esfuerzo constante por servir a los clientes nos ha llevado a reunir una amplia variedad de productos de alta calidad, mejorando el entorno social y la calidad de vida del personal involucrado en el proceso productivo. Para llevar adelante con perseverancia y excelencia el proceso, contamos con un capital humano capacitado y comprometido a apoyar e impulsar el desarrollo de la actividad, lo cual ha permitido con un sostenido incremento de su desarrollo tecnológico incrementar los niveles de eficiencia y calidad en la producción avícola. Hasta el momento no se ha realizado un estudio energético basado en la NC ISO 50 001:2019 en la empresa avícola Cienfuegos, específicamente en la UEB Enero I que permita a largo plazo implementar la norma de gestión de la energía en dicha entidad, así como proponer oportunidades de mejoras de desempeño energético. Es necesario considerar que esta UEB ha mantenido un consumo

de 110 535kWh y 96 435 kWh para los años 2021 y 2022 respectivamente, lo que genera un gasto de 290 792,8 pesos/año como promedio, de ahí que represente un interés para la empresa y dicha UEB considerando la actual situación financiera en que se encuentra poder reducir en la manera de lo posible este consumo de energía, lo cual constituye la situación **Problemática de la Investigación**.

Problema de Investigación:

¿Es posible establecer mejoras para el desempeño energético de la UEB Enero I?

Objetivo general:

Proponer acciones de mejora de eficiencia energética en la UEB Enero I. Basado en la NC-ISO 50 001:2019.

Objetivos específicos:

1. Realizar una búsqueda bibliográfica sobre los sistemas de gestión de la energía y su posible aplicación en la empresa avícola Cienfuegos, específicamente en la UEB Enero I, así como los fundamentos de la NC ISO 50 001:2019.
2. Desarrollar la caracterización energética de la UEB Enero I basado en la NC-ISO 50 001:2019.
3. Detectar oportunidades de mejoras para el desempeño energético en dicha unidad.

Técnicas y métodos utilizados

Encuestas, diagramas de Pareto, gráficos de control. gráficos de dispersión, análisis estadístico de la información, lista de chequeo etc.

- Aporte fundamental de la investigación

Presentar una caracterización energética en la UEB Enero I basado en la NC-ISO 50 001:2019 que permita presentar la estructura de gastos, los diagramas de control para consumo y producción, proponer una línea base energética, así como el indicador de desempeño energético para la entidad. Finalmente, otro aporte lo refleja la propuesta de aplicación de las encuestas para determinar las barreras que serán usadas en la implementación futura del sistema de gestión de la energía, así como poder determinar los principales factores que afectan la eficiencia en la empresa y proponer medidas para disminuir el consumo energético. Además, fue considerado la implementación de un sistema solar fotovoltaico como propuesta de reducción del consumo de energía para dicha UEB.

- Estructura del trabajo.

La investigación queda estructurada en tres capítulos los cuales se describen a continuación:

- Capítulo 1: Realizar una búsqueda bibliográfica sobre los fundamentos de la NC-ISO 50 001:2019, así como caracterizar la empresa avícola Cienfuegos y la UEB Enero I.
- Capítulo 2: Se desarrolla una caracterización energética de la UEB Enero I basado en la NC-ISO 50 001:2019 determinándose la estructura de gastos, los diagramas de control para consumo y producción, la línea base energética, así como el indicador de desempeño energético para dicha entidad.
- Capítulo 3: Se analizan las principales barreras para la implementación futura de un SGEEn basado en la NC-ISO 50 001:2019 en la empresa.

CAPÍTULO I



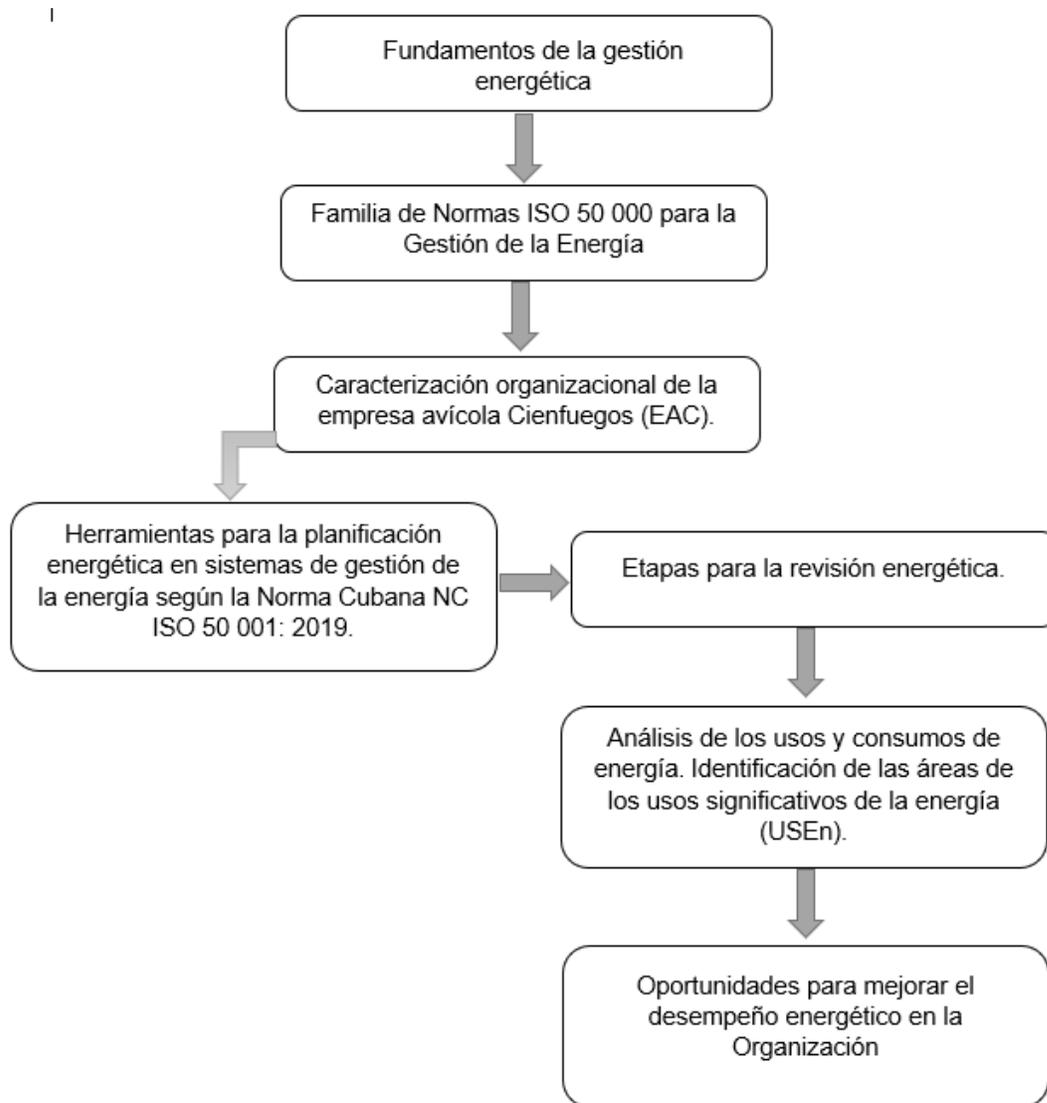
CAPÍTULO I: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO O MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Introducción al capítulo.

En este capítulo se describen los fundamentos generales de la gestión de la energía particularizando en la norma cubana NC ISO 50 001:2019. Se caracteriza además la empresa avícola Cienfuegos, así como la UEB Enero I. Se presentan las herramientas fundamentales para llevar a cabo la caracterización energética de la empresa, destacando cuales son las de mayor aplicación. En la figura 1.1 está representado el hilo conductor del marco teórico referencial de esta investigación.

Figura 1.1

Hilo conductor de la Investigación.



Nota:(Elaboración propia)

1.2 Fundamentos de la gestión energética.

La necesidad de gestionar o administrar la energía, busca racionalizar el uso de esta a escala mundial para asegurar su sostenibilidad. La gestión energética es un tema crucial para todas las organizaciones, independientemente de su tipo o tamaño debido a los factores económicos, políticos, sociales y ambientales, todos los factores se resumen en el incremento de la eficiencia energética, quien produce beneficios concretos. Un SGE es una parte del Sistema Integrado de Gestión de una organización que se ocupa de desarrollar e implementar su política energética y de organizar los aspectos energéticos. Está directamente vinculado al sistema de gestión de la calidad y al sistema de gestión ambiental de una organización (ISO 9001, ISO 14 001). Se contempla la política de la entidad sobre el uso de la energía y cómo van a ser gestionadas las actividades, productos y servicios que interactúan con este uso normalmente bajo un enfoque de sostenibilidad y eficiencia energética, ya que el sistema permite realizar mejoras sistemáticas en el desempeño energético. (Echeandía, 2016).

Para la organización además de ser un reto es una meta implementar a largo plazo un SGE basado en la Norma NC ISO 50 001: 2019, experimentando mejoras continuas, optimizando procesos que permitan reducir los costos. Consecuente a esto disminuir la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

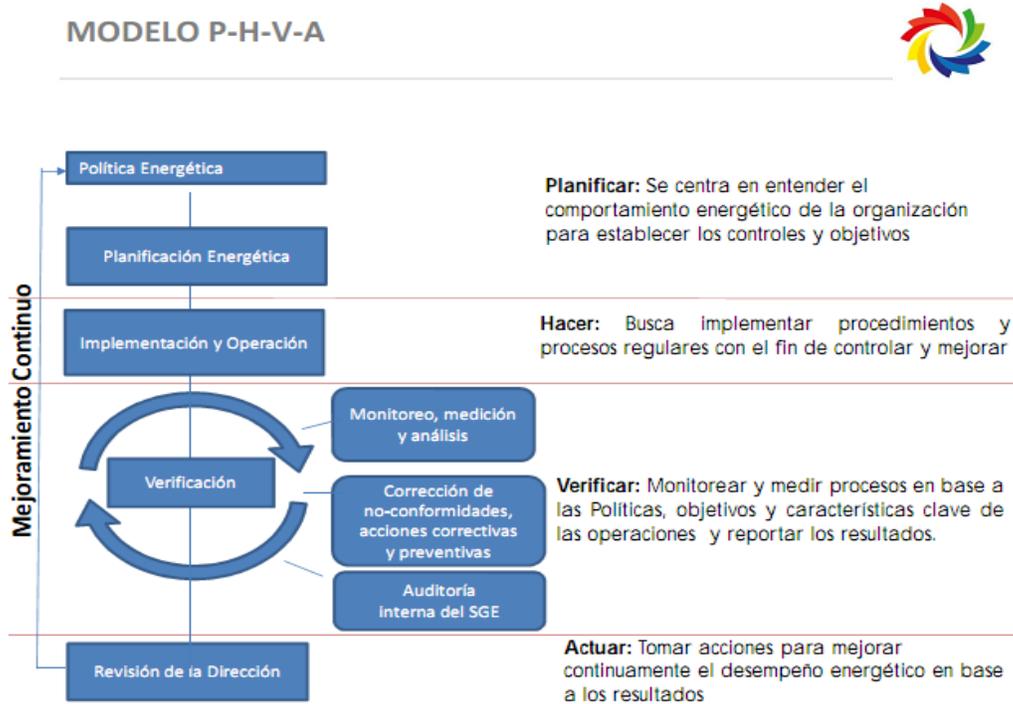
1.3 Familia de Normas ISO 50 000 para la Gestión de la Energía.

La normatividad que ampara este tema de los (SGE) se remonta a la norma europea UNE 216301:2007, (UNE, 2007) la cual fue anulada y dio paso a la ISO 50 001:2011, posterior a ello nace en su versión de actualización ISO 50 001:2018 donde se incorporan aspectos de estructura de alto nivel, su principal función es lograr que la organización cumpla con los estándares establecidos en calidad y protección del medio ambiente, aportando también un valor a la gestión de la energía dentro de las organizaciones.

En la figura 1.2 se muestra el modelo del Sistema de Gestión de la Energía ISO 50 001.

Figura 1.2.

Modelo del Sistema de Gestión de la Energía.



Nota:(de Laire Peirano, 2013).

Además, existe toda una familia de la ISO 50 000 cuyo objetivo es establecer el proceso de certificación de un Sistema de Gestión de la Energía.

- La ISO 50 002 establece el procedimiento adecuado (principios y requisitos básicos) para la realización de auditorías energéticas. En cuanto a las líneas base, se hace referencia a ellas al indicar que deben utilizarse para evaluar las mejoras energéticas de la Organización.

Los requisitos específicos para la competencia, consistencia e imparcialidad en la auditoría y la certificación de sistemas de gestión energéticos se recogen en la ISO 50003. Dichos sistemas de gestión energéticos determinan y ajustan líneas base con las que comparar los resultados para evaluar la eficiencia energética.

- La ISO 50 003 recoge los requisitos que deben cumplir los organismos de certificación que realizan las auditorías y certificación de Sistemas de Gestión de la Energía.
- La ISO 50 004 proporciona una guía para el establecimiento, la implementación, el mantenimiento y la mejora de los sistemas de gestión energética. Según esta norma, las revisiones energéticas suministran la información y los datos

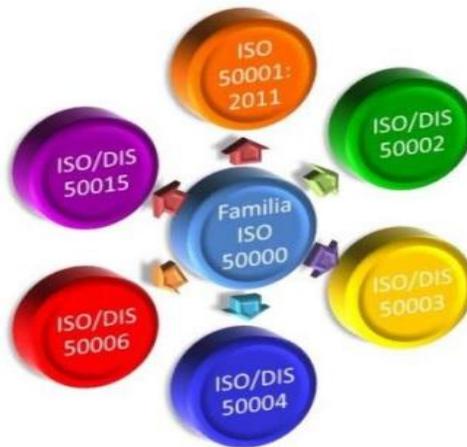
necesarios para el establecimiento de las líneas bases energéticas. Dichas líneas deben expresar mediante una relación matemática la relación del consumo de energía como función de una serie de variables relevantes. Debe ser un modelo ingenieril, un promedio o un dato de consumo en caso de no existir variables destacadas.

- La ISO 50 006 se centra en la medición del rendimiento energético utilizando líneas de base de energía e indicadores de desempeño energético.
- La ISO 50 015 tiene como objetivo establecer un conjunto de principios y directrices que se utilizarán para la medición y verificación (M&V) de la eficiencia energética de una entidad o sus componentes.

Existe por tanto toda una gama de posibles enfoques, metodología y herramientas para el establecimiento, mantenimiento y mejora de un Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) como exige la referida norma. Otra ventaja que conlleva la certificación energética es que, debido a la importancia concedida a la mejora continua, ofrece un control y seguimiento sobre los aspectos energéticos. Se puede demostrar un uso más eficiente y sostenible de la energía, que conllevará a su vez a una reducción de costos. Debido a las razones anteriores es de vital importancia para la empresa un estudio energético basado en la norma cubana NC ISO 50 001:2019, siendo utilizada a escala mundial y en grandes e importantes procesos productivos, por lo tanto, es sumamente decisivo para el desarrollo del país. En la figura 1.3 se muestra la familia de la ISO 50 001.

Figura 1.3.

Familia de la ISO 50 000.



Nota: (Díaz, 2016).

1.4 Caracterización de la empresa avícola Cienfuegos (EAC).

La Empresa Avícola de Cienfuegos se encarga de producir y comercializar de forma mayorista: Aves vivas, huevos, y carnes de aves, además de subproductos avícolas , embutidos y ahumados , en moneda nacional y divisas, así como producir y comercializar de forma minorista a través de Mercados Agropecuarios Estatal y feria aves vivas y otros animales de las distintas especies de ganado menor, incluyendo sus carnes, huevos de cáscara marrón y huevo de cáscara blanca no balanceable , huevos de codorniz, subproductos avícolas y productos agropecuarios, en moneda nacional.

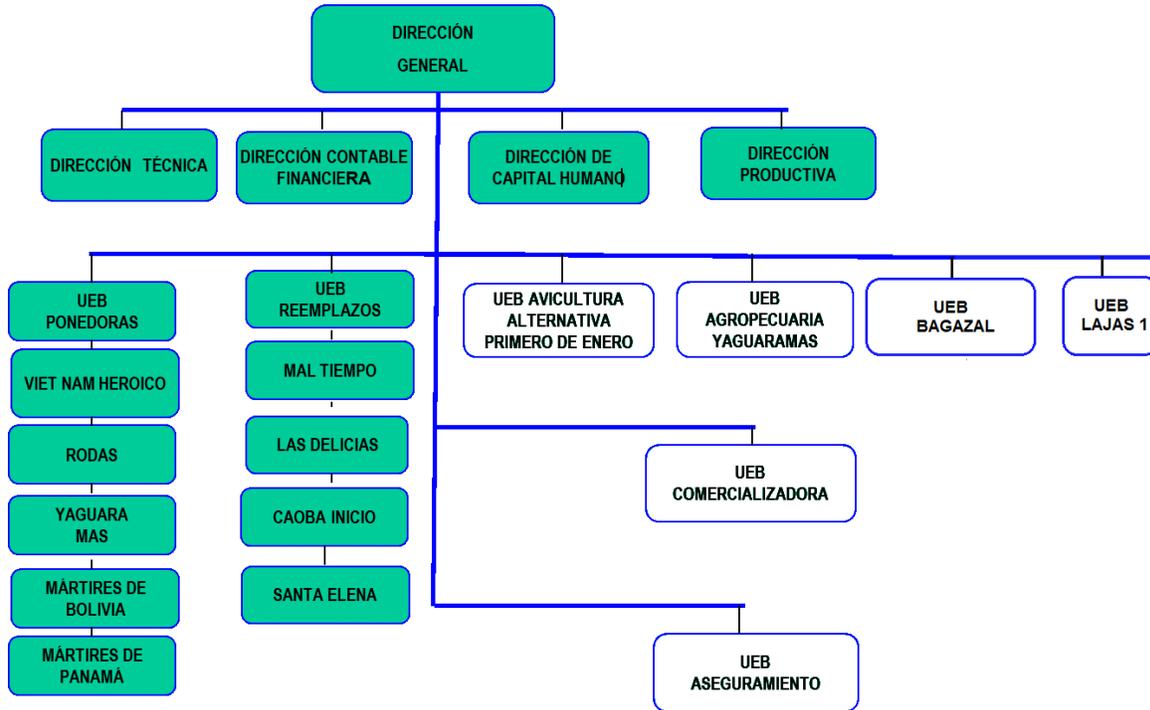
La misión fundamental producir y comercializar con efectividad huevos, carne de aves y otros productos avícolas en el territorio nacional con una cultura de calidad y recursos humanos preparados que asegure la competitividad y seguridad del cliente. Los principales productos y/o servicios son:

- Huevo de gallina ponedora.
- Huevo de otras especies. (Alternativa)
- Pollo Pie de Cría.
- Pollo Criollo de un día.
- Pollos Criollos de mas de un día.
- Pavos de Ceba.
- Codorniz.
- Guineo de un día.
- Pollo sacrificado.
- Gallina sacrificada.
- Aves dereemplazo ponedoras.
- Gallos Inicio.
- Guineos reproductores.
- Huevo Cáscara Marrón.
- Huevo de Codorniz.
- Producciones agrícolas. Viandas, hortalizas y vegetales.

El organigrama de la empresa avícola Cienfuegos se presenta en la Figura I.4

Figura 1.4.

Organigrama de la empresa avícola Cienfuegos.



Nota: (EAC Cienfuegos)

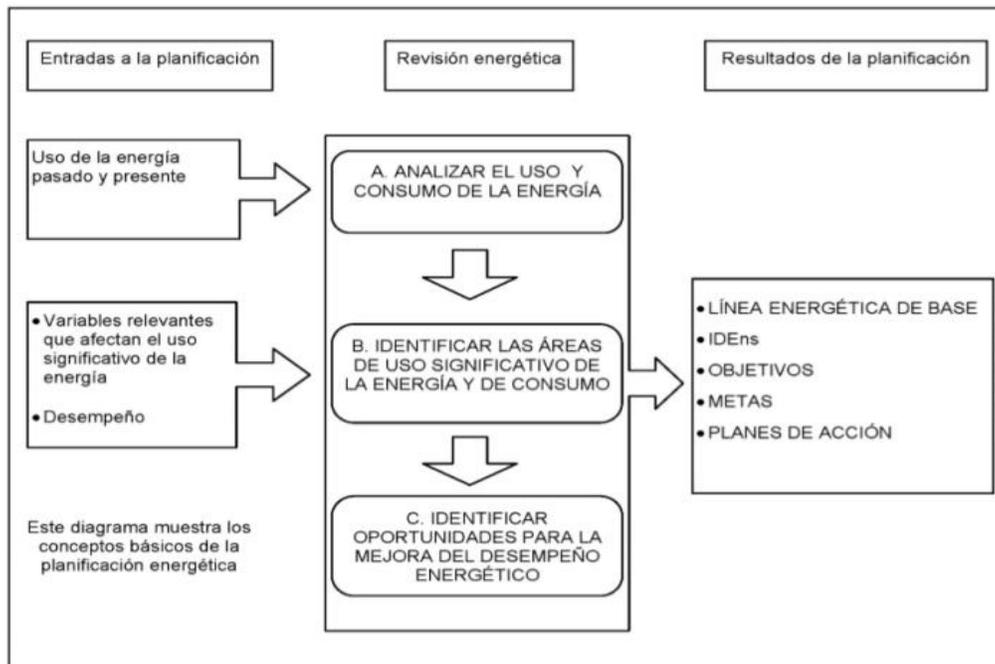
1.5 Herramientas para la planificación energética en sistemas de gestión de la energía según la Norma Cubana NC ISO 50 001: 2019.

En términos generales, Planear en un sistema de gestión, implica la identificación de un problema u oportunidad y a partir de allí, la planificación de las acciones necesarias para resolver dicho problema o para aprovechar la oportunidad. En un sistema de gestión de la energía, el proceso de planificación es medular para todo el sistema tanto por su alto componente teórico, como por los resultados que de él se obtienen. El proceso de planificación comienza por conocer en detalle la situación energética de la organización a partir de mediciones y análisis de todas las actividades y factores que afectan el desempeño energético. (Nordelo& Caminos, 2013).

Esto posibilita identificar oportunidades de mejora y establecer los objetivos, metas y planes de acción para la mejora continua del desempeño energético, elementos centrales del sistema de gestión. En la figura 1.5 se muestra el Diagrama conceptual del proceso de planificación energética.

Figura 1.5.

Diagrama conceptual del proceso de planificación energética.



Nota: (Alarcón, 2012).

1.5.1 Revisión energética.

En la revisión energética se deben determinar cuáles son los consumos energéticos significativos. Para ello, cada organización deberá establecer una metodología y criterios para la evaluación de su nivel de significancia de manera que se determine cuando un uso o un consumo de energía son relevantes. La metodología y los criterios utilizados para la misma deben estar documentados. Para realizar esta revisión es necesario determinar los usos pasados y presentes de la energía, utilizando para ello mediciones y otros datos. Basándose en estos datos hay que identificar las actividades/operaciones, productos y servicios, equipos y/o sistemas con impacto significativo en el desempeño energético. Posteriormente hay que llevar a cabo una identificación de las oportunidades de mejora detectadas. Las oportunidades pueden tener relación con fuentes potenciales de energía, la utilización de energía renovable u otras fuentes alternativas tales como la energía desperdiciada.

En resumen, es necesario conocer que equipos consumen energía, el establecimiento de los consumos energéticos es el primer paso de la implantación, y para ello es necesario medir. Puede ser necesaria la realización de una auditoría energética inicial, para complementar la revisión energética. La auditoría energética va a determinar cuáles son

los principales procesos consumidores de energía, y permite realizar una adecuada segmentación de consumos, así como una correcta distribución de estos que ayude en la identificación de los usos de la energía y en el establecimiento de criterios de evaluación de estos. La revisión energética debe actualizarse a intervalos definidos, usualmente con frecuencia anual, o en respuesta a cambios sustanciales en los procesos tecnológicos, sistemas o equipos energéticos, conservando registros de las revisiones energéticas realizadas.

1.5.1. a Análisis de los usos y consumos de energía.

El objetivo central de este requisito es seleccionar los criterios que permitan distinguir los usos significativos de la energía. Algunos criterios de evaluación de los consumos energéticos se muestran a continuación:

- Según el tamaño del uso o consumo energético dentro del proceso. Es decir, un consumo energético puede ser significativo siempre y cuando represente un determinado peso del total de consumo de energía de la evaluación.
- Según su desarrollo histórico. Es decir, un consumo energético podrá ser más o menos significativo si se ha disparado en el tiempo, si se mantiene o si por el contrario disminuye.
- Según su potencial de mejora. Si lo presenta, puede ser catalogado como significativo por un tiempo hasta que el mismo ya no pueda mejorarse más. Este criterio de evaluación puede ser muy útil para el establecimiento de los objetivos y metas fijados.
- Según el porcentaje de emisiones contaminantes que representa en el total de la instalación.

Por ello, a modo de ejemplo, un uso o un consumo puede ser significativo si:

- Su peso dentro del uso total de la energía en la organización es grande.
- Si permite el empleo de energías renovables.
- Si ha experimentado una tendencia alcista.
- Si representa una alta proporción de las emisiones de GEI en la organización.
- Existe un uso más eficiente. Implantación de la norma ISO 50 001.

La identificación de los puntos significativos en la gestión energética puede realizarse mediante la definición de una matriz de usos y consumos de la energía, en la que se definirán dichos consumos, los factores energéticos asociados a esos consumos, el método de medida, el consumo actual y el potencial de ahorro significativo. Todos estos datos permiten decidir si el uso o consumo es significativo.

En procesos complejos, puede definirse una matriz de usos y consumos de la energía para cada una de las unidades operativas, en lugar de una sola general. Esta matriz facilita el análisis energético global al desglosarlo en unidades menores y posibilita la organización independiente de los equipos implicados en la gestión energética. (Alarcón, 2012).

1.5.1. b Consumo de energía y producción en el tiempo (E-P vs. T).

Este representa la variación de la energía y producción de cualquier organización según un periodo o periodos de tiempo, pueden ser mensual, trimestral y anual, dependiendo del historial que maneje la organización. Se realiza para cada portador energético importante de la empresa y también puede establecerse a nivel de equipos o área.

La utilización es de suma importancia dado que la entidad podrá evidenciar si está siendo eficiente en su consumo energético respecto a la producción tenida en ese periodo específico. Por otro lado, es fundamental a la hora de buscar las metas que una empresa pueda llegar a proponerse y que se puedan cumplir. (Villafrades & Muñoz, 2020).

A continuación, se presentan algunas de las utilidades de los diagramas energéticos-productivos:

- Muestra la relación entre las diferentes etapas del proceso productivo y las etapas mayores consumidoras por tipo de portador energético.
- Muestra donde se encuentran concentrados los rechazos de materiales y los efluentes energéticos no utilizados.
- Muestra las posibilidades de uso de efluentes energéticos en el propio proceso productivo.
- Muestra las posibilidades de cambio en la programación del proceso o introducción de modificaciones básicas para reducir los consumos energéticos.
- Facilita el establecimiento de indicadores de control por áreas, procesos y equipos mayores consumidores.
- Permite determinar la producción equivalente de la empresa.

1.5.1. c Tendencia o Sumas Acumulativas (CUSUM).

Se utiliza para monitorear la tendencia de una entidad respecto a sus variaciones acerca del consumo energético respecto a un periodo definido. A partir del CUSUM se puede determinar la cantidad de energía que se ha dejado de consumir o en su defecto se ha sobre consumido hasta el momento de su actualización. A continuación, se muestra la ecuación 1 de tendencia o sumas acumulativas CUSUM.

$$\text{CUSUM} = ((E_{\text{real}} - E_{\text{tendencia}})I + (E_{\text{real}} - E_{\text{tendencia}})I - 1)(1)$$

En el caso que este indicador tenga una tendencia negativa quiere decir que la entidad lleva una inclinación hacia la eficiencia en un proceso lo cual es lo adecuado, dado que la suma acumulada de los consumos energéticos respecto a la base es inferior. Lo que se traduce en disminución del consumo energético (ahorro). (Villafrades & Muñoz, 2020).

1.5.1. d Identificación de las áreas de los usos significativos de la energía (USEn).

Los usos significativos de energía son aquéllos que tienen un consumo sustancial de energía y/o que ofrecen un alto potencial de mejora en el desempeño energético, por lo que son los puntos en los que la organización debe enfocar su gestión.

Lo más común es identificar los usos significativos de energía, basado en aquéllos que tienen la mayor porción del consumo de energía o bien, en términos de costo. Sin embargo, si una organización tiene un grado de madurez elevado en la gestión de la energía y ya ha implementado oportunidades de mejora en aquellas áreas que reúnen una mayor porción del consumo energético total de la organización, puede definir como áreas de uso significativo de la energía, aquellas donde el potencial de mejora del desempeño es mayor.

1.5.1. e Diagrama de Pareto.

Con el diagrama de Pareto, se analizan diferentes problemas de calidad en la empresa donde de manera general se describen el 80 % de los problemas y el 20 % de las causas. Esta relación 80-20 fue nombrada Principio de Pareto o Ley de Pareto. En el caso de un sistema de gestión de la energía este diagrama sirve para identificar cuáles son los usos significativos de la energía. Conociendo esto se puede atacar el problema de ahorro energético de manera más específica, lo que quiere decir que se puede atacar con más certeza los procesos o equipos, en los cuales no hay eficiencia energética, o se tenga una mayor cantidad de oportunidades de mejora. (Villafrades & Muñoz, 2020).

En el momento de realizar el diagrama de Pareto, este presenta una visión objetiva de las causas que se deben trabajar para que la entidad pueda cumplir de la mejor manera la norma ISO 50 001.

1.5.2 Oportunidades para mejorar el desempeño energético en la Organización.

La identificación de oportunidades para mejorar el desempeño energético es un elemento fundamental dentro del Sistema de Gestión de la Energía, y debe ser un proceso continuo para que pueda contribuir eficazmente al mejoramiento permanente del desempeño energético de la organización.

Se debe elaborar un inventario (lista) de todas las oportunidades o ideas para ahorrar energía. Es importante darse cuenta de que este inventario es una base de datos activa y que crecerá continuamente. Es el principal instrumento de mejora continua del SGen. La

lista de oportunidades de energía incluye, para cada oportunidad, por lo menos los siguientes datos:

- Número de identificación.
- Breve descripción de la oportunidad. Debería ser lo más específica posible, y concretar en una acción.
- Ámbito de la oportunidad, es decir, combustibles, electricidad, gestión, aire comprimido, etc.
- Ahorros potenciales en términos de energía, dinero, emisiones de carbón y otros beneficios posibles.
- Persona responsable de concretar la oportunidad.
- Estado de la oportunidad, es decir, idea, aprobada, suspendida, pospuesta, en curso, ejecutada, cerrada.
- Fechas, hay una serie de fechas importantes en el ciclo de vida de cada una de las oportunidades incluyendo iniciación, plazo de ejecución, ejecución.
- Método de verificación de los ahorros, es decir ¿cómo se determinará si la oportunidad logró los ahorros estimados?

Deben revisarse las prácticas operacionales para determinar cómo mejorarlas, así como los aspectos tecnológicos para identificar oportunidades de mejora a través de inversiones en remodelaciones o introducción de nuevos equipos y tecnologías cada vez más eficiente.

Las oportunidades de mejora no solo se limitan a aspectos técnicos, también deben incluir temas estructurales y organizacionales relacionados con el uso y el consumo de la energía, revisión de las tarifas y las contrataciones de los servicios de energía.

1.5.2. a Auditorías Energéticas.

La auditoría energética (o diagnóstico energético) constituye una etapa básica, de máxima importancia dentro de todas las actividades incluidas en la organización, seguimiento y evaluación de un programa de ahorro y uso eficiente de la energía, el que a su vez constituye la pieza fundamental en un sistema de gestión energética.

Según la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME, 2007), una Auditoría Energética es un análisis que refleja cómo y dónde se usa la energía de una instalación industrial con el objetivo de utilizarla racional y eficientemente. Ayuda a comprender mejor cómo se emplea la energía en la empresa y a controlar sus costos, identificando las áreas en las cuales se pueden estar presentando despilfarros y en dónde es posible hacer

mejoras. Es una evaluación técnica y económica de las posibilidades de reducir el costo de la energía de manera rentable sin afectar la cantidad y calidad de su producto.

El éxito de una auditoría energética no sólo depende de que sea realizada por un buen consultor, sino que se requiere la participación de la empresa en la auditoría, el compromiso de la empresa con la eficiencia energética y constituir una buena contraparte técnica.

La participación de la empresa en la auditoría debe concretarse mediante la asignación de uno o más profesionales y técnicos con buen conocimiento de los procesos que serán parte de la auditoría y entendimiento de las demandas de energía respectivas, para colaborar con el consultor en el levantamiento de información en terreno, mediciones, etc. y en los análisis respectivos.

El compromiso de la empresa debe manifestarse mediante una persona de nivel gerencial con poder de decisión que tenga la autoridad suficiente para asignar recursos a la eficiencia energética. En la auditoría, dicha persona debe permitir el acceso del consultor a la información y a hacer las mediciones que sean necesarias en los procesos; en las etapas posteriores a la auditoría, es decir, la fase de implementación de opciones de Eficiencia Energética, debe asignar y proporcionar los recursos necesarios para que dichas medidas se concreten: crear cargos responsables de la Eficiencia Energética en el organigrama de la empresa, asignar presupuesto anual a la Eficiencia Energética, proporcionar capital y conseguir financiamiento para opciones que requieran estudios de ingeniería más profundos o inversiones en equipos y tecnología, etc.

La empresa debe tener una contraparte técnica válida para el consultor, es decir, con conocimiento de los procesos y sus demandas de energía, con un nivel profesional comparable al del consultor, para revisar cuidadosamente los informes que entrega el consultor que hace la auditoría energética. Ambas partes deben procurar que la auditoría se realice correctamente. La contraparte técnica debe tener comunicación directa con el personal de la empresa que colabora con el consultor en el levantamiento de información y con los cargos gerenciales involucrados. Por otro lado, el trabajo de la contraparte debe ser complementario al trabajo del consultor.

1.5.3 Línea de base energética (LBEn) y Línea Meta.

La línea base energética es el escenario de análisis relativamente más sencillo, pues implica que se cuenta con información histórica de las variables que componen el indicador, o bien, datos sobre el mismo. Esta línea base es una referencia cuantitativa la cual se necesita a la hora de realizar las comparaciones imprescindibles en el desempeño

energético. Se halla partiendo de los datos medidos, los cuales se utilizan para hallar una función de regresión lineal la que describe el consumo energético de una entidad y está relacionada con la producción que se tenga en la misma. A continuación, se muestra la ecuación 2 de Línea Base Energética.

$$E = m * P + E_0(2)$$

Dónde:

E = Energía consumida [kWh]

m = Pendiente de la función [energía / producción]

P = Producción correspondiente de la entidad

E₀ = Energía no asociada a la producción

La línea meta es el objetivo cuantitativo que el programa o proyecto se compromete alcanzar en un periodo determinado por el usuario. Asimismo, la línea meta se obtiene tomando los puntos por debajo de la línea base ya que son los puntos más eficientes. A partir de los consumos y datos de producción de estos periodos se elabora la ecuación de energía meta usando como referencia la misma pendiente de la línea base, en el que la organización valide el buen desempeño energético. (Villafrades & Muñoz, 2020). Mediante esta, se puede conocer el modelo de comportamiento con el cual se va a realizar los análisis correspondientes para posteriormente hallar la línea meta que es idónea para la entidad.

1.5.4 Indicadores de desempeño energético (IDEn).

Estos indicadores son determinados por la organización dado que permiten controlar y monitorear los procesos en los que se evalúa el desempeño. Estos sirven para alertar sobre las desviaciones que se obtuvieron, también puede utilizarse estos indicadores para medir la efectividad y los resultados que tiene el sistema de gestión energético al compararlos con la base energética obtenida.

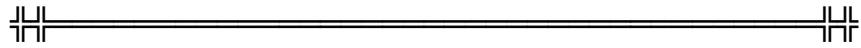
De igual forma, la organización puede escoger cuales son los indicadores de desempeño energético (IDEn) que le sean más necesarios a la hora de la revisión energética para que posteriormente puedan contrastarse de la manera más adecuada ya sea con la base o con las metas planeadas.

1.6 Conclusiones parciales del capítulo.

1. Las implementaciones de los sistemas de gestión energética elevan la eficiencia energética y reducen los costos, ya que se basa en el criterio de estar mejorando continuamente y constituye la plataforma de partida para la administración eficiente y uso adecuado de la energía.

2. La NC ISO 50 001:2019 es el instrumento adecuado para planificar y monitorear el consumo de portadores energéticos en la organización, de ahí la importancia de su utilización en aras de hacer más eficiente el consumo de energía dentro de la Empresa Avícola Cienfuegos específicamente para la UEB Enero I, dicha norma reduce los costos, además de disminuir considerablemente la emisión de gases de efecto invernadero a la atmosfera.
3. Esta herramienta impacta positivamente en la reducción de los gastos en la empresa, fundamentalmente en los gastos por consumo de energía.

CAPÍTULO II



CAPÍTULO 2. CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA AVÍCOLA CIENFUEGOS (EAC). SITUACIÓN ENERGÉTICA.

2.1 Caracterización de la Empresa Avícola Cienfuegos (EAC). Situación energética.

La Empresa Avícola Cienfuegos (EAC) perteneciente al Ministerio de la Agricultura, sector económico: agropecuario, rama ganadería, sub-rama avícola, con domicilio legal en la calle 2 NE # 4906 – A e/ 49 Y 51, en la ciudad de Cienfuegos, con e-mail: dirección @a5.cfg.geg.cu, fax: 516950, teléfono: 516950, pertenece al Grupo Empresarial de Alimentos y Aves (GEALAV). Fue constituida por resolución 214/76 del ministro del MINAGRI en el año 1976.

El objeto social de la EAC fue aprobado por la Res. 769/2005 del MEP y plantea:

- Producir y comercializar de forma mayorista: aves vivas, huevos de aves, carne de aves, subproductos avícolas, embutidos y ahumados.
- Producir y comercializar de forma minorista a través del mercado agropecuario estatal y ferias, aves y otros animales de las distintas especies de ganado menor, incluyendo sus carnes, huevos de cáscara marrón, huevo de cáscara blanca no balanceable, huevos de codorniz, subproductos avícolas y productos agropecuarios.
- Prestar servicios especializados de transportación de piensos y sus materias primas.
- Comercializar de forma mayorista sacos vacíos de propileno, nuevos y recuperados al sistema de la agricultura.
- Producir y comercializar de forma mayorista productos agropecuarios y medicamentos avícolas al sistema de la Agricultura y a terceros.
- Comercializar de forma minorista a sus trabajadores excedentes de productos agropecuarios autorizados.
- Brindar servicios de transporte de carga por vía automotor.
- Ofrecer servicios de incubación.
- Prestar servicios de alquiler de equipos.
- Brindar servicios de comedor, cafetería y recreación a trabajadores del sistema.
- Realizar la construcción y reparación de viviendas a los trabajadores del sistema.
- Brindar servicios de alquiler de áreas y locales.
- Producir y comercializar de forma mayorista materiales alternativos de construcción al sistema y efectuar la venta minorista a los trabajadores de la entidad.

Dentro de los principales proveedores de la EAC se encuentran:

1. Empresa Productora de Piensos de Cienfuegos.
2. Empresa Integral Forestal de Cienfuegos.
3. Empresa de Aseguramiento de Servicios e Insumos a la Ganadería "EASIG"
4. Empresa Nacional "Celso Stakerman".
5. LABIOFAN.

Figura 2.1

Mapa de Procesos de la EAC.



Nota: (EAC Cienfuegos)

Principales Clientes de la EAC:

- Comercio Interior Provincial.
- EPIA Cienfuegos.
- Educación Provincial.
- Salud Provincial.

La empresa cuenta con un total de 15 Unidades Básicas Empresariales (UEB), las cuales son:

- UEB Ponedora Mártires de Bolívia

- UEB Ponedora Mártires de Panamá
- UEB Ponedora Viet Nam Heroico
- UEB Ponedora Rodas 1
- UEB Ponedora Yaguaramas
- UEB Inicio Mal Tiempo
- UEB Inicio Las Delicias
- UEB Reemplazo Santa Elena
- UEB ReemplazoCaoba Inicio
- UEB Primero de Enero (Enero I)
- UEB Bagazal
- UEB Lajas 1
- UEB Comercializadora
- UEB Autoconsumo Yaguaramas
- UEB Aseguramiento

Las mismas se encuentran distribuidas dentro de la provincia de Cienfuegos de la siguiente forma de acuerdo con la figura 2.2:

Figura 2.2

Distribución de las UEB dentro de la provincia de Cienfuegos.

Provincia Cienfuegos



Nota: (Elaboración propia)

2.2 Metodología para la realización de revisiones energéticas basadas en la norma cubana ISO 50001:2019.

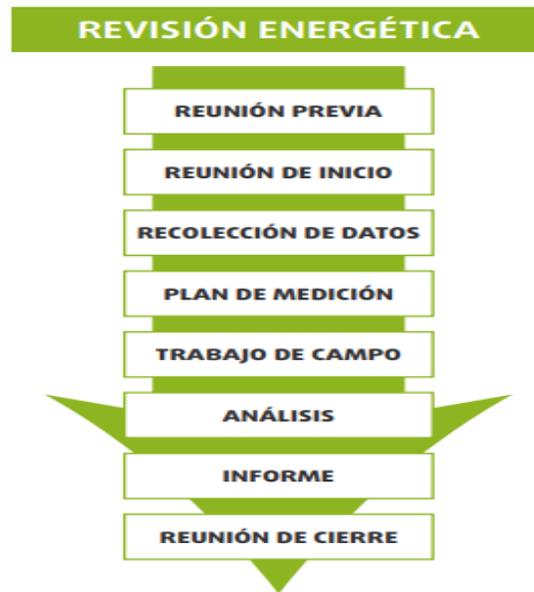
Según (ONURE, 2021), cualquier organización que desee gestionar su energía según los criterios de NC ISO 50001:2019 debe comenzar por realizar una revisión energética donde básicamente se analice cómo se está usando y consumiendo la energía. El tiempo de cada revisión energética estará en correspondencia con la complejidad de la instalación, los especialistas y los instrumentos de medición disponibles. La metodología empleada para la realización de dicha revisión energética fue desarrollada en el marco del Programa de Apoyo a la Política de Energía en Cuba y su Proyecto de eficiencia energética financiado por la Unión Europea. Esta propone una guía paso a paso para la realización de las revisiones energéticas iniciales en las organizaciones que implementarán sistemas de gestión de la energía (SGEn) en el país dándole cumplimiento al Programa de Desarrollo y Sostenibilidad para las Fuentes Renovables y la Eficiencia Energética en un periodo de 5 años, establecido en el Decreto ley 345/2017.

La metodología ha respetado la estructura del requisito 6.3 de la NC ISO 50001:2019 siguiendo con la mayor precisión posible los pasos que las organizaciones deben transitar en la realización de las revisiones energéticas como paso inicial de la implementación de un SGEn.

Los pasos para la correcta ejecución de una revisión energética con los cuales los trabajos se desarrollarán de manera ordenada y previamente fijada, permitiendo llevar a cabo de manera eficiente un análisis de la realidad energética de la instalación, lo cual permitirá idear, adoptar y ejecutar soluciones de eficiencia energética de una manera más sencilla, son los siguientes (consultar figura 2.3):

Figura 2.3

Etapas de la metodología para la revisión energética.



Nota: (ONURE, 2021)

2.3 Estructura de portadores energéticos para la EAC.

La EAC cuenta con tres portadores energéticos fundamentales (Electricidad, Diésel y Gasolina). La electricidad se utiliza para la iluminación, bombeo de agua, incubación de huevos, y para la administración de manera general. El diésel y gasolina por su parte son utilizados para el transporte de carga, traslado del personal y otras actividades administrativas. La figura 2.4 presenta a partir de un diagrama de bloque un resumen del uso de los portadores energéticos.

Figura 2.4

Utilización general de los portadores energéticos de la EAC.



Nota: (Elaboración propia)

La tabla 2.1 presenta la estructura para la determinación de las Toneladas de Combustible Convencional (TCC) de cada uno de los portadores energéticos presentes. Para la EAC el consumo de diésel en el 2021 representó el 59,36 % del total de portadores, en esta empresa la trasportación representa un papel fundamental por el objeto social de la misma que es la comercialización, la electricidad por su parte representa el 37,36 %, inferior, pero de importancia debido a la necesidad de la reducción de los consumos energéticos.

Tabla 2.1

Estructura de portadores energéticos para la EAC en el año 2021.

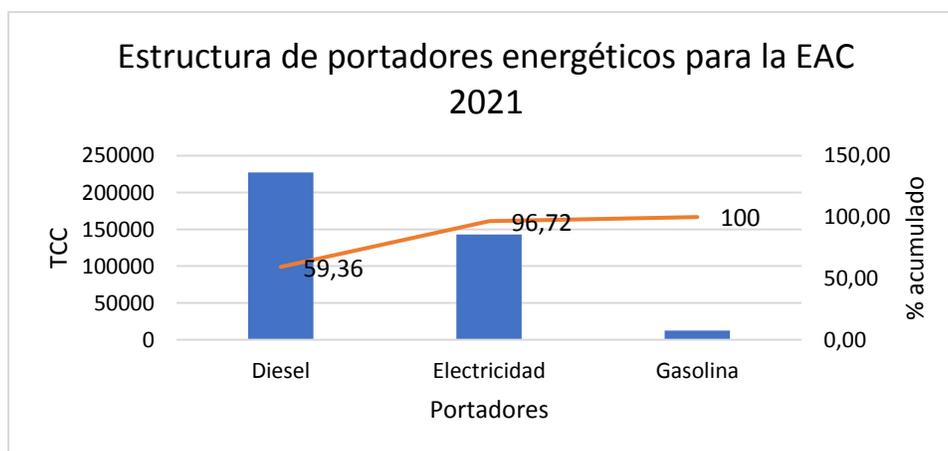
Portadores	U/M	Consumo	FC	TCC	%	%acumulado
Diésel	Its	215 690	1,0534	227 207,85	59.36	59.36
Electricidad	kWh	461 262	0,31	142 991,30	37,36	96,72
Gasolina	Its	11 426	1,0971	12 535,46	3,28	100
Total				382 734,61	100	

Nota: (Elaboración propia).

La figura 2.5 presenta a partir de un diagrama de Pareto la estructura de los portadores energéticos para la EAC en el año 2021. Como se observa el diésel y la electricidad conjuntamente representan el 96,72% del total de consumo de portadores de esta empresa.

Figura 2.5

Estructura de portadores energéticos para la EAC en el año 2021.



Nota: (Elaboración propia)

El consumo de diésel para el 2022 (Tabla 2.2) representa el 61,44 % del total de portadores, superior en un 2,01% al 2021, la electricidad por su parte representa el 36,32 %.

Tabla 2.2

Estructura de portadores energéticos para la EAC en el año 2022.

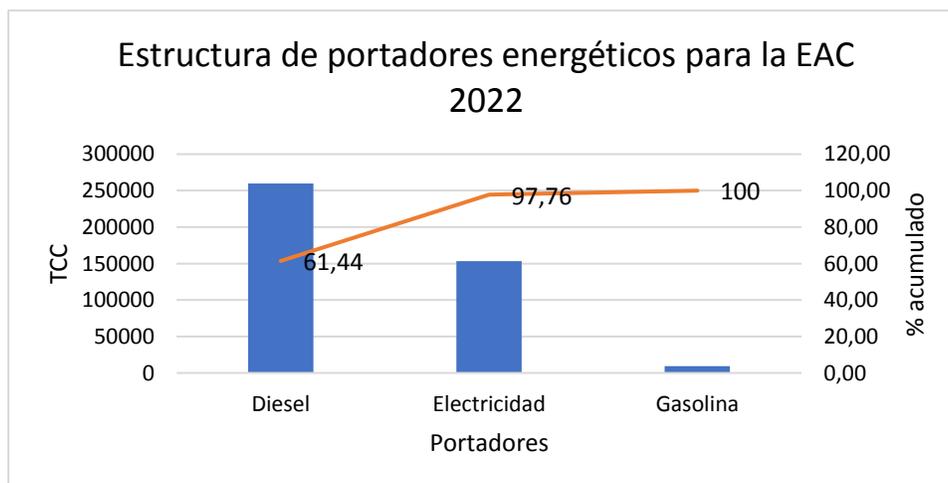
Portadores	U/M	Consumo	FC	TCC	%	%acumulado
Diesel	lts	246 528	1,0534	259 692,60	61,44	61,44
Electricidad	kWh	495 267	0,31	153 532,76	36,32	97,76
Gasolina	lts	8 619	1,0971	9 455,91	2,24	100
Total				422 681,26	100	

Nota: (Elaboración propia).

La figura 2.6 presenta a partir de un diagrama de Pareto la estructura de los portadores energéticos para la EAC en el año 2022. Como se observa el diésel y la electricidad conjuntamente representan el 97,76 % del total de consumo de portadores de esta empresa muy similar a lo representado en el año 2021.

Figura 2.6

Estructura de portadores energéticos para la EAC en el año 2022.



Nota: (Elaboración propia)

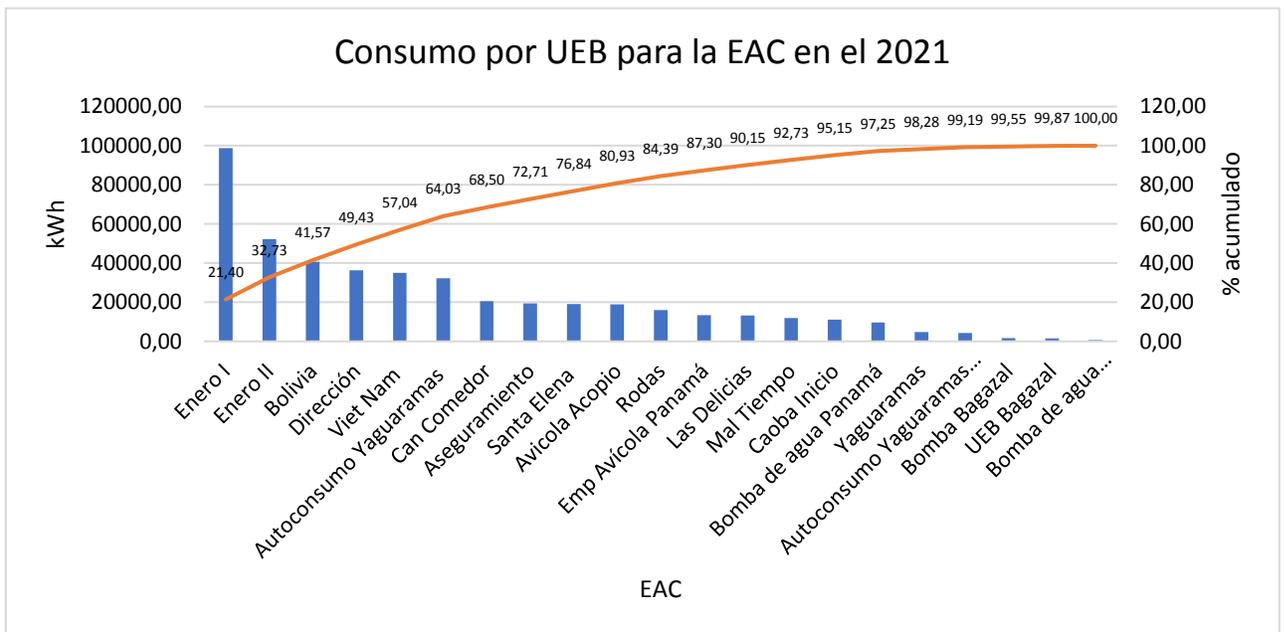
En este estudio a partir de una solicitud administrativa, se desarrollará la caracterización de la energía eléctrica con vistas a proponer un conjunto de medidas para mejorar la eficiencia energética, dicha EAC no cuenta hasta el momento con ningún estudio similar por lo que sirve como base para futuras investigaciones en el tema.

2.4 Caracterización del consumo de energía para la EAC.

Las figuras 2.7 y 2.8 presentan mediante una estratificación los consumos de electricidad para las 15 UEB de la EAC correspondientes a los años 2021 y 2022. Dichas estratificaciones muestran que las 10 UEB (Enero I, II, Bolivia, Dirección, Vietnam, Autoconsumo, Can Comedor, Aseguramiento, Santa Elena y Avícola Acopio) representan el 80% del total de consumo de energía eléctrica para dicha empresa.

Figura 2.7

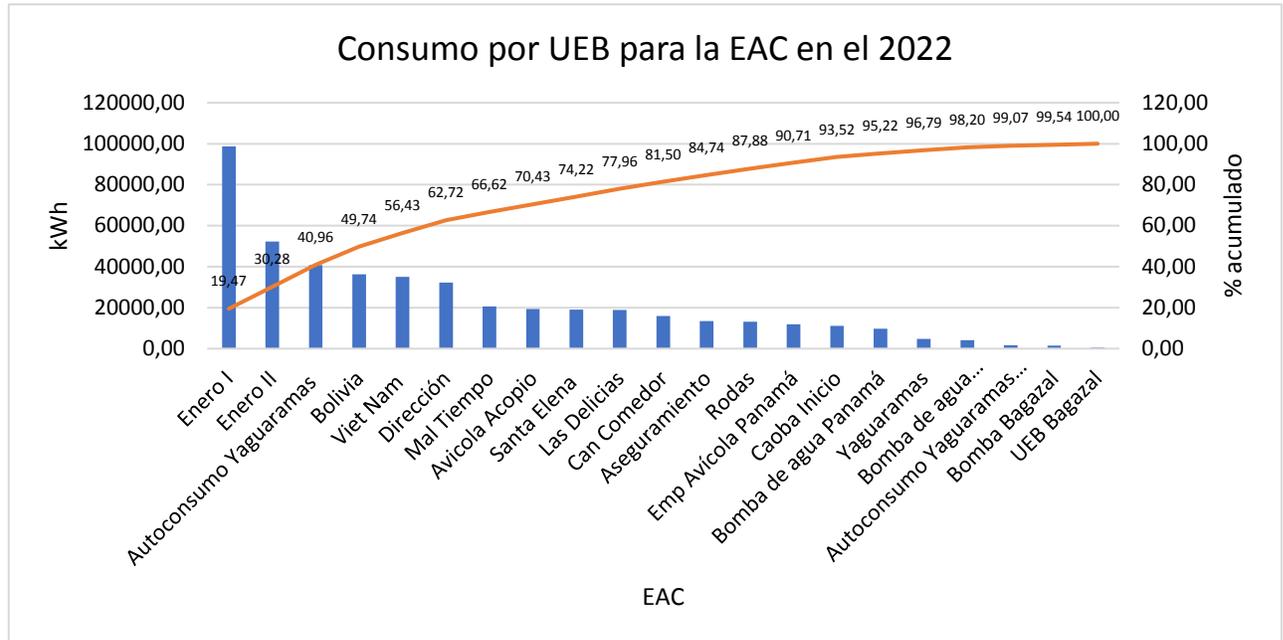
Consumo por UEB para la EAC en el año 2021.



Nota: (Elaboración propia)

Figura 2.8

Consumo por UEB para la EAC en el año 2022.

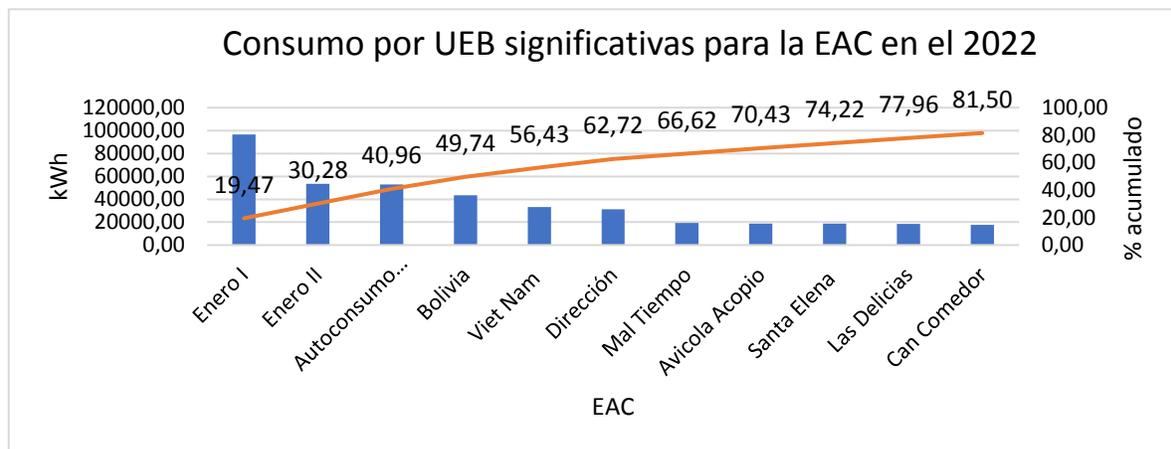


Nota: (Elaboración propia)

La figura 2.9 refleja que la UEB de mayor consumo de energía eléctrica es Enero I, esta es una planta de incubación, donde existe un equipamiento tecnológico significativo, lo que obliga a enfocar el estudio en esta UEB en particular. Dicho consumo de energía 98 694,15 kWh/año y 96 435,30 kWh/año representó para la EAC el 21,4% en el 2021 y el 19,47% en el 2022 respectivamente.

Figura 2.9

Consumo por UEB significativas para la EAC en el año 2022.



Nota: (Elaboración propia)

Para el caso de la UEB Enero I esta cuenta con dos áreas fundamentales (Socio-administrativa y Planta de Incubación). Esta última es la de mayor potencia instalada. La tabla 2.3 presenta un desglose por potencia instalada, así como el consumo total de dicha planta de incubación.

Tabla 2.3

Censo de cargas de equipamiento instalado en la UEB Enero I.

Áreas	Equipos	Cantidad	Potencia (W)	h/día	Consumo (kWh/día)
Socio-Administrativo	Ventilador	2	55	6	0,66
	Computadora	1	35	7	0,245
	Aire acondicionado	1	1210	6	7,26
	Lampara Led	4	5	6	0,12
	Refrigerador	2	450	24	21,6
Planta de Incubación	Motor Eléctrico	6	1500	24	216
	Motor Eléctrico	6	60	4	1,44
	Motor Eléctrico	6	180	8	8,64
	Motor Eléctrico	6	80	10	4,8
	Motor Eléctrico	6	60	10	3,6
	Split	1	1650	24	39,6
	Lavadora	1	100	3	0,3
	Lampara Led	10	5	13	0,65
Total					304,92

Nota: (Elaboración propia)

2.5 Planta de Incubación EIFTPC-60480 instalada en la UEB Enero I.

La incubadora es un dispositivo biónico que proporciona las condiciones medioambientales adecuadas para los embriones ajustando las condiciones del aire interno, es la principal herramienta para la industria avícola moderna.

Los equipos de eclosión de huevos de gran capacidad de una sola etapa ganan un gran potencial en el campo de desarrollo de equipos de eclosión con su gran capacidad, incubación por lotes y todo el proceso de salida. Tiene como resultado importante el ahorro de energía, campo de flujo uniforme estable, campo de temperatura y muchas tecnologías patentadas, lo que garantiza una producción de pollitos de mayor calidad y mantiene el papel principal en dispositivos similares con su estructura, modo de flujo de aire, sistema de control y adaptabilidad.

La tecnología de control es difusa, el sistema de ventilación es de flujo laminar y los vientos están diseñados para que la temperatura sea estable y uniforme. El exclusivo sistema de refrigeración por agua de grado A y grado B resuelve eficazmente el problema de la calefacción generado por un gran número de huevos que eclosionan. La nueva forma de ventilación separa el canal de admisión y de escape, que descarga de forma eficiente dióxido de carbono y otras emisiones. El modelo de ventilación multinivel hace que el cambio de aire sea más razonable.

2.5.1 Características de estructura.

La Incubadora de huevos de gran capacidad de una sola etapa, incluyen gabinete, sistema de calefacción del ventilador, sistema de enfriamiento de agua de grado A, sistema de enfriamiento de agua de grado B, sistema de control y carritos de huevos.

Después de empujar los huevos al gabinete, un conducto cerrado formado por panel trasero del gabinete, puerta, piso de huevos y techo, el flujo de aire se forma en el conducto sellado después del aire generado por los ventiladores.

El sistema de refrigeración por agua de grado A y grado B resuelve eficazmente el problema de la calefacción generado por un gran número de huevos que eclosionan.

El acelerador es un modelo de funcionamiento push-pull, con ajuste del ángulo de apertura del acelerador, conexión del airlet y apertura de salida que garantizan el control preciso de la extracción.

Con sistema de giro de huevos neumáticos, que el cilindro instalado en el carrito de huevos para asegurar el posicionamiento del coche y más compacto para el espacio del armario. (Figura 2.10)

Figura 2.10

Partes componentes de la incubadora EIFTPC-60480.



Nota:(datasheetEIFTPC-60480)

2.5.2 Parámetros técnicos de la incubadora EIFTPC-60480.

Las características técnicas de la incubadora EIFTPC-60480 son presentadas en la Tabla 2.4

Tabla 2.4

Características técnicas de la incubadora EIFTPC-60480 para la UEB Enero I.

proyecto	Unidad	Valor de diseño
Nombre del modelo	-----	incubadora EIFTPC-60480
tipo de estructura	-----	tipo de caja
Dimensiones del formulario de trabajo (largo x ancho x alto)	mm	6980x2770x2740
Capacidad instalada	kW	13,8
Velocidad nominal del mecanismo de escape	r/min	/
Tipo de mecanismo de calentamiento	-----	tubo de calefacción eléctrica
Tipo de mecanismo de volteo de huevos.	-----	neumático
Capacidad de huevos	unidades	60 480
Número total de bandejas de huevos	individuo	1 440

Nota: (datasheetEIFTPC-60480)

Figura 2.11 Incubadora EIFTPC-60480.



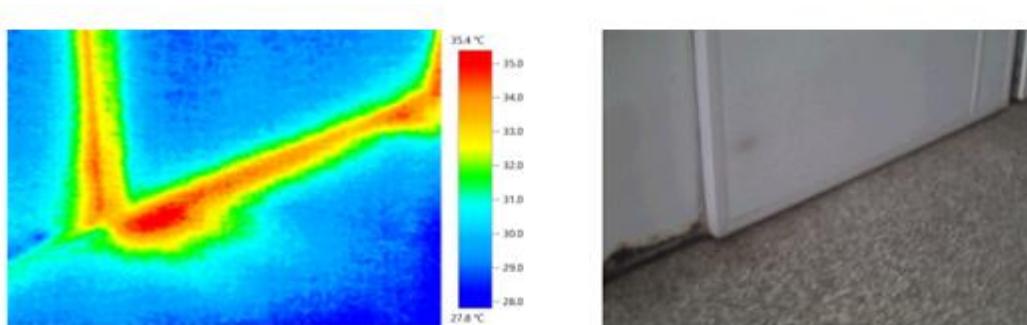
Nota: (datasheetEIFTPC-60480)

2.5.3 Estado técnico de la incubadora EIFTPC-60480.

Para estudiar el estado técnico se realizó un análisis termográfico con la cámara testo 875-1i. La figura 2.12 refleja algunos problemas en juntas de las puertas que mantienen la hermeticidad de la temperatura en el interior. La temperatura en el interior fijada por un termostato situado en la puerta frontal mantiene este alrededor de 37 °C similar a los puntos calientes de la imagen termográfica

Figura 2.12

Imagen termográfica en la parte inferior de la incubadora.



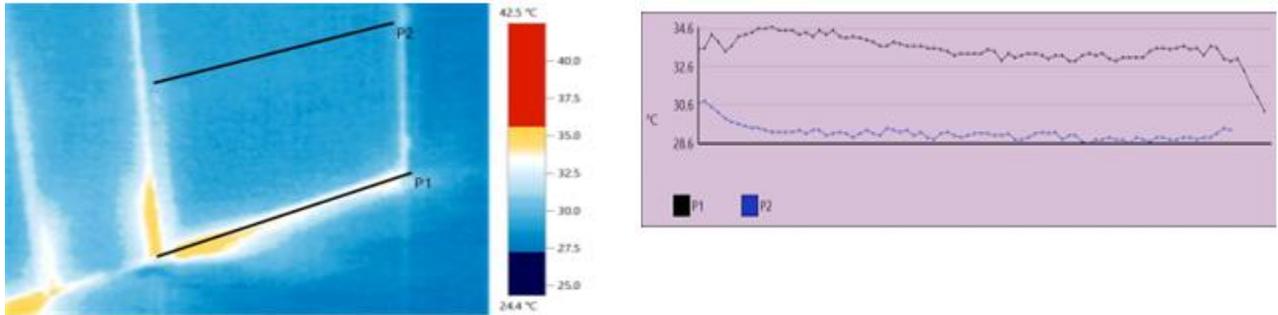
Nota: (testo i-875)

La figura 2.13 presenta el comportamiento del perfil de temperatura de la puerta para dos condiciones. La primera condición P1 corresponde a la zona inferior de esta. La segunda condición P2 corresponde a la zona media donde existe excelente aislamiento. Se observa en el perfil de la derecha como para la condición P1 los valores de temperatura

superficial son superiores demostrándose algún problema de aislamiento térmico. El análisis termográfico detallado de toda la incubadora se presenta en el Anexo 7.

Figura 2.13

Imagen termográfica y perfil de temperatura para la incubadora.



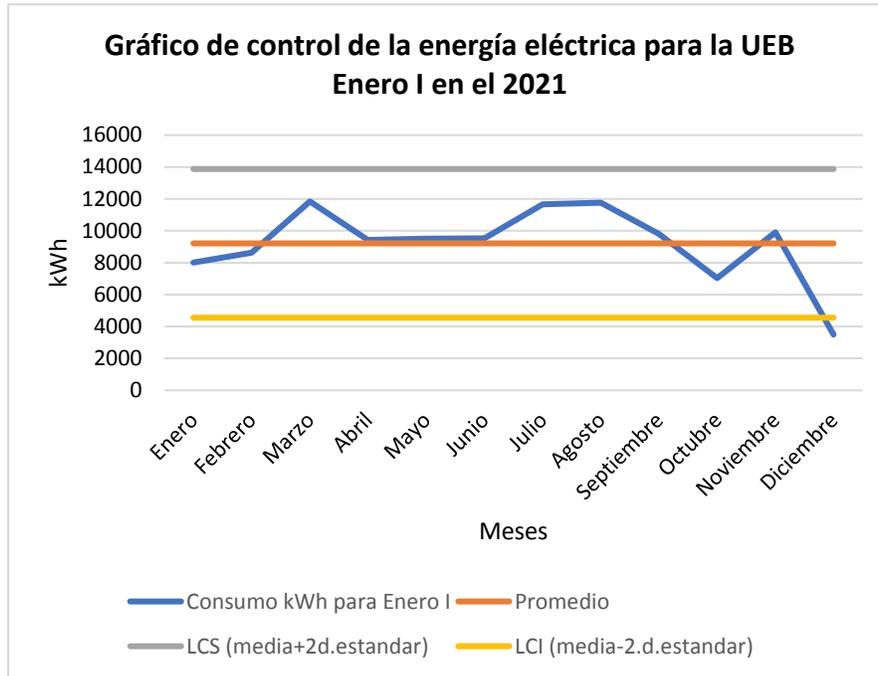
Nota: (testo i-875).

2.6 Gráfico de control del consumo de energía en 2021-2022 para la UEB Enero I.

La figura 2.14 representa el gráfico de control para la energía eléctrica en la UEB Enero I. La misma presenta un consumo medio de energía eléctrica de 9 211,2 kWh. Se estimaron los Límites de Control Superior (LCS) e Inferior (LCI) para poder caracterizar el comportamiento de la variable energía eléctrica. Dichos límites de control se determinan como $\mu \pm 2\sigma$. El LCS calculado fue de 13 872,1 kWh, mientras que el LCI fue de 4 550,3 kWh respectivamente. Destacar que solo el mes de diciembre cuyo consumo fue de 3 490,34 kWh estuvo por debajo del LCI calculado, debido fundamentalmente a déficit en la producción de huevos hacia la incubadora por lo que no se pudo cubrir la demanda del total de máquinas incubadoras.

Figura 2.14

Gráfico de control para el consumo de energía eléctrica en la UEB Enero I para el 2021.

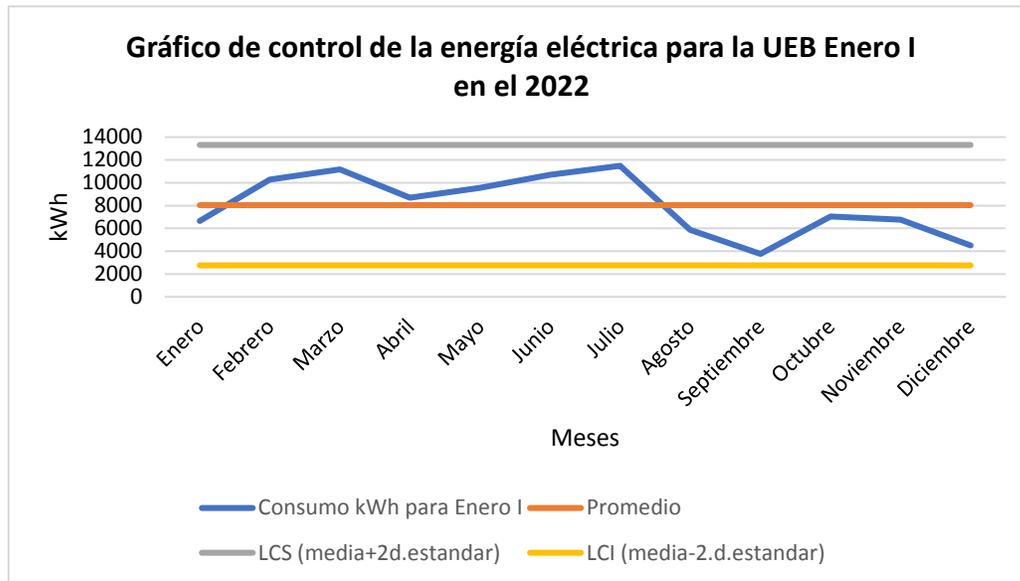


Nota: (Elaboración propia)

La figura 2.15 por su parte representa el gráfico de control para la energía eléctrica en la UEB Enero I correspondiente al 2022. El consumo medio de energía eléctrica de 8 036,3 kWh, inferior un 12,7 % con respecto al 2021. Se estimaron los Límites de Control Superior (LCS) e Inferior (LCI) de manera similar. El LCS calculado fue de 13 312,5 kWh, mientras que el LCI fue de 2 760 kWh respectivamente. En el año 2022 la energía eléctrica estuvo dentro de los límites establecidos para este caso.

Figura 2.15

Gráfico de control para el consumo de energía eléctrica en la UEB Enero I para el 2022.



Nota: (Elaboración propia)

2.7 Caracterización del consumo de energía eléctrica y la producción para la UEB Enero I.

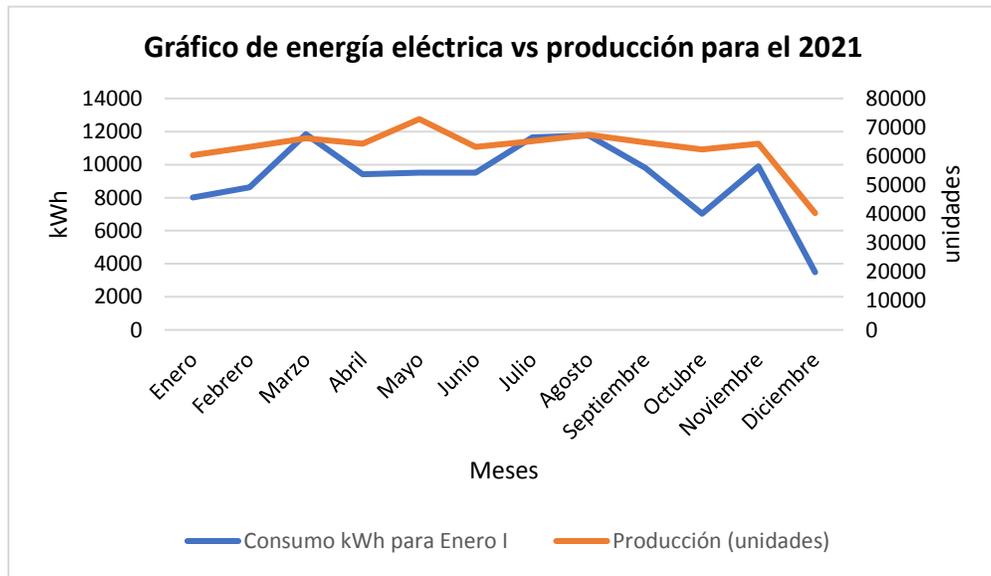
La UEB Enero 1 tiene como objetivo fundamental la incubación de pollitos criollos, camperos, guineos, pavos y codornices, los cuales se utilizan para los remplazos de las UEB de la EAC y para la comercialización, tanto al sector estatal, como para las formas productivas privadas, a través de los representantes de cada municipio.

Para el proceso de producción se comienza acopiando el huevo que se va a introducir en la planta, este pasa por un proceso de fumigación y desinfección con una solución de formol, y posteriormente se procede a seleccionar el huevo que esté apto para ser incubado (huevo de primera), los mismos son emparrillados y almacenados en una cámara fría hasta que se completa el número de huevos a incubar. Seguido a esto se colocan todos los huevos en la incubadora (Figura 2.11) la cuál funciona automáticamente manteniendo una temperatura constante entre 36.5 y 37.0°C, y realizando un volteo de las bandejas cada 2 horas, aquí están alrededor de los 18 días y luego son colocados en las maquinas necedoras, en las cuales la temperatura es menor, con una mayor humedad y las bandejas son estáticas y planas, este proceso dura alrededor de los 3 días hasta que nace el pollito, y aquí termina el ciclo que dura unos 21 días aproximadamente. Las figuras 2.16 y 2.17 representan el comportamiento de la energía eléctrica-producción (huevos incubados) para los años 2021 y 2022. Se evidencia que existe un nivel de

relación entre estas dos variables que indican que el proceso de incubación está relacionado con el consumo de energía eléctrica. Para el año 2022 la correspondencia fue superior que para el 2021, por lo que se va a tomar para la presentación de la Línea de Base Energética (LBE) a la UEB Enero I.

Figura 2.16

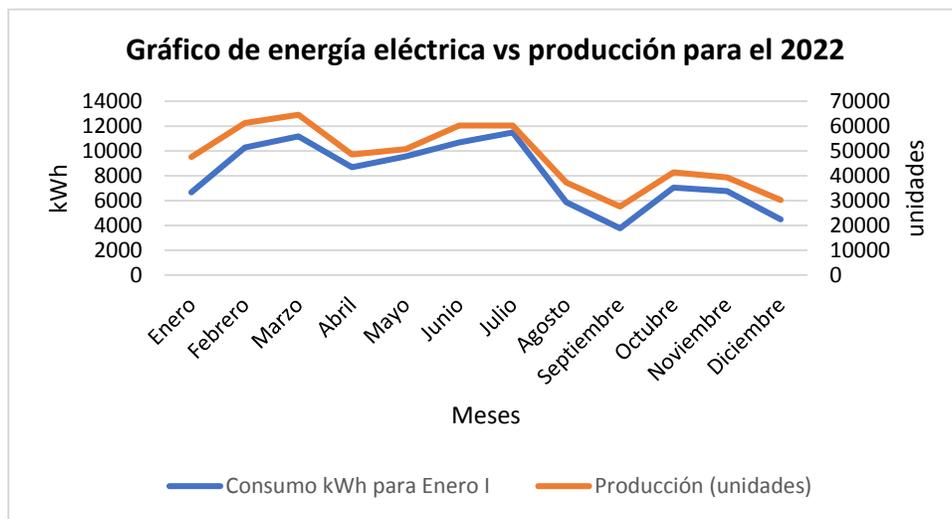
Comportamiento del consumo de energía-producción para la UEB Enero I en el 2021.



Nota: (Elaboración propia)

Figura 2.17

Comportamiento del consumo de energía-producción para la UEB Enero I en el 2022.



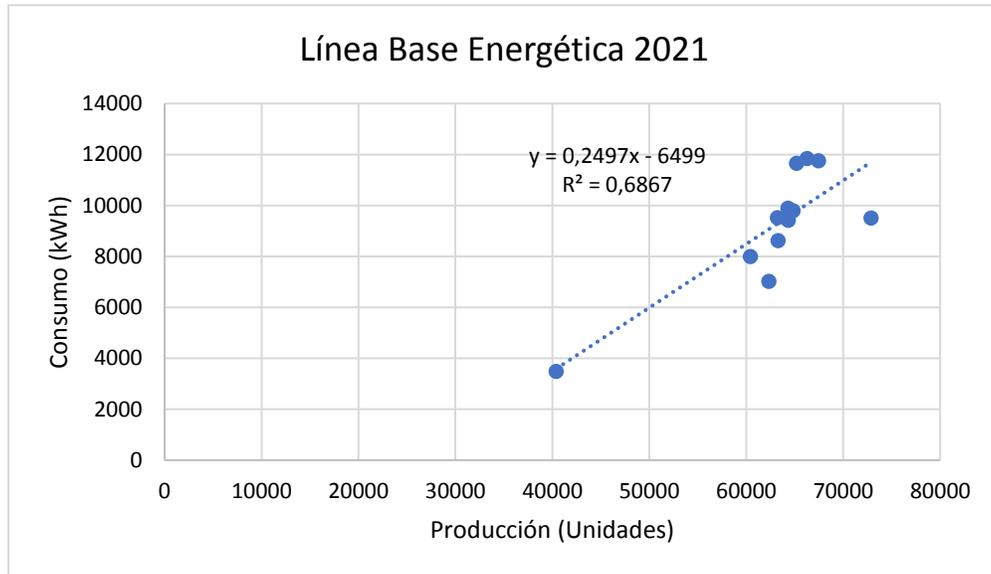
Nota: (Elaboración propia)

2.8 Línea Base Energética (LBEn) e Indicador de Desempeño Energético (IDEn).

La figura 2.18 presenta la línea base energética para la UEB Enero I en el 2021. La misma presenta como modelo lineal $y=0,2497x-6499$, cuyo valor de $R^2=0,68$ da una medida del ajuste de las variables. Este no es un buen valor de correlación, se aconseja valores superiores a $R^2>0,75$

Figura 2.18

LBEn para la UEB Enero I en el 2021.

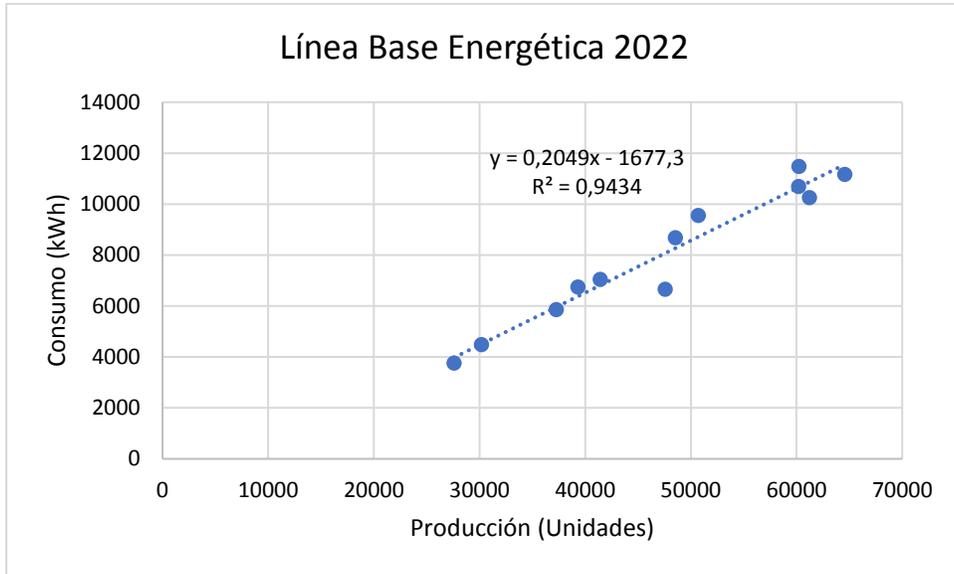


Nota: (Elaboración propia)

Para el caso del año 2022 (Figura 2.19), la LBEn cuyo modelo lineal es $y=0,2049x-1677,3$ presenta un $R^2=0,94$. En el caso de año 2022 existe un 25,8% de reducción de la energía no asociada a la producción (E_0), para el caso de este año esta fue de 1 677,3 kWh/año. A partir de esto se decidió utilizar la misma como la línea base para la UEB.

Figura 2.19

LBEn para la UEB Enero I en el 2022.

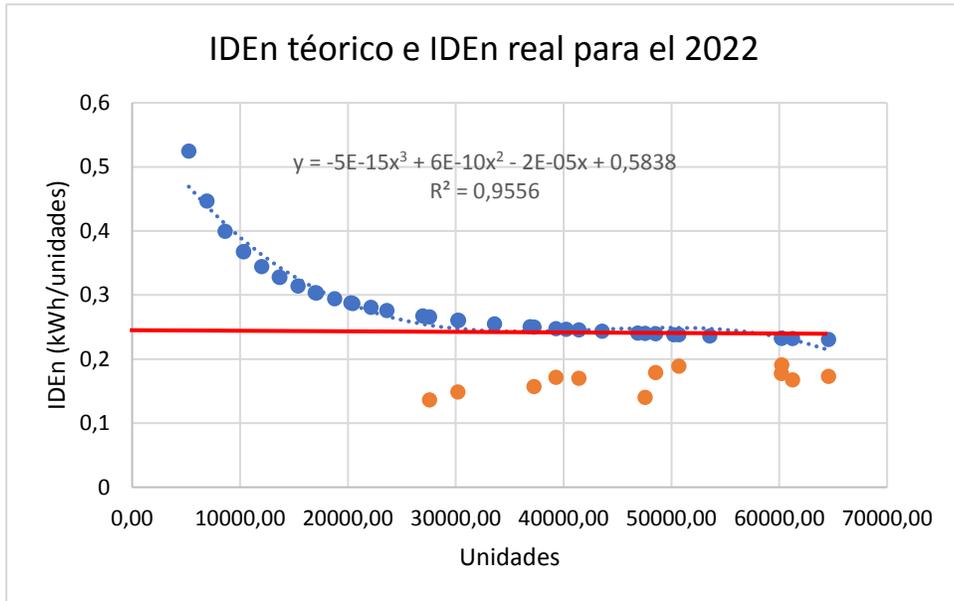


Nota: (Elaboración propia)

En el caso de la figura 2.20 se presenta el IDEn teórico e IDEn real para el 2022, a partir de la LBE de ese año. Como se observa en la figura los valores del IDEn real para este año estuvieron por debajo del IDEn teórico. Fue fijado como IDEn crítico el valor de 0,21 kWh/unidades.

Figura 2.20

IDEn teórico vs IDEn real para la UEB Enero I en el 2022.

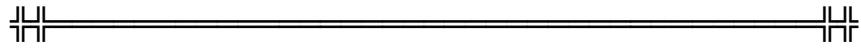


Nota: (Elaboración propia)

2.9 Conclusiones parciales del capítulo 2.

1. Para la EAC se utilizan tres portadores energéticos fundamentales (Electricidad, Diésel y Gasolina). El consumo de diésel en el 2021 representó el 59,36 % del total de portadores. La electricidad por su parte con el 37,36 %, representa un potencial de reducción de los consumos energéticos asociados a esta. En el año 2022 el diésel y la electricidad conjuntamente representaron el 97,76 % del total de consumo de portadores energéticos.
2. A partir de la estratificación de los consumos energéticos en la EAC se determinó que la UEB de mayor consumo fue Enero I, esta es una planta de incubación, donde existe un equipamiento tecnológico significativo, lo que obliga a enfocar el estudio en esta UEB en particular. Dicho consumo representó el 21,4% en el 2021 y el 19,47% en el 2022.
3. Fue determinada la línea base energética tanto para el 2021 como para el 2022. Para el caso del 2021 la misma presenta como modelo lineal $y=0,2497x-6499$, cuyo valor de $R^2=0,68$. En el 2022, la LBE_n presenta un modelo lineal $y=0,2049x-1677,3$ y un $R^2=0,94$ respectivamente. En el caso de año 2022 existe un 25,8% de reducción de la energía no asociada a la producción (E_0), equivalente a 1 677,3 kWh/año.
4. El IDE_n crítico fijado fue de 0,21 kWh/unidades para la UEB Enero I. Los valores del IDE_n real para este año estuvieron por debajo de este valor crítico.

CAPÍTULO III



CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE MEJORAS PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA UEB ENERO I DE LA EAC.

En este capítulo se presenta una propuesta para la mejora de la eficiencia energética a partir de la confección de encuestas sobre el conocimiento de la norma cubana NC ISO 50 001:2019. Dichas encuestas están diseñadas para aplicarse sobre la alta dirección de la entidad, así como a técnicos y otro personal. En otro momento se presenta el método para la propuesta de un anteproyecto de la posibilidad de incorporar un sistema solar fotovoltaico (SSFV) para dicha UEB con vistas a reducir el consumo de energía.

3.1 Encuesta a directivos para la implantación de sistemas de gestión energética según la norma NC ISO 50001:2019”.

A continuación, se presenta el formato de encuesta a directivos y técnicos de la empresa con vistas a la mejora de la eficiencia energética.

I. DATOS GENERALES DE LA ORGANIZACIÓN

Nombre de la Empresa: _____

II. OPORTUNIDADES Y PROYECTOS PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.

2.1. ¿Considera Ud. que existen en la empresa posibilidades para implementar proyectos de eficiencia energética económicamente viables de acuerdo con los criterios de rentabilidad establecidos por la organización?

Muchos	Algunos	Muy pocos	Ninguno	No conozco

2.2. ¿Cuál es el periodo simple de recuperación máximo que se considera en la empresa para aprobar las inversiones en proyectos de eficiencia energética?

Un año	2 años	3 años	Otro (indicar)	No está definido	No conozco

2.3. Relacione las 5 medidas o proyectos ejecutados en la empresa que más han contribuido a la mejora de la eficiencia energética:

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

2.4. Relacione las 5 medidas o proyectos que Ud. considera que representan los mayores potenciales para la mejora de la eficiencia energética en la empresa:

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

5. _____

2.5. Barreras para la mejora de la eficiencia energética. Evalúe el impacto que Ud. considera que tienen en su empresa las siguientes barreras para la mejora de la eficiencia energética:

BARRERA	Muy importante	Importante	Poco importante
Poca información sobre oportunidades para la mejora de la eficiencia energética			
Insuficiente marco legal y regulatorio en el país			
Falta de compromiso de la alta dirección			
Falta de comprensión y apoyo en los niveles intermedios de dirección			
Tecnología obsoleta			
Falta de financiamiento			
Carencia de medición de consumos por áreas y equipos			
Mal estado técnico del equipamiento			
Eficiencia energética no integrada a los nuevos proyectos y compras			
Alto costo de implementación de los proyectos de eficiencia energética			
Baja capacidad técnica			
Falta de incentivos y motivación del personal			
Bajo impacto de los costos energéticos			
Falta de concientización sobre el ahorro y uso racional de la energía			
Procedimientos burocráticos que demoran y			

dificultan las decisiones			
Poca autonomía de la empresa			
Existencia de doble moneda en el país			
Falta de capacitación especializada			
Falta de influencia y autoridad del energético			
Conflictos internos entre áreas de la empresa			
La eficiencia energética no es un problema de todos			
Otras prioridades para las inversiones			
Desconocimiento de los decisores sobre potencialidades de la eficiencia energética			
Objetivos energéticos no integrados a procedimientos de operación y mantenimiento			
Incertidumbre sobre el futuro de la empresa			

¿Tiene Ud. algo más que señalar respecto a las barreras para la mejora de la eficiencia energética en su empresa?

2.6. Factores que contribuyen a la mejora de la eficiencia energética. Evalúe el impacto que Ud. considera que tienen en su empresa los siguientes factores para la mejora de la eficiencia energética:

FACTOR	Muy importante	Importante	Poco importante
Compromiso de la alta dirección			
Existencia de un sistema de gestión energética			
Política del organismo			
Existencia de una estrategia a largo plazo			
Alto impacto de los costos energéticos			
Sistema de incentivos al personal en función del desempeño energético			
Clima de dirección participativa existente en la empresa			
Eficiencia energética integrada a los nuevos proyectos y compras			
Resultados positivos alcanzados con proyectos de eficiencia energética			

Marco legal y regulatorio vigente en el país			
Concientización del personal de la empresa sobre el ahorro y uso racional de la energía			
Liderazgo, competencia e influencia del energético			
Objetivos energéticos integrados a procedimientos de operación y mantenimiento			
Proyección ambiental de la empresa			
Experiencias positivas con otros sistemas de gestión			
Acciones de la supervisión energética			
Experiencias en la planificación y control de la energía basadas en índices de consumo			
Exigencias del mercado			
Costo creciente de la electricidad			
Necesidad de cumplir los planes de energía asignados			
Capacitación recibida en eficiencia energética			

¿Tiene Ud. algo más que señalar respecto a los factores que contribuyen a la mejora de la eficiencia energética en su empresa?

3.2 Encuesta a técnicos para la implantación de sistemas de gestión energética según la norma NC ISO 50001:2019”.

DATOS GENERALES DE LA ORGANIZACIÓN

Nombre de la Empresa: _____

II. LISTA DE CHEQUEO CON VISTAS A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA NC ISO 50001

No.	DESCRIPCIÓN	SI	No	No conozco
2.1	¿Se tiene información sobre la norma NC ISO 50001?			
2.2	¿Se han realizado acciones para la implementación de la norma NC ISO 50001?			
2.3	¿Se cuenta con un sistema de gestión energética (SGEn) documentado?			
2.4	¿Existen experiencias en la aplicación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía?			
2.5	¿Se han obtenido resultados favorables en las supervisiones energéticas realizadas por la UNE?			
2.6	¿Se han obtenido resultados favorables en las supervisiones energéticas realizadas por CUPET?			
2.7	¿Se tiene implementado y certificado el sistema de gestión de calidad por la norma NC ISO 9001?			
2.8	¿Se tiene implementado y certificado el sistema de gestión ambiental por la norma NC ISO 14001?			
2.9	¿Existe un sistema integrado de gestión o se trabaja con vistas a implementarlo?			
2.10	¿Existe una política energética?			

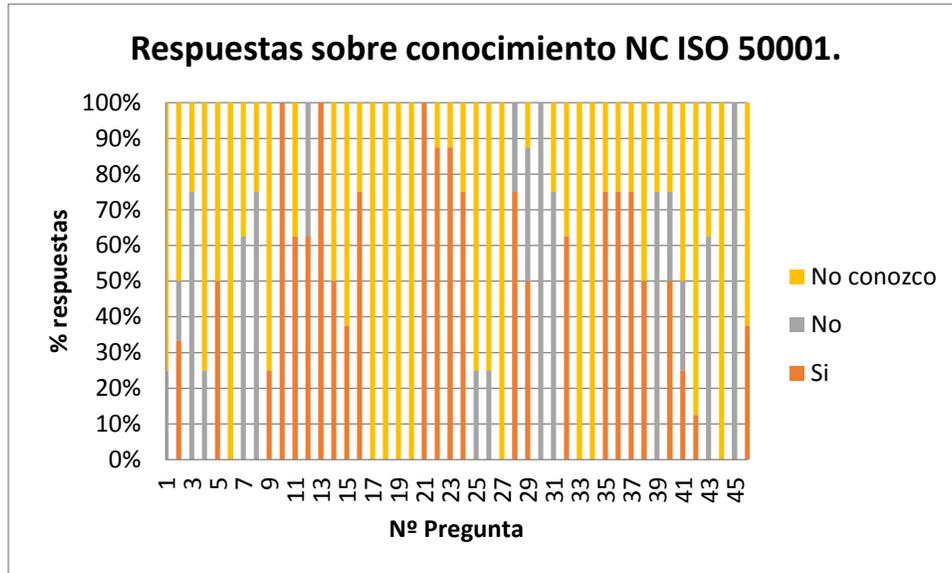
2.1 1	¿Está la política energética documentada?			
2.1 2	La política energética es de conocimiento del personal a todos los niveles de la organización?			
2.1 3	¿Se cuenta con un representante de la dirección (energético) para la gestión energética con funciones, responsabilidades y autoridad definidas?			
2.1 4	¿Este representante de la dirección tiene dedicación total para la gestión energética?			
2.1 5	¿El representante de la dirección posee formación de nivel superior en ramas técnicas?			
2.1 6	¿El representante de la dirección ha recibido capacitación especializada sobre gestión energética?			
2.1 7	¿El representante de la dirección dispone de los medios de cómputo y otros recursos requeridos para la gestión energética?			
2.1 8	¿Se cuenta con un equipo de gestión de la energía? (comité de energía, comisión de ahorro de energía, consejo energético, etc.)			
2.1 9	¿Los miembros del equipo han recibido capacitación especializada sobre gestión energética?			
2.2 0	¿El equipo de gestión de la energía funciona sistemáticamente?			
2.2 1	¿Se cuenta con registros históricos de los consumos energéticos?			
2.2 2	¿Se conoce y maneja la estructura de consumo de portadores energéticos?			
2.2 3	¿Están identificados las instalaciones, sistemas y equipos que representan los mayores consumos de energía?			
2.2 4	¿Se cuenta con equipos de medición de los consumos de energía en las instalaciones, sistemas y equipos que representan los mayores consumos de energía?			
2.2 5	¿Se cuenta con un sistema de indicadores para monitorear y controlar el desempeño energético?			
2.2 6	¿El sistema de monitoreo y control energético incluye indicadores hasta el nivel de los sistemas y equipos mayores consumidores?			
2.2 7	¿La instrumentación existente en los sistemas y equipos mayores consumidores permite controlar los factores operacionales que determinan su desempeño energético?			
2.2 8	¿Está identificado el personal clave que decide en la eficiencia de los mayores consumos de energía?			
2.2 9	¿Ha recibido el personal clave capacitación especializada sobre eficiencia energética?			
2.3 0	¿Existe algún sistema de estimulación para el personal clave en función del desempeño energético?			
2.3 1	¿Se ha realizado la caracterización energética y analizada la evolución y tendencias en el consumo y la eficiencia energética en los últimos años?			
2.3 2	¿Han mejorado los índices de consumo y eficiencia energética en los últimos años?			

2.3 3	¿Se han realizado diagnósticos o auditorías energéticas en los últimos años?			
2.3 4	¿Se realizan análisis comparativos (benchmarking) de los índices de consumo y eficiencia energética con otras organizaciones similares?			
2.3 5	¿Se han definido objetivos para la mejora del desempeño energético?			
2.3 6	¿Existen metas para la mejora del desempeño energético referidas a un período base?			
2.3 7	¿Los objetivos y metas son conocidos por el personal clave que incide en su cumplimiento?			
2.3 8	¿Existe un plan de acción con medidas y proyectos para la mejora del desempeño energético?			
2.3 9	¿Los proyectos de mejora del desempeño energético cuentan con evaluaciones económicas y estudios de factibilidad debidamente fundamentados?			
2.4 0	¿La alta dirección controla periódicamente el cumplimiento de los objetivos, metas y planes de acción?			
2.4 1	¿El mantenimiento tiene incorporados criterios y acciones en función de la eficiencia energética?			
2.4 2	¿Se consideran las oportunidades de mejora del desempeño energético y del control operacional en los nuevos diseños y proyectos?			
2.4 3	¿Están establecidos los criterios y procedimientos para considerar la eficiencia energética al adquirir productos, equipos y servicios?			
2.4 4	¿Se ha ejecutado o se planea ejecutar algún proyecto para el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía?			
2.4 5	¿Existe algún mecanismo que posibilite y estimule que las personas que trabajan para la organización realicen propuestas y sugerencias para la mejora de la eficiencia energética?			
2.4 6	¿La alta dirección realiza acciones, a intervalos planificados, para asegurar la conveniencia, adecuación, eficacia y mejora continua del SGE?			

La figura 3.1 presenta los resultados de las encuestas a técnicos sobre el conocimiento de la norma cubana NC ISO 50 001. Del total de encuestados el 47,31% no conoce la norma o temas relacionados con esta, mientras que el 33,3 % si (Figura 3.2)

Figura 3.1

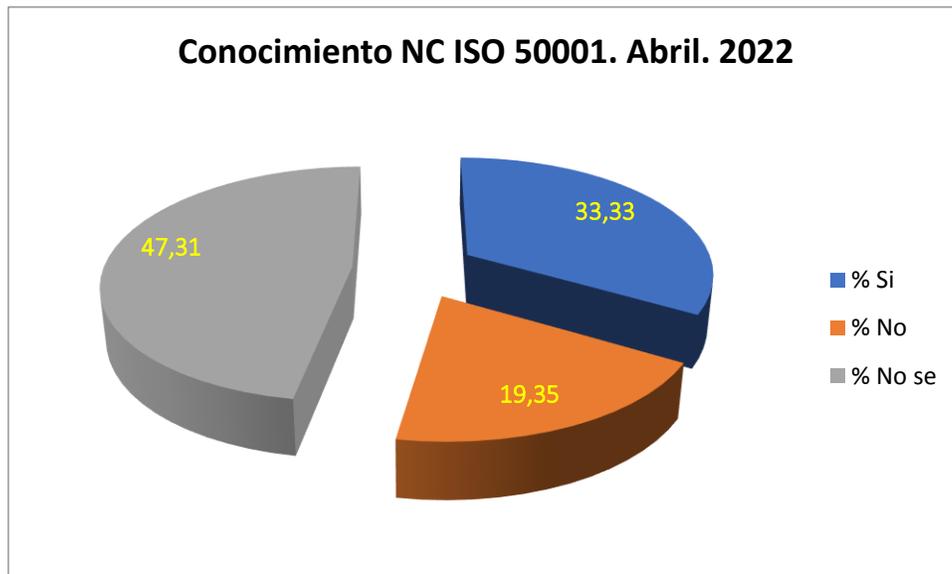
Respuestas sobre el conocimiento de la norma cubana NC ISO 50 001 a técnicos de la UEB Enero I.



Nota: (Elaboración propia)

Figura 3.2

Distribución porcentual sobre el conocimiento de la norma cubana NC ISO 50 001 a técnicos de la UEB Enero I.



Nota: (Elaboración propia)

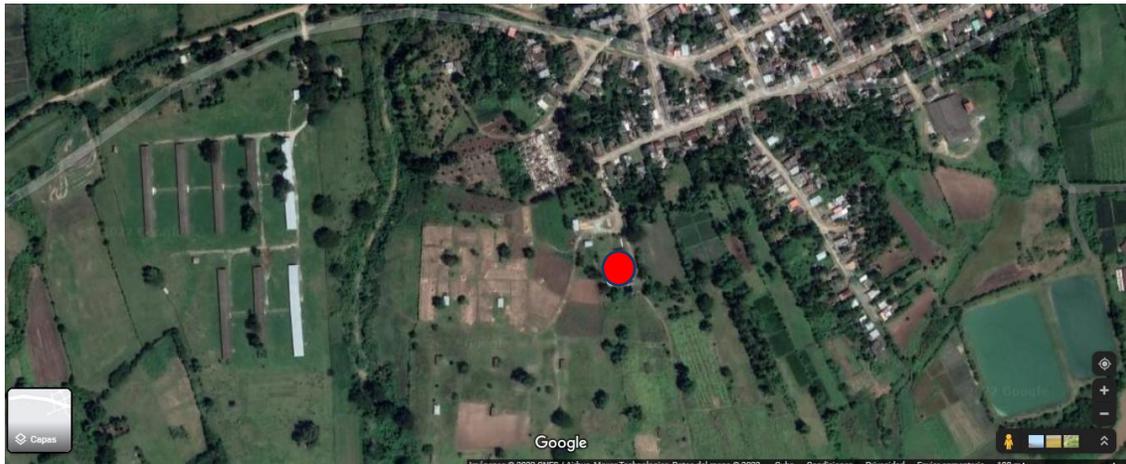
3.3 Propuesta de incorporación de un Sistema Solar Fotovoltaico (SSFV) en la UEB Enero I.

3.3.1 Localización del emplazamiento para el montaje del SSFV en la UEB Enero I.

La UEB Enero I está ubicada en el poblado de San Fernando de Camarones, municipio de Palmira. La misma presenta las coordenadas 22.240348 N, -80.301004 W. La figura 3.3 presenta a partir de una imagen satelital la ubicación geográfica de la UEB.

Figura 3.3

Vista satelital de la UEB Enero I.



Nota: (Google Maps)

Los paneles serán ubicados en arreglos en un área designada para tal efecto, la UEB cuenta con suficiente disponibilidad de esta para el posible emplazamiento, este SSFV estará situado orientado al sur y con un ángulo de inclinación igual a 15° . Esta inclinación es una práctica utilizada por la Empresa Eléctrica Cubana para instalar sus paneles en los parques fotovoltaicos, ello da un buen nivel de generación y aprovecha más el área disponible (dado que reduce la distancia entre paneles) (Suárez, 2014), además de que garantiza una mayor resistencia a los vientos, privilegia la generación en verano y la disminución de energía solar captada por módulo es pequeñísima con respecto a la inclinación recomendada para este tipo de estudios en el país de $22,17^\circ$ (Stolik, 2019).

La tabla 3.1 presenta los valores medios anuales para la zona donde está ubicada la UEB

Tabla 3.1

Valores medios anuales.

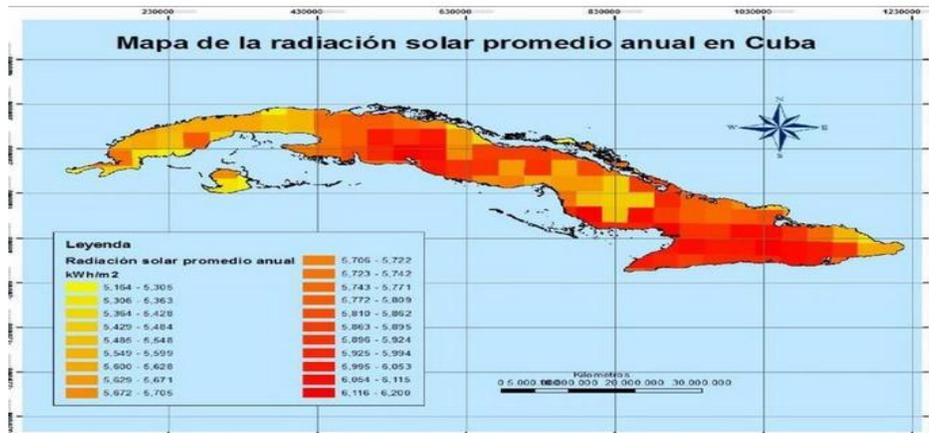
Valores medios anuales		
Temperatura del aire	24,5	°C
Humedad Relativa	76,7	%
Radiación solar diaria	5,06	kWh/m ² /día
Presión atmosférica	101,3	kPa.
Velocidad del viento	4,1	m/s
Temperatura del suelo	25,3	°C
Días Grado de calentamiento	0	°C-d
Días Grado de enfriamiento	5 290	°C-d anual

Nota: (RETScreen Plus. Minister of Natural Resources Canada , 2013).

La figura 3.4 presenta el nivel de radiación para el emplazamiento donde se ubicarán los paneles fotovoltaicos.

Figura 3.4

Nivel de radiación solar promedio anual en Cuba.



Nota: (Mapa solar para Cuba 2022)

La irradiación es uno de los datos importante a considerar en el diseño de la instalación ya que dicha irradiación solar son su fuente de energía. Se podría considerar que son directamente proporcionales, si la temperatura se mantuviese constante. Los módulos fotovoltaicos son la herramienta que nos permite convertir la energía recibida en forma de

fotón a energía eléctrica. El módulo debe situarse en posición perpendicular al sol porque de esta manera la mayor cantidad de radiación es captada.

En la figura 3.5 se muestra como una superficie situada perpendicularmente a los rayos absorbe al máximo la irradiación, mientras que una superficie inclinada deja pasar parte de la irradiación solar.

Figura 3.5.

Módulo inclinado y módulo perpendicular.



Nota: (Elaboración propia)

La orientación será constante. El Acimut (α) dependerá del hemisferio en el que está situado y la inclinación (β) dependerá de la latitud (ϕ) del lugar.

En cuanto a la inclinación sobre la horizontal se debe utilizar una fórmula que se basa en análisis estadísticos de radiación solar anual. Dicho análisis tiene en cuenta diversas superficies a varias inclinaciones y situadas en lugares con diferente latitud.

La ecuación 3.1 se aplica para obtener la máxima energía solar durante el periodo de un año:

$$\beta_{op} = 3,7 + 0,69 * |\varphi| \quad 3.1$$

Donde:

β_{op} : Ángulo de inclinación óptima (grados)

φ Latitud del lugar (grados)

3.3.2 Módulo Fotovoltaico disponible.

Los módulos fotovoltaicos se componen de células fotovoltaicas, las cuales se encargan de transformar la energía procedente de la luz. Dependiendo de cómo sea la forma de dichas células se pueden clasificar en distintos tipos de módulos fotovoltaicos. Los más comunes son los siguientes:

Módulos con células de silicio monocristalino, compuestos por un único tipo de cristal de silicio. Teóricamente se consideran módulos con mayor rendimiento (11% - 16%).

Módulos de silicio policristalino, formados por diversos cristales de silicio unidos entre sí. Con menor rendimiento que los anteriores (10% - 14%) pero también más económicos.

Módulos Thinfilm, con una capa fina de silicio. Con un rendimiento bastante inferior una vez se estabiliza al transcurrir un año de funcionamiento. Eficiencias entorno al 4%- 7%. Tiene la ventaja de su bajo costo.

El anexo 4 presenta las especificaciones técnicas, eléctricas y parámetros térmicos del módulo fotovoltaico DSM-380 MP.

3.3.3 Metodología de cálculo.

Para realizar el dimensionado del sistema fotovoltaico, se debe estimar la carga eléctrica instalada en la UEB Enero I para el montaje del sistema fotovoltaico. La carga eléctrica instalada se calcula con base a las horas de utilización de los equipos de cada área. La selección del número de módulos fotovoltaicos, inversores y batería se determina en función de la carga instalada. Esta carga eléctrica fue estimada en el capítulo 2 tabla 2.3 Se determina entonces el área disponible en función de los módulos fotovoltaicos (FV) requeridos para la carga eléctrica a satisfacer, y se calcula la inclinación, sombras y distancia entre paneles que son necesarios para un buen uso y aprovechamiento de estos.

Orientación de los paneles.

A la hora de diseñar este tipo de instalaciones solares, es muy importante decidir la orientación de los paneles a fin de que capten la mayor cantidad de radiación solar. La orientación puede ser impuesta por el emplazamiento donde se instalan los paneles; tal es el caso de tejados con una cierta orientación, o libre si la ubicación lo permite, así como extensiones de terreno llanas.

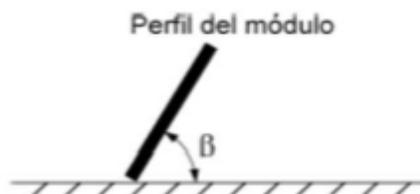
Inclinación de los paneles.

Un punto importante para el diseño de estas instalaciones fotovoltaicas, es la inclinación que deben tener los módulos para la captación de la mayor cantidad de radiación solar.

La inclinación de los módulos solares se define mediante el ángulo de inclinación β , que es el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal (Figura 3.6).

Figura 3.6

Inclinación de los módulos.



Nota: (Elaboración propia)

El cálculo de la inclinación óptima de los paneles solares, se obtendrá mediante el método de “mes peor”, en el cual, se considera el mes de menor radiación captada sobre los paneles. Para utilizar este método se debe tener en cuenta dos variables; el período para el cual se utilizará la instalación solar fotovoltaica, debe definirse si se explotará en verano, en invierno o durante todo el año y la latitud del emplazamiento donde estarán instalados los paneles solares.

Según el método de “mes peor”, la inclinación óptima aproximada de los paneles respecto a la horizontal, viene expresada en la tabla 3.2

Tabla 3.2

Inclinación de los paneles según su latitud.

Período de diseño	B _{opt}
Diciembre	$\alpha+10^{\circ}$
Julio	$\alpha-20^{\circ}$
Anual	$\alpha-10^{\circ}$

Nota: (Sardinero, 2011)

Distancia mínima entre filas de módulos.

En este apartado se calculará la distancia mínima de separación entre las distintas filas de módulos solares que componen el sistema fotovoltaico para que no se produzcan sombras de unos módulos sobre otros.

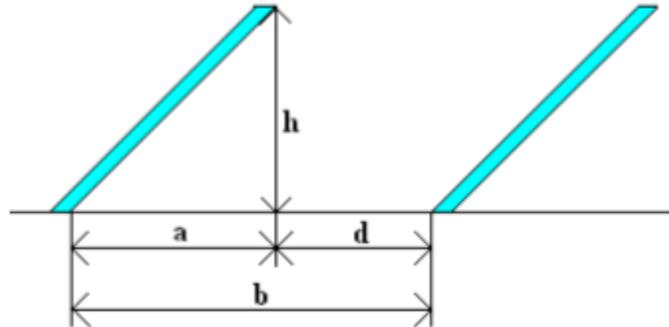
La distancia “d”, medida sobre la horizontal, entre unas filas de módulos obstáculo, de altura “h”, que pueda producir sombras sobre la instalación deberá garantizar un mínimo de 4 horas de sol. Esta distancia “d” será superior al valor obtenido por la expresión 3.2:

$$d = \frac{h}{\tan(\alpha - \text{latitud})} \quad 3.2$$

En la figura 3.7 se muestran todas las medidas que debemos tener en cuenta.

Figura 3.7

Esquema de distancias mínimas.



Nota:(Elaboración propia)

La distancia de separación entre filas de módulos depende del ángulo de inclinación de estos, así que cuanto más inclinado este el panel, deberá guardarse mayor distancia entre filas.

Por lo tanto, sabiendo la longitud del panel, el ángulo que forma con la horizontal y h la altura de estos:

$$h = \text{largo del panel} * \sin \beta \quad 3.3$$

Donde

β Ángulo de inclinación óptima de los paneles respecto a la horizontal.

Para el caso de estudio la distancia de separación entre filas de módulos fue estimada en 2 504 mm

La distancia entre los extremos inferiores de dos paneles consecutivos $b=a + d$. En el cual "a" es la proyección del panel en la superficie horizontal.

$$a = \text{largo del panel} * \cos \beta \quad 3.4$$

Cálculo del número de paneles:

En este punto se especificará cuantos paneles solares serán utilizados en la instalación y como se conectarán entre si teniendo en cuenta los siguientes puntos:

Área a ocupar por los paneles solares; lo visto en apartados anteriores, muestra el área que podrán ocupar los paneles solares en el terreno, que será un área rectangular.

La separación entre filas; una vez calculada la separación mínima que debe haber entre filas de paneles (b), se podrá calcular el número de estas que se podrán colocar sobre el área útil del terreno.

$$N \text{ max } \textit{filas} = \frac{\text{Ancho del terreno}}{\text{distancia entre paneles}} \quad 3.5$$

Conocidas las dimensiones de los paneles solares, el área máxima a ocupar y teniendo en cuenta que los paneles estarán dispuestos horizontalmente, en cada fila podrán colocarse el número determinado por la expresión 3.6:

$$N \text{ max paneles x filas} = \frac{\text{Largo del terreno}}{\text{ancho del panel}} \quad 3.6$$

La metodología además incluye la determinación de la cantidad de paneles que cubran el área disponible cumpliendo con los requisitos necesarios para su instalación, la selección de los inversores. Este paso consiste en calcular el número de inversores para el sistema fotovoltaico. Finalmente, se debe culminar con la propuesta de instalación y anclaje de los módulos fotovoltaicos, así como el cálculo económico.

Hay formas de evaluar el rendimiento de un SSFV, uno de los métodos es el tradicional descrito anteriormente y otros son mediante simulación utilizando las herramientas de modelado de energía o modelado numérico, o estudiando los parámetros del sitio utilizando modelos experimentales. Entre estos, el método más popular es la simulación utilizando herramientas de modelado de energía como PVsyst, HOMER, PVGIS, PV Watts, PV Online, SISISFO, RETScreen, etc. (Vishnupriyan&Manoharan, 2017; Kumar, 2017; Kumar et al., 2017; Vishnupriyan&Manoharan, 2019). Entre las diversas herramientas de software mencionadas anteriormente, la más popular y ampliamente utilizada para el análisis de viabilidad es PVsyst (Sharma et al., 2018; Vasudev et al., 2018; Belmahdi& El Bouardi, 2020). Debido a esto se decidió simular el SSFV en el software PVSyst 7.1.2 y presentar las características fundamentales para dicho sistema.

La tabla 3.3 presenta las características del arreglo propuesto luego de la simulación del SSFV para la UEB Enero I perteneciente a la EAC. Destacar que las tablas y gráficos tomados del software se encuentran en idioma inglés dado las características del mismo.

Tabla 3.3*Arreglo del SSFV. Módulo e Inversor seleccionados.*

PVmodule		Inverter	
Manufacturer	NUMENSOLAR	Manufacturer	ABB
Model	DSM-380MP	Model	TRIO-20_0-TL-OUTD-S1-US
(Custom parameters definition)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	380 Wp	Unit Nom. Power	22,0 kWac
Number of PV modules	54 units	Number of inverters	2 * MPPT 50% 1 units
Nominal (STC)	20,52 kWp	Total power	22,0 kWac
Modules	3 Strings x 18 In series	Operating voltage	200-950 V
At operating cond. (50°C)		Pnom ratio (DC:AC)	0.93
Pmpp	18.91 kWp		
U mpp	654 V		
I mpp	29 A		
Total PV power		Total inverter	
Nominal (STC)	21 kWp	Total power	22 kWac
Total	54 modules	Nb. of inverters	1 Unit
Module area	105 m ²	Pnom ratio	0,93

Nota: (PVSyst 7.1)

El arreglo del SSFV propuesto cuenta con una potencia nominal STC de 21 kWp. Este SSFV está compuesto por el módulo fotovoltaico DSM-380 MP de fabricante NUMENSOLAR. El sistema cuenta con 3 cadenas de 18 módulos conectados en serie para un total de módulos ocupando un área de 105m². El SSFV va acompañado de un inversor modelo TRIO-20_0-TL-OUTD-S1-US del fabricante ABB cuya potencia es de 22 kW_{ac}.

En el resumen de resultados mostrado en la tabla 3.4 se puede visualizar que a partir de la simulación con el PVSyst 7.1 el SSFV permite la posibilidad de instalar en la UEB54 módulos fotovoltaicos del modelo DSM-380 MP, posee una capacidad de generación anual (real) de 29,07MWh/año y un factor de rendimiento (expresa la relación entre la productividad final y de referencia de la instalación) por encima de 0,83.

Tabla 3.4

Resultados de la simulación con PVsyst.7.1.0 del SSFV.

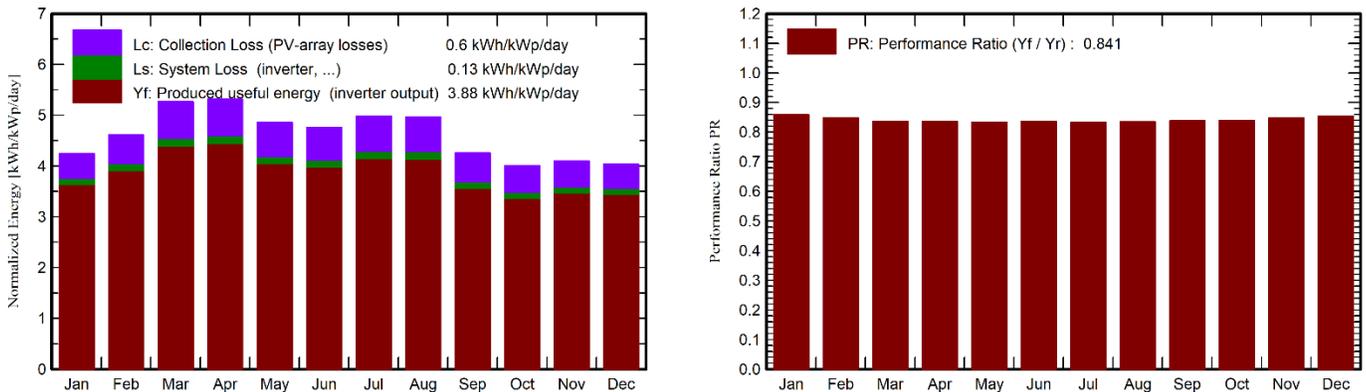
	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	112,2	54,61	19,71	131,5	127,8	2,395	2,317	0,859
February	115,5	57,75	21,62	129,1	125,5	2,325	2,249	0,849
March	154,7	72,64	23,77	163,2	158,9	2,893	2,800	0,836
April	158,3	81,61	24,55	159,5	155,2	2,831	2,738	0,836
May	155,4	89,09	26,41	150,5	145,9	2,667	2,576	0,834
June	149,7	90,90	26,72	142,7	138,3	2,534	2,447	0,836
July	161,2	90,70	27,31	154,6	149,8	2,733	2,640	0,832
August	155,4	89,09	27,17	153,8	149,5	2,728	2,636	0,835
September	123,7	75,38	25,65	127,6	123,9	2,273	2,195	0,838
October	114,5	62,35	25,12	124,3	120,9	2,217	2,140	0,839
November	107,2	52,07	22,31	122,9	119,3	2,211	2,138	0,848
December	105,6	52,14	21,64	125,1	121,3	2,267	2,193	0,854
Year	1613,5	868,31	24,35	1684,7	1636,4	30,073	29,068	0,841

Nota: (PVsyst 7.1)

La figura 3.8 por su parte presenta la energía producida, las pérdidas de sistema y por captación del SSFV evaluado.

Figura 3.8

Producción normalizada por kW instalado.



Nota: (PVsyst 7.1)

En el anexo 5 se presenta el informe detallado de la simulación del SSFV en el PVsyst 7.1.

La figura 3.9 presenta una propuesta de la instalación típica a considerar en el montaje, los módulos pueden ser montados sobre una estructura metálica y ancladas a una base de hormigón.

Figura 3.9

Propuesta de montaje del SSFV sobre tierra.



Nota: (Elaboración propia)

3.4. Evaluación económica.

La evaluación económica que se desarrolla tiene el objetivo de demostrar la factibilidad económica de realizar la inversión en este tipo de fuente energética. Para ello es necesario considerar según Stolik (2019):

1. Todos los costos iniciales y posteriores (módulos, inversores, estructura, cableado, obra civil, instalación y montaje y otras labores.)
2. Prestamos, créditos, otros financiamientos, etcétera.
3. Operación y Mantenimiento.
4. Costos imprevistos.
5. Impuestos por ganancias, permisos y arrendamientos.

Al realizar las gestiones para obtener esta información, en las entidades de la provincia, se constató que resultaba imposible obtener la información requerida debido a que todavía no se encuentran bien definidos en el país algunos de estos parámetros producto del reordenamiento económico aprobado en enero del año 2022, por lo que a continuación se procede a trabajar de manera aproximada a fin de contar con elementos económicos disponibles en la provincia y en fuentes bibliográficas confiables.

3.4.1 Costos de Inversión.

La entidad suministradora dedicada a la instalación y montaje de sistemas solares fotovoltaicos en la provincia es COPEXTEL S.A. Al realizar contactos con dicha entidad para obtener información relacionada con los costos de inversión para este tipo de tecnologías, se constató que la entidad tiene definido un costo de instalación de 385 000\$CUP/kWp (Finalé, 2021)¹, el cual representa más del triple del costo total de

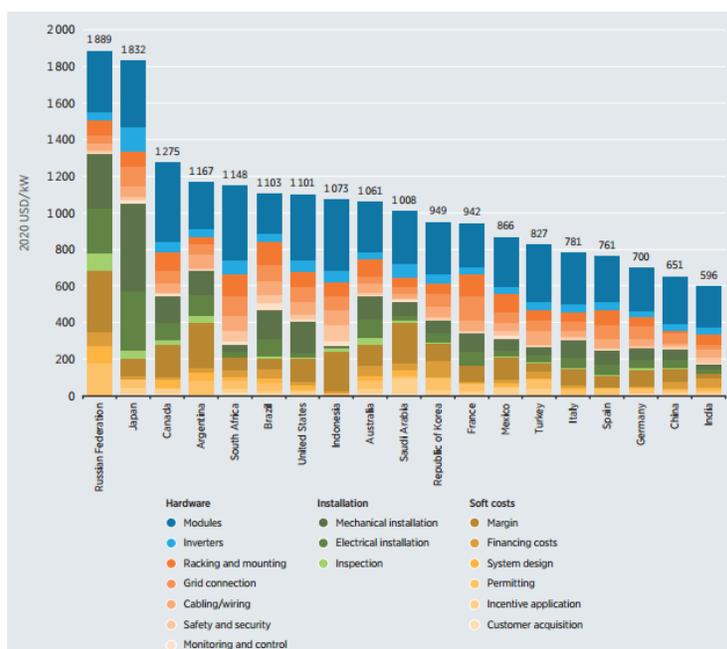
¹Utilizando la tasa de cambio vigente en el país (1 USD = 120 CUP) obtenemos un valor de 3 208,3\$USD/kWp.

instalación² de 1 kWp en países como España y Alemania por solo citar algunos ejemplos (Ver figura 3.7). Destacar que este excedente tan significativo se encuentra representado en gran parte por la importación de algunos componentes de la tecnología, actividad esta que se le dificulta en gran medida al país producto del bloqueo económico, comercial y financiero impuesto por el gobierno de los Estados Unidos, la existencia de trabas burocráticas y la poca competitividad empresarial de parte de las entidades importadoras encargadas.

En la figura 3.10 se muestran algunos valores de costos totales para la instalación de este tipo de tecnologías en varios países productores a nivel mundial.

Figura 3.10

Valores de costos totales del kWp por países, 2020.



Nota: (IRENA, 2021).

A los efectos del cálculo de la inversión a realizar son usados, como datos comparativos, los datos en la tabla 3.5, tomados de Finalé (2021), e IRENA (2021).

²La tendencia a nivel mundial es de reducir los costos de esta fuente de energía en el tiempo, mediante el acercamiento de estos con el de las tecnologías que utilizan fuentes convencionales para la producción de energía.

Tabla 3.5

Costos de la inversión total (\$ USD) de un kWp considerando los datos de la empresa COPEXTEL Cienfuegos y dos fuentes bibliográficas.

Tipo de Moneda	Suministro + Instalación y Montaje COPEXTEL S.A. (Finalé, 2021)	Costo total de instalación del kWp en Francia (IRENA, 2021)	Costo total de instalación del kWp en China (IRENA, 2021)
	1 kWp	1 kWp	1 kWp
USD	\$ 3 208,3	\$ 942,00	\$ 651,00

Nota: (Copextel, 2023) ;(IRENA, 2021).

La valoración económica realiza el análisis comparativo de los tres costos de inversión referidos en la tabla 3.5.

3.4.2 Datos de las tasas a utilizar en la evaluación económica.

Los valores de las tasas están dados en la tabla 3.6 según la Dirección General de Tesorería del Banco Central de Cuba en las Circulares 5/2011 y 2/2012.

El impuesto sobre la ganancia es del 35%, según artículo 97 de la Ley 113 publicada en la Gaceta Oficial No. 053 Ordinaria de 21 de noviembre de 2012.

Tabla 3.6

Valores de las tasas de interés anual.

Período tiempo	Tasa de interés anual (%)	Tasa mínima (%)	Tasa máxima (%)
Hasta 36 meses	7,5	6,5	8,5
Hasta 60 meses	8	7	9

Nota: (Trading Economic., 2020)

La tasa de inflación ha sido tomada de Trading Economic(Trading Economic., 2020) y su magnitud ha variado entre 5,00 a 5,90. Se considera la tasa de descuento de 8% y el margen de riesgo de 3%.

3.4.3 Consumos y costos de energía eléctrica de la UEB Enero I.

La UEB Enero I tiene un consumo promedio de energía eléctrica de 8 036 kWh/mes, energía que paga en CUP de acuerdo con la tarifa contratada M3-A.

La evaluación económica de la propuesta debe considerar los estados de consumos de electricidad mensuales de la UEB en el horario diurno (horario donde se encontrará operando el SSFV), ya que estos representan la demanda que se pretende satisfacer.

Para desarrollar la valoración económica también se hace necesario conocer la magnitud del pago del kWh generado por el SSFV de la entrega (en los días no laborables) y el

dejado de consumir del SEN³. Para ello se hace uso de la Sección Segunda del Decreto-Ley No. 345 (Ministerio de Justicia de la República de Cuba, 2019) que establece: “Para la formación del precio de compra de la energía eléctrica se tiene en cuenta, entre otros elementos, el costo evitado de la generación eléctrica con combustibles fósiles”.

Tomando en consideración el pago del kWh entregado al SEN de 2,7808 \$CUP, valor este con el que se procede a determinar el costo anual de energía eléctrica entregada al SEN por el SSFV.

Los parámetros económicos considerados son:

- **Costo evitado de energía eléctrica del SEN por suplir energía eléctrica desde el SSFV. ($C_{eEE\ SEN}$).**

$$C_{eEE\ SEN} = EE_{aHD} * C_{uEE} = \frac{kWh}{año} * \frac{\$}{kWh} = \frac{\$}{año} \quad 3.7$$

Donde:

EE_{aHD} .- Generación anual de energía eléctrica del SSFV en los días laborables. (kWh/año)

C_{uEE} .- Costo unitario de energía eléctrica pagado al SEN en horario diurno. (\$/kWh)

- **Costo anual de la energía eléctrica entregada al SEN por el SSFV en horario diurno. ($C_{EEFV\ al\ SEN}$).**

$$C_{EEFV\ al\ SEN} = E.E_{SSFV} * C_{uEEFV} \quad 3.8$$

Donde:

$E.E_{SSFV}$. - Energía Eléctrica anual entregada por el Sistema Solar Fotovoltaico al SEN en horario diurno.⁴ (kWh/año)

C_{uEEFV} .- Costo unitario de energía eléctrica entregada al SEN considerando un precio de compra de 3,0 \$/kWh.

Los valores de las magnitudes del trabajo con las ecuaciones 3.7 y 3.8 están dados en la tabla 3.7.

³ El precio de la energía consumida en el horario diurno según la tarifa M3-A es de 1,81 \$CUP/kWh.

⁴ Este parámetro es equivalente a la generación anual de energía eléctrica del SSFV en los días no laborables. (kWh/año)

Tabla 3.7*Ingresos para el análisis económico del SSFV.*

Concepto	Unidad	Costo unitario energía. (SEN y SSFV)	Costo anual de energía (CUP)	Ingresos anuales suministro energía (CUP)
	kWh/año	\$/kWh	\$/año	\$/año
Consumo y costo evitado de energía eléctrica del SEN por suplir energía eléctrica desde el SSFV. ($C_{eEE\ SEN}$).	21 801	1,81	\$39459,81	\$39 459,81
Energía anual generada por el SSFV en horario día.	29 068	3,0	\$87 204	-
Costo anual de la energía eléctrica entregada al SEN por el SSFV en horario diurno. ($C_{E.E.FV\ al\ SEN}$).	7 267	3,0	\$21 801	\$21 801
Energía generada por el SSFV e ingresos totales por suministro de energía.	46 607,00	-	-	\$61 260,81

Nota: (Elaboración propia)

Los datos reflejados en este epígrafe posibilitan elaborar la hoja de Excel para el cálculo económico dada en la tabla 3.8.⁵

⁵Para el cálculo económico se tuvo en cuenta un gasto fijo de operación y mantenimiento de la planta de 10 \$USD/kWp-año (EPRI, 2016).

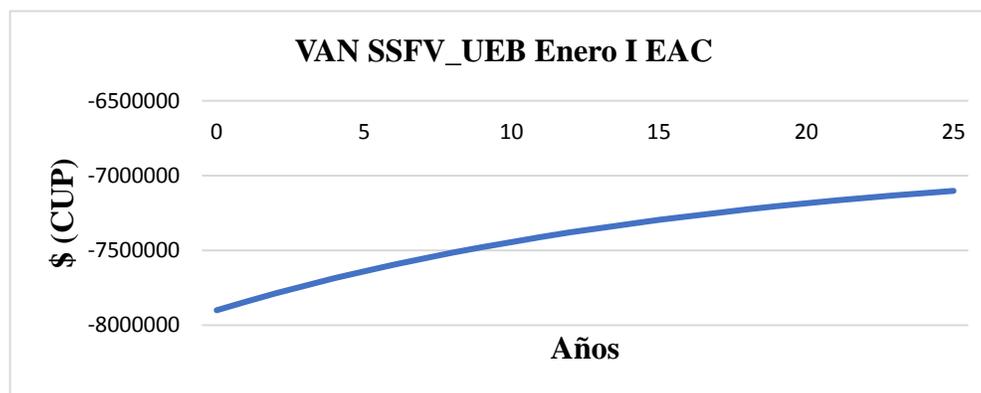
Tabla 3.8*Resumen del cálculo económico.*

N°		Datos iniciales	
1	Ingresos (I), \$		
2	Gastos (G), \$	0	1
3	Costo inversión (Ko)		59667,88
4	Tasa de descuento (r) , %		4924,8
5	Tasa de inflación (f), %	1149500	
6	Margen de riesgo, %		8
7	Tasa de impuesto (t), %		5
8	Vida útil estimada, años		3
			35
	Resultados		25
9	Año		
10	Depreciación (Dep), \$		
11	Flujo de caja (Fc), \$	0	1
12	Tasa de descuento real (R)		71280
13	Tasa de descuento real con margen (D)		60531,002
14	Factor de descuento (Fdesc.)		0,03
15	Flujo de caja descontado (Fd), \$		0,06
16	Flujo descontado acumulado (Fda),VPN, \$		0,94
N°	Datos iniciales		57181,78327
1	Ingresos (I), \$	-1149500	-
			1092318,217

Nota: (Elaboración propia)

El resultado de la evaluación económica para las tres condiciones establecidas en la Tabla 3.8, dan como resultados:

- 1. Inversión con costo definido por COPEXTEL S.A de 7 900 200 \$CUP para el SSFV en cuestión.**

Figura 3.11*Resultados de la evaluación económica para inversión de \$ 1 149 500.***Nota:** (Elaboración propia)

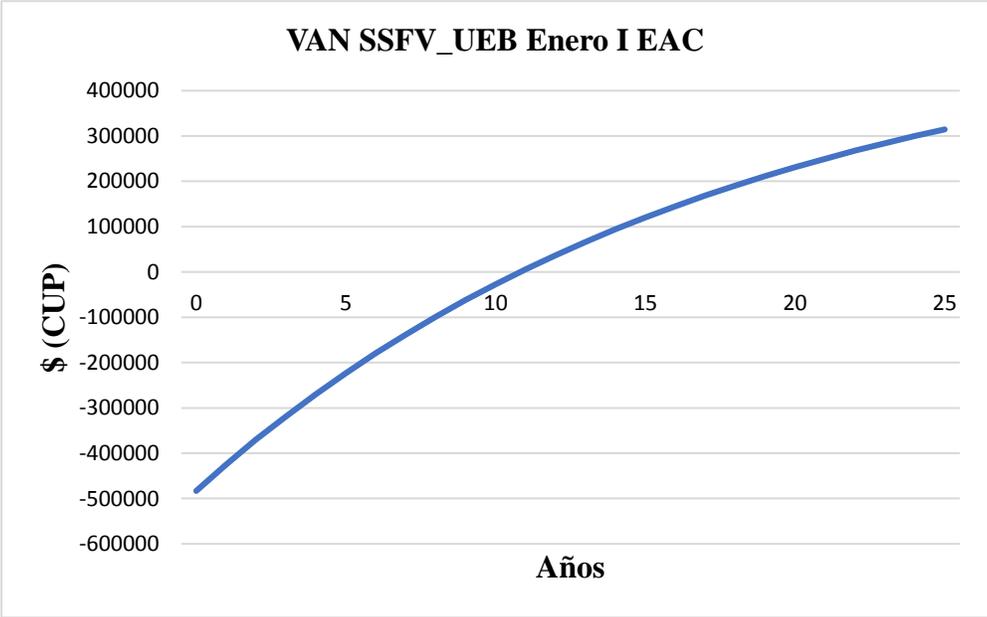
Los resultados de la evaluación económica con los precios suministrados por COPEXTEL S.A (Ver figura 3.10) muestran que con una inversión inicial de \$ 7 900 200 el proyecto presenta un VAN negativo al cabo de los 25 años, una Tasa Interna de Retorno (TIR) negativa y un Período de Recuperación de la Inversión (PRI) superior a la vida útil estimada para este tipo de tecnologías. Estos indicadores reflejan la inviabilidad del proyecto por lo que no se aconseja realizar esta inversión.

2. Inversión con costo definido en Francia de 483 246 \$CUP para el SSFV en cuestión.

La inversión realizada en estas condiciones, como se aprecia en la figura 3.11, presenta un VAN al cabo de los 25 años de \$ 303 785,85 inferior a la inversión inicial, un Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) de 11 años, además de una TIR de 0 %.

Figura 3.12

Resultados de la evaluación económica para inversión de \$ 483 246.

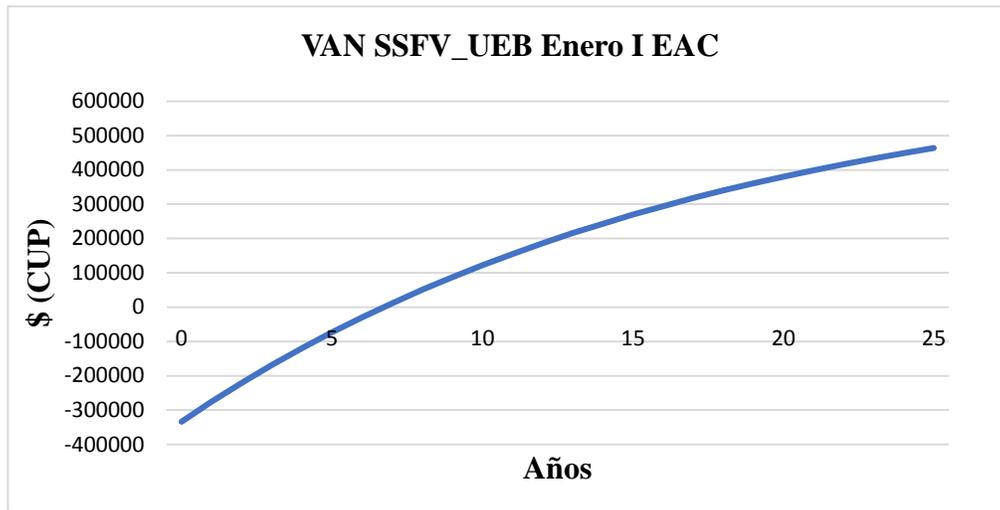


Nota: (Elaboración propia)

3. Inversión con costo definido en China de 333 963 \$CUP para el SSFV en cuestión.

Figura 3.13

Resultados de la evaluación económica para inversión de \$ 333 963.



Nota: (Elaboración propia)

Como se aprecia en la figura 3.12, la inversión inicial considerando uno de los costos más bajos en el mercado internacional (333 963 \$CUP) presenta un VAN de \$ 453 068,95 al cabo de los 25 años, un Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) de 7 años y una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 9 %. Esta inversión sin dudas resulta la más adecuada para la entidad y de ser conseguido los precios iniciales en el rango dado, es la aconsejada a realizar.

Del análisis económico de las propuestas se puede concluir que el precio inicial decide la inversión, por lo que en el país debe existir una política de estímulo gubernamental para el uso de las tecnologías que permitan el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía con una adecuada relación entre la inversión inicial y el pago unitario de la energía eléctrica por parte del SEN, solo así se hace factible la inversión en este campo.

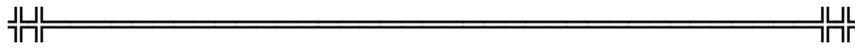
3.5 Conclusiones parciales del capítulo 3

1. Fue presentada una propuesta para la mejora de la eficiencia energética en la UEB Enero I para la EAC. La misma cuenta con las encuestas a directivos y técnicos para la implantación futura del sistema de gestión energética según la norma NC ISO 50001:2019.
2. La simulación con el PVsyst 7.1 determinó las potencialidades de generación fotovoltaica para la UEB Enero I de la EAC, dicha simulación mostró que se necesita un área disponible de 105 m², superficie donde existe la posibilidad de

instalar un total de 54 módulos fotovoltaicos del modelo DSM-380 PERC, con una capacidad de generación anual (real) de 29,068MWh/año.

3. Los costos establecidos por la entidad suministradora de este tipo de tecnologías en el país (COPEXTEL S.A) para instalar 1 kWp de potencia solar fotovoltaica están en el orden de los 3 208,3 \$USD, valor este que triplica los costos totales del kWp comercial en países como India, China, Alemania y España; que van desde 596,00 a 761,00 \$USD. Por lo que se hace necesario revisar la posibilidad de un suministrador de menos costo.
4. Considerando uno de los costos mínimos del mercado internacional para el SSFV de 333 963 \$CUP, la inversión presenta un VAN de \$ 453 068,95, al cabo de los 25 años, un Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) de 7 años y una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 9 %. Esta inversión sin dudas resulta la más adecuada para la entidad y de ser conseguido los precios iniciales en el rango dado, es la aconsejada a realizar.

CONCLUSIONES



Conclusiones generales

1. Los sistemas de gestión energética elevan la eficiencia energética y reduce los costos. La NC-ISO 50 001:2019 es el instrumento adecuado para planificar y monitorear el consumo de portadores energéticos en la organización, de ahí la importancia de su utilización en aras de hacer más eficiente el consumo de energía dentro de la EAC, reduce los costos, además de disminuir considerablemente la emisión de gases de efecto invernadero a la atmosfera.
2. En la EAC se utilizan tres portadores energéticos fundamentales (Electricidad, Diésel y Gasolina). El consumo de diésel en el 2021 representó el 59,36 % del total de portadores. La electricidad por su parte con el 37,36 %, representa un potencial de reducción de los consumos energéticos asociados a esta. La estratificación de los consumos energéticos en la EAC estableció que la UEB de mayor consumo fue Enero I, siendo esta una planta de incubación donde existe un equipamiento tecnológico significativo.
3. Se presentó la línea base energética tanto para el 2021 como para el 2022. Para el caso del 2021 la misma presenta como modelo lineal $y=0,2497x-6499$, cuyo valor de $R^2=0,68$. En el 2022, la LBE_n presenta un modelo lineal $y=0,2049x-1677,3$ y un $R^2=0,94$ respectivamente. En el caso de año 2022 existe un 25,8% de reducción de la energía no asociada a la producción (E_0), equivalente a 1 677,3 kWh/año. El IDEn crítico fijado fue de 0,21 kWh/unidades para la UEB Enero I. Los valores del IDEn real para este año estuvieron por debajo de este valor crítico.
4. La simulación con el PVsyst 7.1 determinó las potencialidades de generación fotovoltaica para la UEB Enero I de la EAC, dicha simulación mostró que se necesita un área disponible de 105 m², superficie donde existe la posibilidad de instalar un total de 54 módulos fotovoltaicos del modelo DSM-380 PERC, con una capacidad de generación anual (real) de 29,068 MWh/año. Evaluando uno de los costos mínimos de compra aportado por China para el SSFV de 333 963 \$CUP, la inversión presenta un VAN de \$ 453 068,95, al cabo de los 25 años, un Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) de 7 años y una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 9 %.

RECOMENDACIONES



Recomendaciones

1. Presentar el estudio a la dirección de la EAC para su análisis y evaluación oportuna de los resultados presentados.
2. Ampliar el estudio a las restantes UEB con consumos significativos de energía eléctrica.

BIBLIOGRAFÍA



Bibliografía

- Alarcón Arroyo, E. (2012). *Implantación de la norma ISO 50001: 2011. Sistemas de Gestión Energéticas.*
- Almanza Ruiz, B. (2014). *Contribución a la implantación de la NC ISO 50001: 2011 que rige el Sistema de Gestión Energética en la UEB Hotel Pernik* (Tesis de Grado, Universidad de Holguín).
- Arpi, J. R., & Mulluni Chacolli, Y. (2019). *Auditoría e implementación del estudio y análisis de eficiencia energética orientada en el ISO 50001 en la empresa técnica y desarrollo (CIGA)-Juliaca.*
- Arteaga Navarrete, J. A. (2020). *Diseño de un sistema de gestión energética de acuerdo a la normativa ISO 50001 para una estación de bombeo de crudos pesados.*
- Castrillón Mendoza, R. D. P., Monteagudo Yanes, J. P., Borroto Nordelo, A., & Quispe Oqueña, E. C. (2015). *Línea de Base Energética en la Implementación de la norma ISO 50001.* Estudios de casos.
- Collantes, M. Á. M. (2020). La sostenibilidad en las empresas multinacionales. *Observatorio Medioambiental*, 23, 149. <https://doi.org/10.5209/obmd.73174>
- de Bogotá, C. D. C. (2011). *Eficiencia energética y energías limpias: Aspectos de procesos de sistema eléctrico industrial.*
- de LairePeirano, M., (2013). *Gestión de la energía e ISO 50001.* Agencia Chilena de Eficiencia, Curso para el sector minería, Diapositivas.
- Delgado, P. G., (2004). *Herramientas para el sistema de gestión energética en la Empresa Central de Equipos UEB-CUBIZA.*
- Díaz Alonso, M. B. (2016). *Gestión energética de un edificio universitario, aplicando la ISO 50001.*

- Díaz Méndez, E. G., & Varón Buenaventura, E. S., (2016). *Revisión literaria de la implementación de la ISO 50001, eficiencia energética en entidades y organizaciones.*
- Díaz Ruíz, J. J. (2020). *Diseño del sistema de gestión energética-Norma ISO 50001 para optimizar el consumo de energía en Hipermercados Tottus-Chepén 2019.*
- Díaz, H. J. (1999). Gestión energética en la industria. *Estudios Gerenciales*, 51-60.
- Domínguez Vaquera, A. (2019). *Gestión energética sostenible en un camping de montaña.* (Tesis de Grado). Universitat Politècnica de Catalunya.
- Echeandía Diez, R. F. (2016). *Diseño de un sistema de gestión energética para la aplicación de la norma ISO 50001 en el campus de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.*
- Espinel-Blanco, E. E., Sánchez-Ascanio, L., & Quintero-Coronel, D. A. (2015). Planificación energética para un horno cerámico según la norma NTC-ISO50001. *Revista Ingenio*, 8(1), 73-82.
- Fernández Broche, A. (2018). *Estudio de la gestión energética del Hospital General "María del Carmen Sozaya" de Caibarién.* (Tesis Doctoral). Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- Gasch Ruiz-Cabello, M. (2019). *Establecimiento de líneas base en edificios de oficina haciendo uso de HULC según norma UNEEN ISO 50001: 2019.*
- Guerra, G. (2018). *Modelo de un sistema de gestión de la energía, basado en la norma ISO 50001: 2011 para las plantas de distribución de combustible ubicadas en el distrito Metropolitano.* (Tesis Doctoral). Universidad Católica Andrés Bello.
- Hernández García, E. (2019). *Análisis energético en edificios administrativos de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.* (Tesis Doctoral Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial). Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

- Larrahondo Chávez, D. A. (2019). *Implementación de una auditoría energética de acuerdo a la Norma ISO 50002 en una empresa panificadora* (Bachelor' sthesis). Universidad Autónoma de Occidente).
- Nordelo, A. B., & Caminos, C. (2013). *Recomendaciones Metodológicas para la Implementación de Sistemas de Gestión de la Energía según la Norma ISO 50001*. Universo Sur.
- Nordelo, A. B., Rodríguez, M. L., Yanes, J. M., de Armas Teyra, M. A., Pérez, M. M., Castillo, J. D., ... & Pérez, F. G. (2005). La gestión energética: una alternativa eficaz para mejorar la competitividad empresarial. *Energética*, (33), 65-69.
- Oliver, J.L.T., & de AENOR, D.D.D. (2011). Sistema de Gestión Energética según la ISO 50001: 2011. *UNE: boletín mensual de AENOR*, (262), 20-25.
- Ortiz Torres, M. S. (2018). *Congeneración y trigeneración, escala industrial* (Tesis de Grado). Carrera de Ingeniería Eléctrica.
- Paiva Parraguez, J. L. (2019). *Diseño de un sistema de gestión de la energía eléctrica en la planta industrial" El Águila SRL" según los lineamientos de la norma NTP-ISO 50001: 2012*.
- Pérez González, J. C. (2016). *Implementación de la etapa de planificación energética basado en la NC-ISO 50001 del 2011 en el Centro de Instrucción Provincial Protesta de Jarao* (Tesis Doctoral Facultad de Ingeniería Eléctrica). Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas.
- Poveda-Orjuela, P. P., García-Díaz, J. C., Pulido-Rojano, A., & Cañón-Zabala, G. (2019). *An Integral, Risk and Energy Approach in Management Systems. Analysis of ISO 50001: 2019*.
- Rey Hernández, A., San José Alonso, J. F., Velasco Gómez, E., & Rey Martínez, F. J. (2017). *Energy certification proposal, using dynamic simulation, as an energy management tool ISO 50001 Versus energy audit in buildings*.

- Rodríguez Díaz, E. (2019). *Aplicación de un procedimiento para la gestión energética en hospitales y hoteles de la provincia de Villa Clara*. (Tesis Doctoral Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial). Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
- Rodríguez Navia, E. (2015). *Evaluación del desempeño energético de la cervecería “Antonio Díaz Santana” relativo a los requisitos de la NC ISO 50001*. (Tesis Doctoral Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial). Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
- Rodríguez, A. R., (2008). *Implementación de la etapa de Planificación Energética de la Norma ISO 50001, en la Batería de Grupos Electrónicos de la Refinería de Petróleo de Cienfuegos*.
- Rodríguez, C. M. L., & Sarduy, C. J. R. G., (2014). Participación de la Universidad en la mejora de la eficiencia energética del sector productivo cubano. *Universidad y Sociedad*, 6(2).
- Rodríguez, M. M. C. D., (2011). *Diseño y estrategia de implantación de un sistema de gestión de la energía en la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba SA. Integración de las normas ISO 9001: 2008 e ISO 50 001: 2011*.
- Touset, J. P. H., Trujillo, M. G., Ureta, G. E., Rusindo, I. M., Pedraja, R. E., Rodríguez, A. G., & Romano, F. A. R. (2015). Evaluación energética en la papelera Pulpa Cuba. *Revista Centro Azúcar*, 42(4).
- Tristancho, C. A. P., & Méndez, F. V., (2012). Fundamentos para la administración energética en la industria colombiana a través de indicadores de gestión. *Scientia et Technica*, 17(50), 58-67.
- Villafrades Serrano, S. A., & Muñoz Sierra, J. E., (2020). *Desarrollo de una herramienta que automatice la etapa de revisión energética, para el centro PEVI UNAB, basada en la ISO 50001 2019*.

ANEXOS



Anexos

Anexo 1. Vista principal de la incubadora EIFTPC-60480 instalada en la UEB Enero I.



Anexo 2. Vista principal de las bandejas para la incubadora EIFTPC-60480 instalada en la UEB Enero I.



Anexo 3. Vista del panel principal para la incubadora EIFTPC-60480 instalada en la UEB Enero I.



Anexo 4. Especificaciones técnicas, eléctricas y parámetros térmicos del módulo fotovoltaico DSM-380 MP.

Especificaciones técnicas	
Celda	Celda Solar de Silicio Monocristalino PERC 156.75 mm x 156.75 mm
No. de celdas y conexiones	72 (6x12)
Dimensiones del módulo	1968 mm x 992 mm x40 mm
Cubierta frontal	Vidrio Templado
Material del marco	Aleación de aluminio anodizado
Peso	22 kg
Características eléctricas	
Modelo	DSM-380
Voltaje a circuito abierto (V_{oc}) [V]	48.50
Voltaje en el punto de máxima potencia (V_{mp}) [V]	39.33
Corriente de corto circuito (I_{sc}) [A]	10.17
Corriente en el punto de máxima potencia (I_{mp}) [A]	9.67
Potencia máxima a STC (P_m) [Wp]	380
Tolerancia [%]	+3%
STC: 1000 W/m ² , 25 °C, AM 1,5	
Límites	
Temperatura de operación	-40 a +85 °C
Voltaje máximo del sistema	A: 1500 VDC B: 1000 VDC
Valor máximo del fusible de la serie	A: 30 A B: 20 A
Parámetros térmicos	

NOCT	45 +-2 °C
Coeficiente de temperatura (I_{sc})	0,04478 [%/°C]
Coeficiente de temperatura (V_{oc})	-0.30537 [%/°C]
Coeficiente de temperatura (P_{MP})	-0.41004 [%/°C]

Anexo 5. Simulación del SSFV propuesto para la UEB Enero I perteneciente a la EAC



PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: SSFV
 Enero_I_2022
 Variant: Nueva
 variante de
 simulación
 Unlimited sheds

System power: 20.52 kWp
 San Fernando de Camarones -
 Cuba

Project summary

Geographical Site

San Fernando de

Latitude 22.24 °N
Longitude -80.30

Project settings

0.2

Meteo data

San Fernando de Camarones

System summary

Grid-Connected System

Unlimited

User's needs

PV Field Orientation

15°

Shed

System information

PV Array

54units

Inverters Nb. of units

1 Unit
22.00

Results summary

Produced Energy

29.07 MWh/year

Specific production

1417 kWh/kWp/year Perf. Ratio

84.08 %

General parameters		
Grid-Connected System	Unlimited sheds	Models used
PV Orientation	Field 15°	Transposition
Horizo	Near Shadings	User's

PV Array Characteristics

PVmodule		Inverter	
Manufacturer	NUMENSOLAR	Manufacturer	ABB
Model	DSM-380MP	Model	TRIO-20_0-TL-OUTD-S1-US
(Custom parameters definition)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	380 Wp	Unit Nom. Power	22.0 kWac
Number of PV modules	54 units	Number of inverters	2 * MPPT 50% 1 units
Nominal (STC)	20.52 kWp	Total power	22.0 kWac
Modules	3 Strings x 18 In series	Operating voltage	200-950 V
At operating cond. (50°C)		Pnom ratio (DC:AC)	0.93
Pmpp	18.91 kWp		
U mpp	654 V		
I mpp	29 A		
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	21 kWp	Total power	22 kWac
Total	54 modules	Nb. of inverters	1 Unit
Module area	105 m ²	Pnom ratio	0.93

Array losses

Thermal Loss factor		DC wiring losses		Module Quality Loss	
Module temperature according to irradiance		Global array res.	372 mΩ	LossFraction	-
Uc (const)	20.0 W/m ² K	Loss Fraction	1.5 % at STC	0.8%	
Uv	0.0				
	W/m ² K/m/s				
Module mismatch losses		Strings Mismatch loss		IAM loss factor	
LossFraction atMPP	2.0 %	LossFraction	0.1%	ASHRAE Param: IAM = 1 - bo(1/cosi -1)	
				boParam.	0.05

Main results

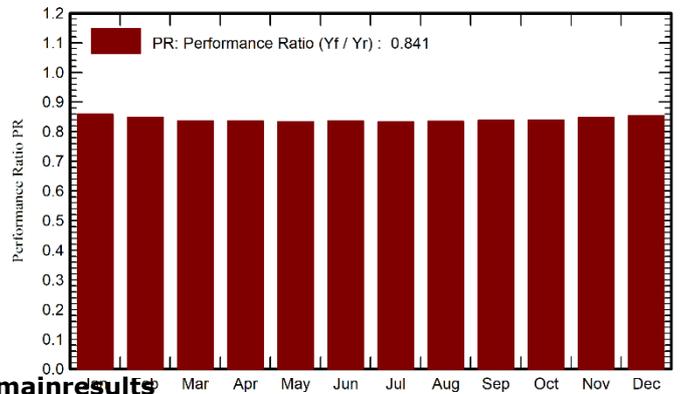
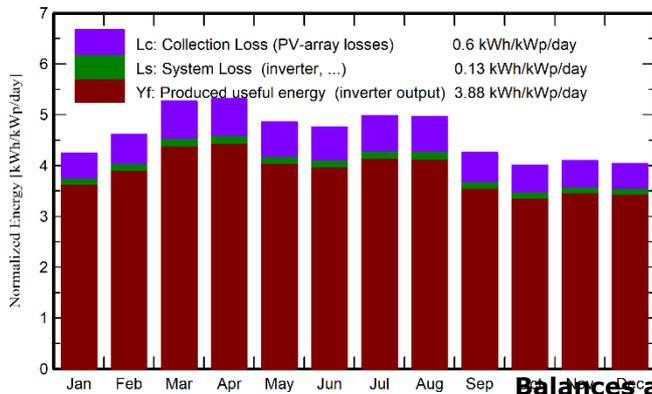
System

Production

ProducedEnergy	29.07MWh/year	Specific production	1417 kWh/kWp/year
		Performance RatioPR	84.08 %

Normalized productions (perinstalledkWp)

Performance RatioPR



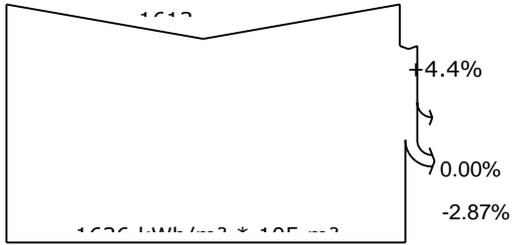
Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	MWh	MWh	ratio
January	112.2	54.61	19.71	131.5	127.8	2.395	2.317	0.859
February	115.5	57.75	21.62	129.1	125.5	2.325	2.249	0.849
March	154.7	72.64	23.77	163.2	158.9	2.893	2.800	0.836
April	158.3	81.61	24.55	159.5	155.2	2.831	2.738	0.836
May	155.4	89.09	26.41	150.5	145.9	2.667	2.576	0.834
June	149.7	90.90	26.72	142.7	138.3	2.534	2.447	0.836
July	161.2	90.70	27.31	154.6	149.8	2.733	2.640	0.832
August	155.4	89.09	27.17	153.8	149.5	2.728	2.636	0.835
September	123.7	75.38	25.65	127.6	123.9	2.273	2.195	0.838
October	114.5	62.35	25.12	124.3	120.9	2.217	2.140	0.839
November	107.2	52.07	22.31	122.9	119.3	2.211	2.138	0.848
December	105.6	52.14	21.64	125.1	121.3	2.267	2.193	0.854
Year	1613.5	868.31	24.35	1684.7	1636.4	30.073	29.068	0.841

Legend

sGlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

Loss diagram



Effective irradiation on collectors

Global horizontal irradiation

Global incident in coll. plane

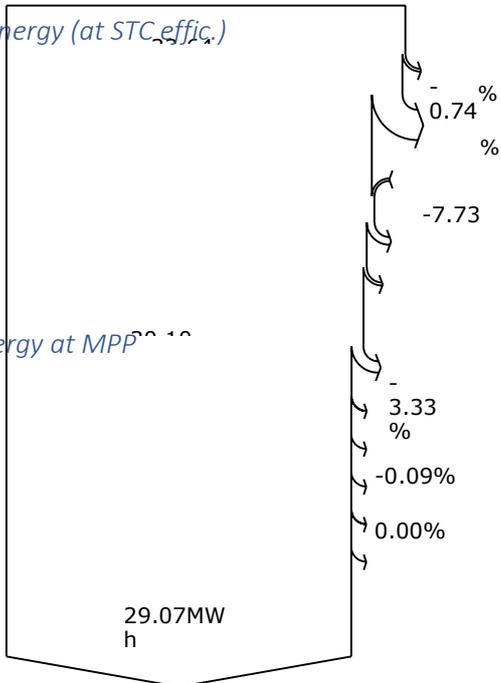
Near Shadings: irradiance loss

IAM factor on global

efficiency at STC=19.50%

PV conversion

Array nominal energy (at STC effic.)



Array virtual energy at MPP

PV loss due to irradiance level

PV loss due to temperature

Module quality loss

Mismatch loss, modules and strings

Ohmic wiring loss

Inverter Loss during operation (efficiency)

Inverter Loss over nominal inv.

power Inverter Loss due to max.

input current Inverter Loss over

nominal inv. voltage Inverter Loss

due to power threshold Inverter

Loss due to voltage threshold

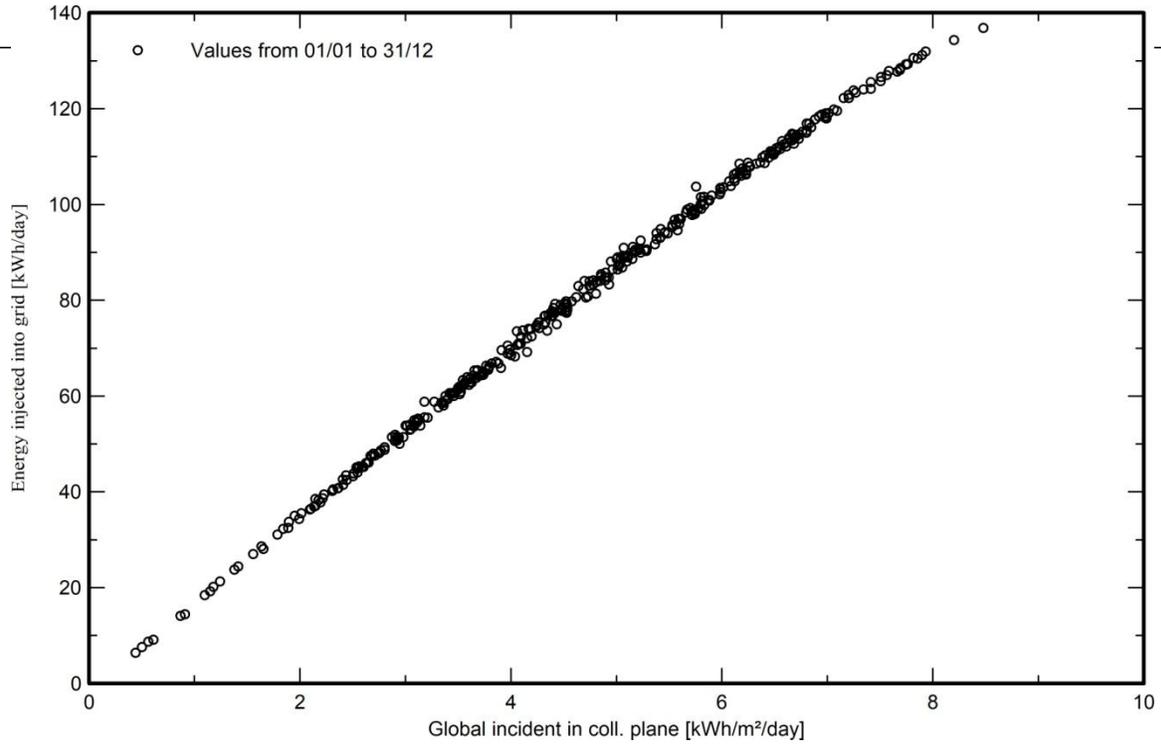
Available Energy at Inverter

Output Energy injected into

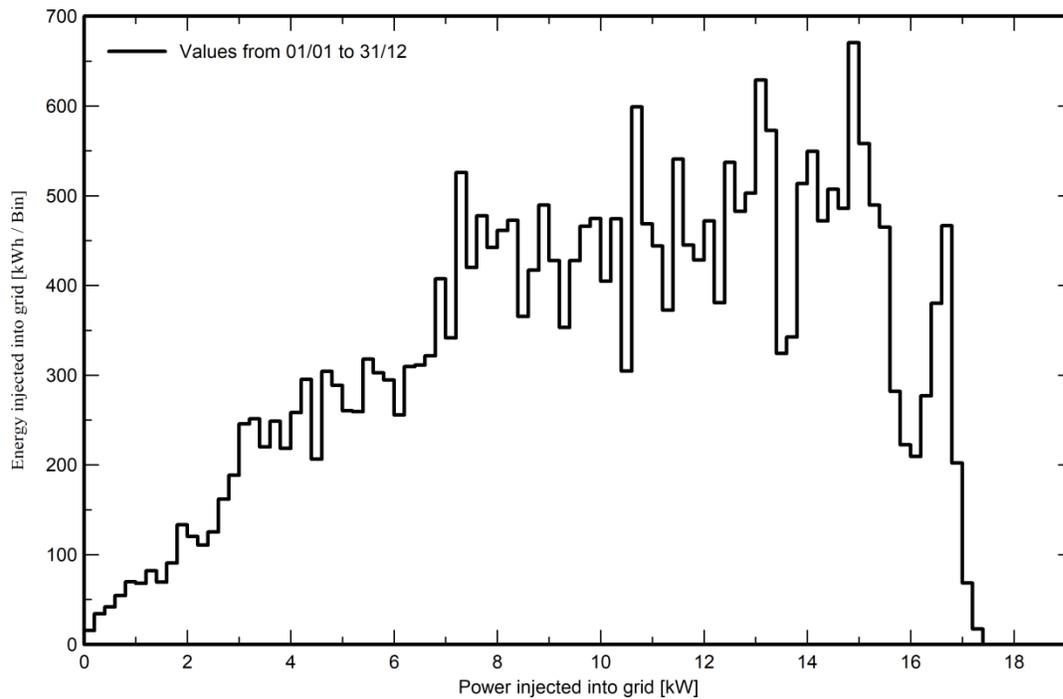
grid

Specialgraphs

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de potencia de salida del sistema



Anexo 6. Procesamiento de las encuestas a técnicos sobre el conocimiento de la NC ISO 50 001 en la UEB Enero I.

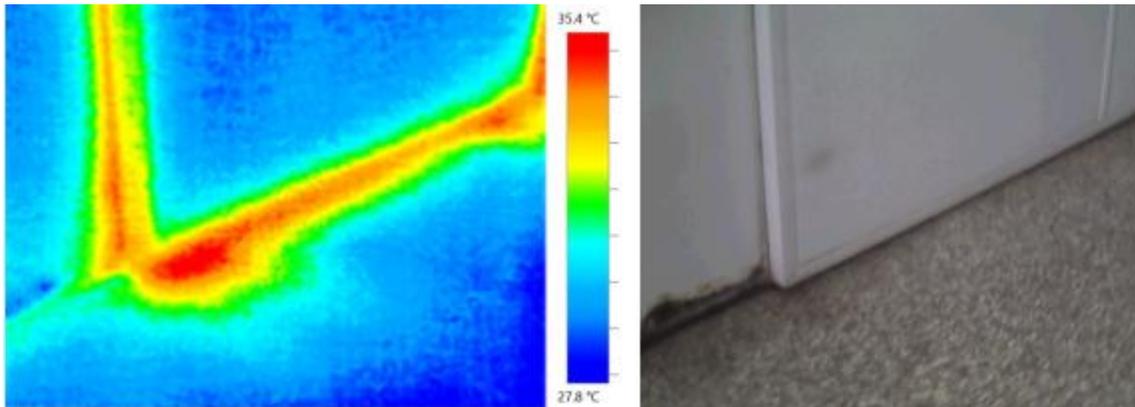
Nº	Preguntas	Si	%	No	%	No conozco	%
1	¿Se tiene información sobre la norma NC ISO 50001?	0	0	2	25	6	75
2	¿Se han realizado acciones para la implementación de la norma NC ISO 50001?	4	50	2	25	6	75
3	¿Se cuenta con un sistema de gestión energética (SGEn) documentado?	0	0	6	75	2	25
4	¿Existen experiencias en la aplicación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía?	0	0	2	25	6	75
5	¿Se han obtenido resultados favorables en las supervisiones energéticas realizadas por la UNE?	4	50	0	0	4	50
6	¿Se han obtenido resultados favorables en las supervisiones energéticas realizadas por CUPET?	0	0	0	0	8	100
7	¿Se tiene implementado y certificado el sistema de gestión de calidad por la norma NC ISO 9001?	0	0	5	62.5	3	37.5
8	¿Se tiene implementado y certificado el sistema de gestión ambiental por la norma NC ISO 14001?	0	0	6	75	2	25
9	¿Existe un sistema integrado de gestión o se trabaja con vistas a implementarlo?	2	25	0	0	6	75
10	¿Existe una política energética?	8	100	0	0	0	0
11	¿Está la política energética documentada?	5	62.5	0	0	3	37.5
12	La política energética es de conocimiento del personal a todos los niveles de la organización?	5	62.5	3	37.5	0	0
13	¿Se cuenta con un representante de la dirección (energético) para la gestión energética con funciones, responsabilidades y autoridad definidas?	8	100	0	0	0	0
14	¿Este representante de la dirección tiene dedicación total para la gestión energética?	4	50	0	0	4	50
15	¿El representante de la dirección posee formación de nivel superior en ramas técnicas?	3	37.5	0	0	5	62.5
16	¿El representante de la dirección ha recibido capacitación especializada sobre gestión energética?	6	75	0	0	2	25
17	¿El representante de la dirección dispone de los medios de cómputo y otros recursos requeridos para la gestión energética?	0	0	0	0	8	100
18	¿Se cuenta con un equipo de gestión de la energía? (comité de energía, comisión de ahorro de energía, consejo energético, etc.)	0	0	0	0	8	100
19	¿Los miembros del equipo han recibido capacitación especializada sobre gestión energética?	0	0	0	0	8	100

20	¿El equipo de gestión de la energía funciona sistemáticamente?	0	0	0	0	8	100
21	¿Se cuenta con registros históricos de los consumos energéticos?	8	100	0	0	0	0
22	¿Se conoce y maneja la estructura de consumo de portadores energéticos?	7	87.5	0	0	1	12.5
23	¿Están identificados las instalaciones, sistemas y equipos que representan los mayores consumos de energía?	7	87.5	0	0	1	12.5
24	¿Se cuenta con equipos de medición de los consumos de energía en las instalaciones, sistemas y equipos que representan los mayores consumos de energía?	6	75	0	0	2	25
25	¿Se cuenta con un sistema de indicadores para monitorear y controlar el desempeño energético?	0	0	2	25	6	75
26	¿El sistema de monitoreo y control energético incluye indicadores hasta el nivel de los sistemas y equipos mayores consumidores?	0	0	2	25	6	75
27	¿La instrumentación existente en los sistemas y equipos mayores consumidores permite controlar los factores operacionales que determinan su desempeño energético?	0	0	0	0	8	100
28	¿Está identificado el personal clave que decide en la eficiencia de los mayores consumos de energía?	6	75	2	25	0	0
29	¿Ha recibido el personal clave capacitación especializada sobre eficiencia energética?	4	50	3	37.5	1	12.5
30	¿Existe algún sistema de estimulación para el personal clave en función del desempeño energético?	0	0	8	100	0	0
31	¿Se ha realizado la caracterización energética y analizada la evolución y tendencias en el consumo y la eficiencia energética en los últimos años?	0	0	6	75	2	25
32	¿Han mejorado los índices de consumo y eficiencia energética en los últimos años?	5	62.5	0	0	3	37.5
33	¿Se han realizado diagnósticos o auditorías energéticas en los últimos años?	0	0		0	8	100
34	¿Se realizan análisis comparativos (benchmarking) de los índices de consumo y eficiencia energética con otras organizaciones similares?	0	0	0	0	8	100
35	¿Se han definido objetivos para la mejora del desempeño energético?	6	75	0	0	2	25
36	¿Existen metas para la mejora del desempeño energético referidas a un período base?	6	75	0	0	2	25
37	¿Los objetivos y metas son conocidos por el personal clave que incide en su cumplimiento?	6	75	0	0	2	25
38	¿Existe un plan de acción con medidas y proyectos para la mejora del desempeño energético?	4	50	0	0	4	50

39	¿Los proyectos de mejora del desempeño energético cuentan con evaluaciones económicas y estudios de factibilidad debidamente fundamentados?	0	0	6	75	2	25
40	¿La alta dirección controla periódicamente el cumplimiento de los objetivos, metas y planes de acción?	4	50	2	25	2	25
41	¿El mantenimiento tiene incorporados criterios y acciones en función de la eficiencia energética?	2	25	2	25	4	50
42	¿Se consideran las oportunidades de mejora del desempeño energético y del control operacional en los nuevos diseños y proyectos?	1	12.5	0	0	7	87.5
43	¿Están establecidos los criterios y procedimientos para considerar la eficiencia energética al adquirir productos, equipos y servicios?	0	0	5	62.5	3	37.5
44	¿Se ha ejecutado o se planea ejecutar algún proyecto para el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía?	0	0	0	0	8	100
45	¿Existe algún mecanismo que posibilite y estimule que las personas que trabajan para la organización realicen propuestas y sugerencias para la mejora de la eficiencia energética?	0	0	8	100	0	0
46	¿La alta dirección realiza acciones, a intervalos planificados, para asegurar la conveniencia, adecuación, eficacia y mejora continua del SGen?	3	37.5	0	0	5	62.5
	Totales	124		72		176	372
	%	33.33		19.35		47.31	100
		% Si		% No		% No se	
		33.33		19.35		47.31	



Anexo 7: Termografía E-Planta Incubadora. EAC

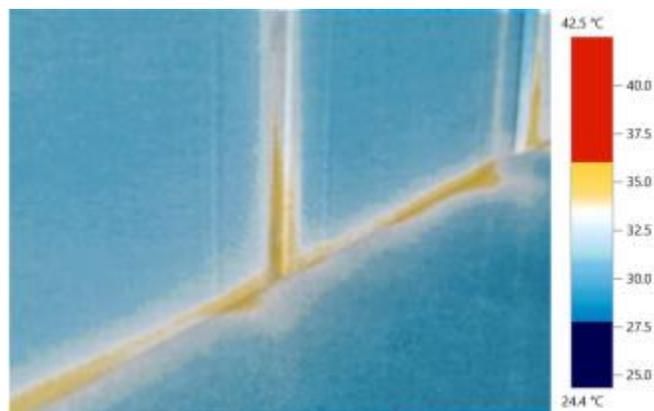


Grado de emisividad:

Temp. refl. [°C]:

1.00

25.0



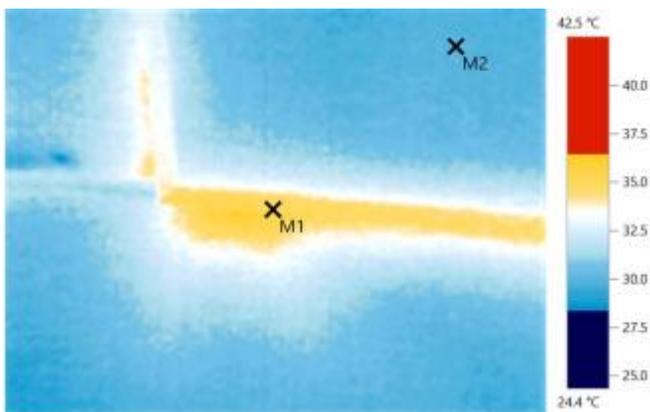


Grado de emisividad:

Temp. refl. [°C]:

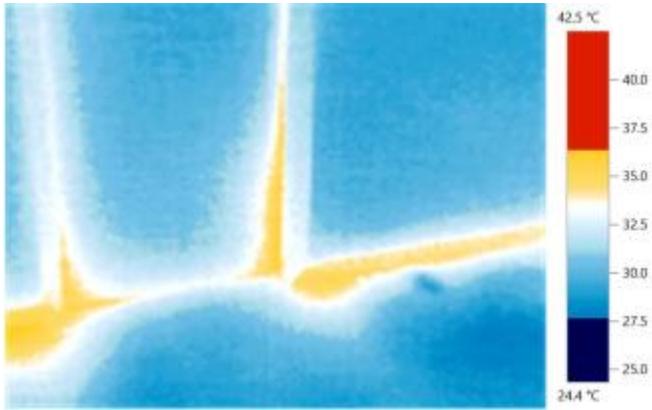
1.00

25.0



Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	35.0	1.00	25.0	-
Punto de medición 2	29.9	1.00	25.0	-

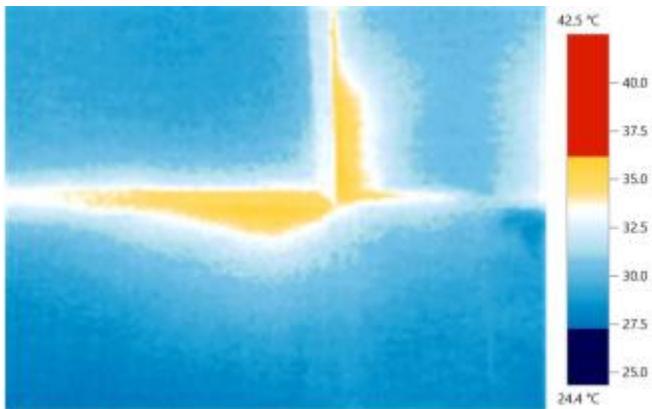


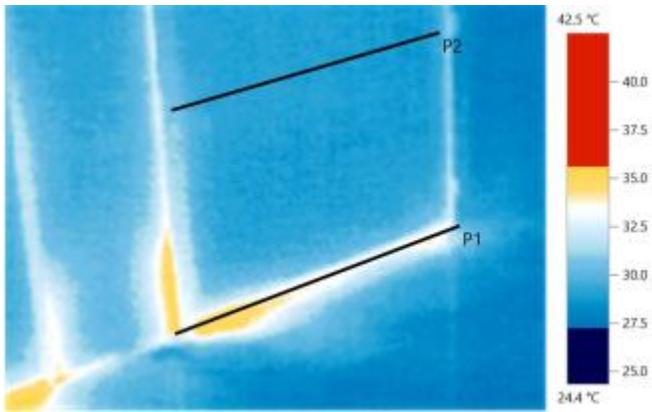
Grado de emisividad:

Temp. refl. [°C]:

1.00

25.0



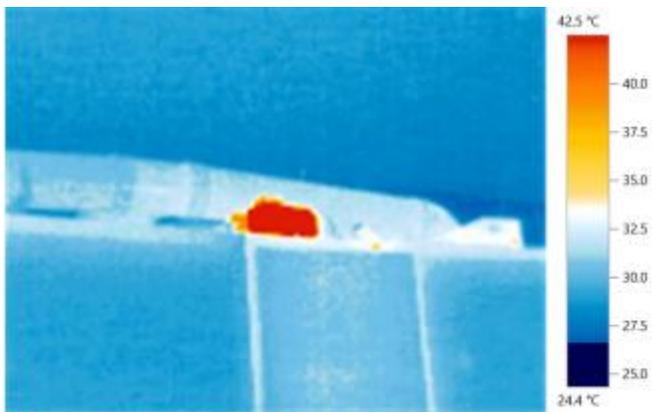
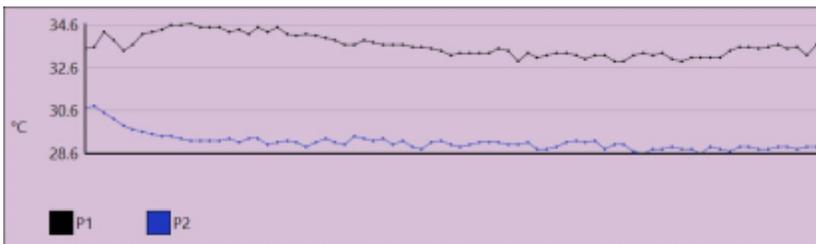


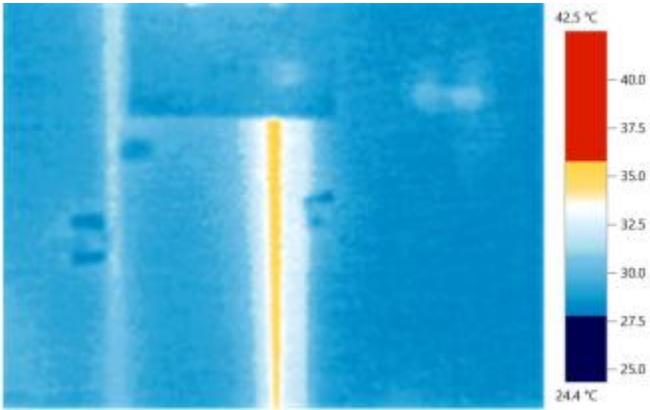
Grado de emisividad:

Temp. refl. [°C]:

1.00

25.0





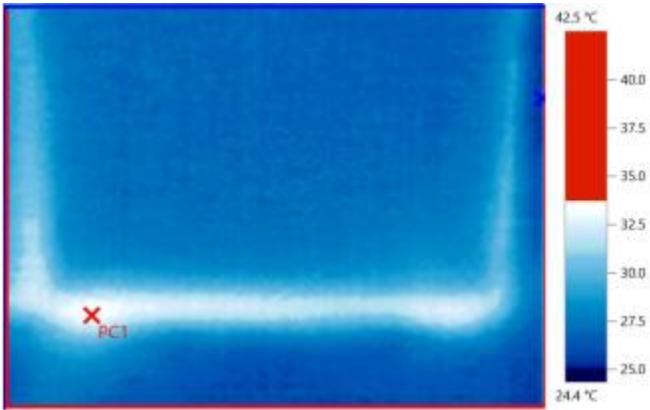
Grado de emisividad:

Temp. refl. [°C]:

1.00

25.0





Grado de emisividad:

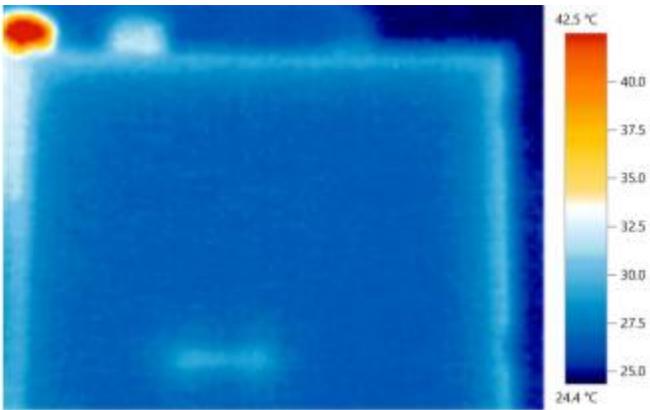
Temp. refl. [°C]:

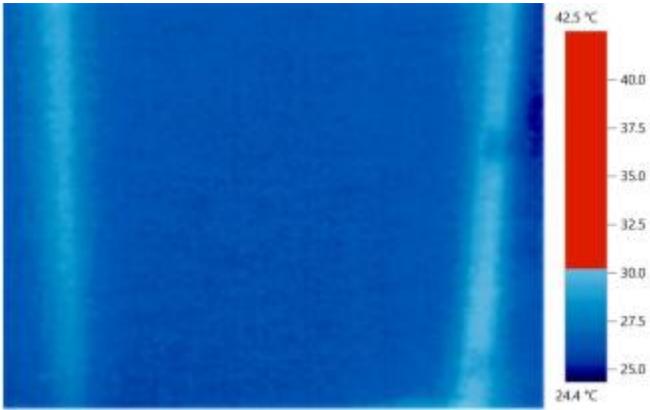
1.00

25.0

Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto más frío 1	25.1	1.00	25.0	-
Punto más caliente 1	33.7	1.00	25.0	-





Grado de emisividad:

Temp. refl. [°C]:

1.00

25.0

