

**Tesis en Opción al Título Académico de Máster en
Eficiencia Energética, V Edición**

**Título: Propuesta de mejoramiento al sistema de gestión energética
en la División de Talleres Holguín**

Autor: Lic. Gabriel Pupo Zaldívar

Holguín, 2022

**Tesis en Opción al Título Académico de Máster en
Eficiencia Energética, V Edición**

**Título: Propuesta de mejoramiento al sistema de gestión energética
en la División de Talleres Holguín**

Autor: Lic. Gabriel Pupo Zaldívar

**Tutor: Prof. Titular. Lic. Freddy Rafael Sarmiento Torres, Dr. C.
Universidad de Holguín**

Holguín, 2022

PENSAMIENTO

"[...] mientras no seamos un pueblo realmente ahorrativo, que sepamos emplear con sabiduría y con responsabilidad cada recurso, no podemos llamarnos un pueblo enteramente revolucionario".

Fidel Castro Ruz

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor, por sus esfuerzos, enseñanzas, exigencias, confianza y paciencia en todos los momentos.

A mi gran familia, por su apoyo incondicional y su empeño en ayudarme.

A Cuba y su Revolución, por brindarme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente.

A todos los que de una forma me dieron su ayuda y sostén en la construcción de esta pequeña y gran obra.

Muchas gracias

DEDICATORIA

A mis hijos, que son mi mayor tesoro...

RESUMEN

En la actualidad con el modelo de desarrollo económico del país y el crecimiento continuo basado en el uso intensivo de recursos energéticos de origen fósil se hace insostenible el empleo de estos medios, junto con el negativo impacto medioambiental y económico lo que demandan de los ingenieros y técnicos el emprender un cambio de modelo que trate de garantizar el crecimiento económico, el progreso social y el uso racional de los recursos. La presente investigación está relacionada con la gestión energética y fue realizada en la División de Talleres Holguín, perteneciente a la Empresa Exportadora de la Agroindustria Azucarera, la cual presta servicios de reparación y mantenimiento a los equipos de transporte automotor y agrícola; caracterizada por una contradicción entre los altos consumos de energía eléctrica y la necesidad de ahorro de este portador energético, evidenciándose el problema investigado. El investigador se propone como objetivo la elaboración de un plan de mejoras técnico – organizativas para la gestión energética, que reduzcan el consumo eléctrico en la referida entidad. Se emplearon los métodos científicos tanto teóricos como empíricos y se caracterizó el proceso. Partiendo de las insuficiencias, el problema y el objetivo se propone el plan de mejoras, donde destaca la corrección del factor de potencia a 0.96, a partir del cálculo realizado de un banco de capacitores; con esta mejora y las demás planteadas, la entidad obtiene ahorros anuales de 22 020 kWh y \$ 290 038,2.

Palabras claves: gestión energética, consumo eléctrico, ahorro.

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL	7
1.1. Introducción.....	7
1.2. Panorama energético internacional y nacional.....	7
1.3. La gestión energética. Aspectos generales.....	10
1.4. Tecnología de gestión total eficiente de la energía	18
1.5. Diagnóstico o auditoría energética	22
1.6. Corrección del factor de potencia.....	24
1.7. Conclusiones del capítulo 1.....	28
CAPÍTULO 2. CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA EN LA DIVISIÓN DE TALLERES HOLGUÍN	29
2.1. Introducción	29
2.2. Aplicación del procedimiento.....	29
2.3. Conclusiones del capítulo 2.....	48
CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....	49
3.1. Introducción.....	49
3.2. Plan de mejoras técnico - organizativas	49
3.3. Selección del banco de compensación reactiva	51
3.4. Valoración técnico – económica de las soluciones	54
3.5. Conclusiones del capítulo 3.....	67
CONCLUSIONES.....	68
RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFÍA	70
ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

El mundo de hoy se enfrenta a serias dificultades energéticas, sobre todo por el agotamiento de los combustibles fósiles, contaminación del medio ambiente y con otros factores de tipo social y económico, estas dificultades se agudizan constantemente. Partiendo de estas premisas, es que se le concede tanto valor al estudio de la gestión energética en el mundo y en particular en Cuba.

La decisión de contar con una adecuada gestión energética es importante, ya que, en el entorno actual, el uso eficiente de recursos se vuelve relevante en la sustentabilidad de las organizaciones.

La efectividad de la gestión energética dependerá en gran medida del compromiso y disponibilidad de todos los actores involucrados en la organización para gestionar el uso y el costo de la energía, además de realizar los cambios que sean necesarios en el día a día para facilitar estas mejoras y la reducción en los costos e impacto al medio ambiente.

En Cuba se han trazado estrategias para disminuir los consumos de combustibles, lo que permitió que, a partir de los años 90 del siglo XX, la economía cubana comenzara un proceso de reanimación económica anual, consumiendo prácticamente la mitad y menos del combustible que se consumía en los años 80. Se considera que entre un cinco y diez por ciento del ahorro del consumo de portadores energéticos en Cuba puede lograrse mediante el incremento de la eficiencia energética, fundamentalmente a través de mejoras técnico - organizativas, con inversiones que se recuperarán en menos de un año y medio.

En la actualización del modelo económico cubano, según el Lineamiento 150 de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, aprobados en el VIII Congreso del Partido Comunista de Cuba (PCC) se refiere a que las organizaciones deben:

Priorizar la implementación de los Sistemas de Gestión de Energía en el sector estatal y privado, como base para la identificación permanente de los potenciales de ahorro, así como la ejecución de acciones para su captación. (PCC, 2021, p. 78)

En el (2019) entró en vigor la Resolución No. 124 del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), la cual establece regulaciones para elevar la Gestión, Eficiencia y Conservación Energética; así como el control a la implantación de los Sistemas de Gestión de la Energía en las entidades grandes consumidoras de todos los sectores de la economía nacional, para contribuir a la sostenibilidad medioambiental y energética del país, contribuyendo al propósito de cambiar la matriz de generación de energía eléctrica, hasta alcanzar una proporción no menor al 24 por ciento en el año (2030); esta resolución debe contribuir al mejoramiento continuo de la gestión energética de las entidades con grandes consumos energéticos, aplicando las experiencias y métodos de trabajo de las empresas líderes en esta materia, bajo la asesoría y control de la Oficina Nacional para el Control del Uso Racional de la Energía (ONURE) en cada territorio.

En el entorno energético de nuestro territorio, una de las entidades que no está ajena a esta temática es la División de Talleres Holguín, perteneciente a la Empresa Exportadora de la Agroindustria Azucarera; en la misma teniendo en cuenta las nuevas legislaciones dirigidas a lograr mejores indicadores de eficiencia energética en nuestras empresas estatales, se efectuó un estudio diagnóstico para caracterizar el estado inicial de la gestión energética y su influencia en el uso eficiente de la electricidad durante el proceso productivo.

Se aplicaron instrumentos empíricos de investigación, entre los que destaca una guía de observación para determinar de forma directa el comportamiento del consumo eléctrico y el grado de concientización de los trabajadores con respecto al ahorro energético (Anexo 1).

Asimismo se realizó una revisión documental en diferentes áreas de la entidad, para obtener datos estadísticos del consumo de electricidad, el control y análisis de estos; observaciones directas y encuestas realizadas a trabajadores en general, a partir de las cuales se puede decir que existen dificultades tales como:

- El Factor de potencia (Fp) de los dos servicios eléctricos del centro se comportan por debajo de (0,9), lo que ocasiona penalización en todos los meses.

- Presencia de consumidores eléctricos ajeno a la entidad, que incrementa el gasto no asociado al proceso productivo.
- Se tiene identificado en el banco de problemas energéticos de la entidad potenciales de ahorro; pero las soluciones propuestas por la máxima dirección son insuficientes.

Teniendo en cuenta el estado actual de la entidad se pudo evidenciar la siguiente **situación problemática:**

Aunque existe percepción en los administrativos sobre el significado negativo que tiene el inadecuado uso de la energía eléctrica durante el proceso productivo, no existen en la entidad trabajos que hayan sido dedicados a fortalecer la gestión energética que contribuyan a un mejor desempeño energético.

Al realizar la búsqueda dirigida a solucionar el problema detectado en el diagnóstico, se consultaron diferentes fuentes relacionadas con el tema, incluyendo los resultados investigativos de tesis de doctorados y maestrías, cuyos aportes han sido valiosos para que nuestras empresas sean cada día más eficientes y rentables; en tal sentido se encontraron importantes autores que abordan los problemas de la gestión y eficiencia energética; tanto internacional como nacional, entre los que se destacan: Campos, J (1997); Acosta, H (2011); Pérez, O (2013); Borroto, A (2013); Lápido, M (2013); Correa, J (2017); Guerra, V (2017); Rosas, R (2018); Hernández, P (2019).

Entre los resultados principales del trabajo realizado por estos autores pueden mencionarse: guías para implementar un correcto sistema de gestión energética, procedimientos para la gestión y mejoramiento de la energía, metodologías y otras alternativas.

A partir del análisis realizado se aprecia que todas estas herramientas hacen referencia a la necesidad de asumir la gestión energética como un eslabón fundamental en la práctica diaria de las empresas, para lograr disminuir los consumos energéticos y los gastos por este concepto; sin embargo, por lo general estas guías, metodologías y demás, hacen énfasis en acciones únicamente de carácter organizativo y no mejoras técnico - organizativas que garanticen un impacto más inmediato en cuanto a eficiencia energética se refiere.

Por lo anteriormente expresado se plantea como **problema científico**: Insuficiencias en la gestión energética, limitan la reducción del consumo eléctrico en la División de Talleres Holguín, perteneciente a la Empresa Exportadora de la Agroindustria Azucarera. Este problema se enmarca en el **objeto de estudio**: Gestión energética en la División de Talleres Holguín, perteneciente a la Empresa Exportadora de la Agroindustria Azucarera.

Para dar solución al problema, se plantea como **objetivo de la investigación**: Elaboración de un plan de mejoras técnico – organizativas para la gestión energética, que reduzcan el consumo eléctrico en la División de Talleres Holguín, perteneciente a la Empresa Exportadora de la Agroindustria Azucarera. Se considera como **campo de acción**: Consumo eléctrico en la División de Talleres Holguín.

Se plantea la siguiente **hipótesis**: La aplicación de un plan de mejoras técnico – organizativas para la gestión energética, contribuirá a favorecer la disminución del consumo eléctrico en la División de Talleres Holguín, perteneciente a la Empresa Exportadora de la Agroindustria Azucarera.

Para darle respuesta al objetivo, nos trazamos las siguientes **tareas de la investigación**:

1. Fundamentar teóricamente la gestión energética.
2. Caracterizar el estado inicial de la gestión energética y su influencia en el consumo eléctrico de la División de Talleres Holguín.
3. Elaborar un plan de mejoras técnico – organizativas que favorezcan la reducción del consumo eléctrico.
4. Constatar técnica y económicamente la efectividad de la propuesta.

Para llevar a cabo las tareas planificadas se aplicaron los siguientes **métodos de investigación**:

Métodos teóricos:

Análisis – síntesis: nos permitió analizar y sintetizar la información vinculada con el problema planteado, para llegar a conclusiones concretas en el consumo energético

y realizar las interpretaciones de los resultados obtenidos con la aplicación de los métodos empíricos en el orden general y particular.

Histórico – lógico: se utilizó para desarrollar el análisis de las investigaciones anteriores y antecedentes que permitan continuar el estudio sobre el consumo eléctrico y su uso eficiente en la División de Talleres Holguín.

Hipotético – deductivo: nos permitió confirmar o no la hipótesis de la investigación.

Métodos empíricos:

Encuesta: se realizó con el propósito de valorar el estado inicial y final de la gestión energética, constatando el nivel de los conocimientos, opiniones, criterios, necesidades, aptitudes, es decir la situación general y específica relacionada con el problema de estudio.

Observación científica: para determinar de forma directa e inmediata, el comportamiento del consumo eléctrico; actuar de operarios, técnicos, especialistas y administrativos en relación al ahorro de los portadores energéticos.

Revisión de documentos: para caracterizar la literatura científica que permita el establecimiento del marco teórico referencial y desarrollo de la investigación. Así como obtener los datos e información del control diario y mensual de los consumos energéticos y producciones realizadas.

Mediciones técnicas: facilitó, mediante las mediciones ejecutadas, realizar un estudio de los diferentes sistemas eléctricos.

Método estadístico - matemático: Se utilizó para poder conocer, analizar y comprender datos cuantitativos y cualitativos obtenidos de las facturas y mediciones eléctricas realizadas; posibilitando su posterior interpretación. Además, facilitó comprobar la hipótesis de la investigación.

Aporte: Propuesta de un plan de mejoras técnico–organizativas para la gestión energética que reduzcan el consumo eléctrico, garantizando el mejoramiento permanente de la eficiencia energética en la División de Talleres Holguín, perteneciente a la Empresa Exportadora de la Agroindustria Azucarera; que incluye el análisis desde el punto de vista energético, económico y del medio ambiente.

El valor teórico está dado por la revisión y sistematización pertinente de conocimientos universales alrededor del tema, relacionados con la gestión y eficiencia energética.

El aporte práctico radica en la factibilidad demostrada de poder implementar el plan de mejoras, que reduzcan el consumo eléctrico con resultados satisfactorios. Quedando como guía para aplicarse en otras dependencias de la empresa, siempre que se ajuste a las particularidades de cada una.

El aporte social consiste en la identificación de las principales dificultades que aportan al sobre consumo de energía eléctrica, afectando al país y al pueblo en general. Se fomenta una cultura encaminada hacia el ahorro.

La presente investigación se sustenta en la línea de investigación de la maestría: “Gestión Energética Empresarial”.

La bibliografía utilizada en las diferentes etapas del desarrollo de la tesis se corresponden con el objeto de investigación y campo de acción definidos, asegurando su diversidad y actualidad; donde más del (40%) del total referenciado tienen diez o menos años de editada. Se utilizó una variedad de bibliografía proveniente de Internet y en el idioma inglés. Se presenta en orden alfabético y numeradas todas las obras estudiadas y/o citadas en el texto de la memoria escrita siguiendo la sintaxis que estipula la norma de la *American Psychological Association (APA)*, 7ma. Edición.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL

1.1. Introducción

En este capítulo se ofrece una información general del comportamiento de los consumos energéticos a nivel internacional y nacional. Como parte de la sistematización teórica se presentan los principales fundamentos que sustentan la gestión energética en el sector industrial, lo que fue fundamental para el desarrollo de la investigación.

Es por ello que en este capítulo se hace referencia a autores e investigadores que han profundizado en el tema, su influencia en el desarrollo exitoso de las empresas y la conservación del medio ambiente.

1.2. Panorama energético internacional y nacional

La búsqueda continua de la sustentabilidad energética es uno de los principales retos que tiene la humanidad en la actualidad, pero a medida que avanza el tiempo, el hombre de la era moderna va agotando cada vez más los recursos energéticos para la satisfacción de necesidades energéticas entre las cuales se encuentran la iluminación, climatización, refrigeración y transporte, además de la comunicación y el confort en general, por lo que el consumo total aumenta más de (1,5%) anual, con excepción del año (2009) y un incremento total del (48%) en los últimos 19 años; todo eso mediante una matriz de generación energética que ha mantenido el consumo de fuentes fósiles de energía entre el 84 y el (95%) desde (1988) hasta el (2019) Buenas Prácticas (BP, 2020).

El ser humano se enfrenta a una crisis energética mundial y se deben comenzar a buscar soluciones para ponerlas en acción, antes de que se agoten los combustibles fósiles. Sin embargo, el consumo mundial de energía creció en (1,9%), la extracción mundial de petróleo creció en el (2018) en (2,4%) equivalente a dos millones de barriles por día, lo que acelerará el agotamiento de los recursos fósiles y los daños ambientales derivados de su explotación (BP, 2020).

Según el Anuario Estadístico Mundial de Energía (AEME), en (2019) el consumo energético aumentó a un ritmo más lento que en años anteriores en países grandes

consumidores como: China, primer consumidor del mundo desde (2009), Rusia y la India. Este dato bajó en casi todos los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), incluidos EE. UU., la Unión Europea, Japón, Canadá y Corea del Sur. Australia fue la única excepción, consignando un crecimiento del (6,3%) (Propiciado por el desorbitado consumo de gas de las centrales de gas natural ligero, muy por encima de su promedio histórico). El consumo continuó su tendencia dinámica en Indonesia y Argelia, y siguió aumentando en Arabia Saudita, Nigeria y Sudáfrica, pero descendió en Latinoamérica, permaneciendo estable en Brasil y con un ligero descenso en México (AEME, 2020).

Al cierre de (2019), el consumo eléctrico mundial ascendió a un ritmo mucho más lento que en los últimos años (+0,7%) por contraposición a un promedio del (3%) anual durante el periodo comprendido entre (2000 y 2018) debido a una desaceleración del crecimiento económico y a temperaturas más suaves en varios países grandes.

La demanda de electricidad en China, que concentra el (28%) del consumo eléctrico mundial, creció en un (4,5%) en (2019), ya que la desaceleración de la demanda eléctrica procedente de la industria se vio parcialmente contrarrestada por una fuerte demanda de los sectores residencial y servicios. Permaneció estable en la India producto al descenso del consumo industrial y en Rusia motivado por las temperaturas suaves.

En EE. UU., el descenso de la demanda de los sectores industrial y residencial contribuyó a una reducción del (2,2%) en el consumo eléctrico. El consumo eléctrico también se redujo en la Unión Europea, en línea con la desaceleración económica, Japón, Corea del Sur y Sudáfrica (AEME, 2020).

En la región de América Latina y el Caribe, se observa una transición energética que va en la misma dirección que a escala global, debido a la mayor incorporación de nuevas energías renovables como la eólica que pasa del (3%) al (12%) y en menor medida la energía solar que pasa de (0%) a (3%), en consecuencia, disminuye la participación de la energía hidroeléctrica que pasa del (44%) en (2016) al (37%) en la

proyección a (2040). El transporte es el sector más intensivo en el uso de energía, con un consumo del (52%); lo sigue la industria, con (18%); el residencial, con (13%); comercio y servicios, con (12%); agricultura, pesca y minería, con (3%); finalmente, la construcción, con (2%), según datos de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE, 2019).

En esta región la reducción de la intensidad energética desde (1990) fue solo del (0,2%) anual. Lo anterior ocurre, por un lado porque son pocos los países que mantienen programas de eficiencia energética de largo plazo, y por otro, por la baja incorporación de tecnologías eficientes por modernización de electrodomésticos y vehículos.

En este sentido, con el fin de alcanzar cambios favorables en el sistema energético regional, en julio de (2020) y, pensando en la post pandemia del Covid 19, la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) y la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), fortalecieron sus lazos para que la transformación energética impulsada por las energías renovables sea el eje de la recuperación económica de América Latina y el Caribe.

De acuerdo con Prensa Latina (PL) Cuba planifica el consumo de sus portadores energéticos, electricidad, diésel y gasolina en función de sus producciones de bienes y servicios. Desde (2018) el consumo energético de la isla se comporta de manera similar, aunque desde marzo de (2020) la pandemia Covid-19 paralizó prácticamente el esquema económico de la isla y se incrementó aún más en el sector residencial (PL, 2020).

La isla de Cuba posee una economía fundamentalmente de servicios por tanto los mayores consumos eléctricos se generan en el turismo, recursos hidráulicos, y en el área industrial: las acerías, la azucarera y otras entidades. La estrategia de trabajo estará centrada en mantener un sistema ejecutado sobre la base del Decreto Ley 345 aprobado a finales de (2019). Un instrumento jurídico que respalda la política para el desarrollo prospectivo de las fuentes renovables y el uso racional de la energía; aunque la implementación de este se ha visto afectada por la falta de financiamiento, en parte por la Covid-19 y por otra, al bloqueo económico, financiero

y comercial que impone Estados Unidos a Cuba y a su persecución contra las inversiones en la isla (PL, 2020).

Una de las provincias de Cuba con mayores consumos energéticos es Holguín, ubicándose en el segundo lugar con más consumo de electricidad, fundamentalmente en la industria del níquel, acueducto y en el sector turístico; siendo precisamente las entidades del MINEM las que más inciden en este consumo; aunque el portador que más se utiliza en la provincia es el petróleo, principalmente para las actividades de transporte, según lo informado por la Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI, 2019). Dentro de esta provincia destaca también las entidades del sector azucarero, siendo una de ellas la División de Talleres Holguín, con altos consumos energéticos, sobre todo electricidad; para prestar servicios técnicos a la mecanización, que garanticen el cumplimiento eficiente de los planes de producción de este sector.

1.3. La gestión energética. Aspectos generales

La energía es indispensable para el desarrollo de los sectores económicos o productivos, por lo tanto, resulta importante que dichos sectores establezcan actuaciones para lograr un ahorro energético significativo y una mejora de la eficiencia energética, sin afectar sus actividades, lo cual se traduciría en beneficios económicos, menores impactos ambientales y un uso eficiente y sostenible de los recursos (Guerra, 2017).

La gestión se extiende a todas las actividades que repercuten en los resultados de una organización. Todos los sistemas de gestión se basan en modelos o normas que permiten a las organizaciones identificar las fortalezas y debilidades, evaluarse frente a otros modelos genéricos, mejorar continuamente y obtener un reconocimiento externo.

El término gestión energética, es muy manejado dentro del sector empresarial, presenta un uso muy extendido en el lenguaje cotidiano.

Varios autores e instituciones responden a esta interrogante desde diferentes puntos de vista. A continuación se presentan las definiciones dadas por algunos de ellos que ilustran la definición:

Según Borroto y Monteagudo (2006), la gestión energética, como subsistema de la gestión empresarial abarca, en particular: “Las actividades de administración y aseguramiento de la función gerencial que le confieren a la entidad la aptitud para satisfacer eficientemente sus necesidades energéticas” (p. 30).

Según la NC-ISO 50001: (2011) un Sistema de Gestión Energética (SGE) comprende una serie de elementos relacionados y que interactúan entre sí e incluye una política y unos objetivos energéticos, así como los procesos y procedimientos para cumplir dichos objetivos.

Para Acosta (2011), una buena gestión energética: “Permite disminuir el consumo de energía de manera estructurada y sistemática, disminuye el impacto de su organización sobre el medio ambiente y, a menudo, aumenta el confort y la productividad en el caso del sector industrial” (p.18).

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) (2015), precisa la gestión de la energía como: “Serie de acciones organizativas, técnicas y acciones, económicamente viables, tendientes a mejorar los resultados energéticos de las organizaciones” (p.3).

Lápido (2013), define la gestión energética como: “Conjunto de requerimientos interrelacionadas entre sí para lograr la mejora sostenida e interrumpida del mejoramiento energético a través de los resultados de acciones implementadas en todo el sistema” (p.21).

Finalmente, la gestión energética es la suma de medidas planificadas y llevadas a cabo para conseguir el objetivo de utilizar la mínima cantidad posible de energía mientras se mantienen los niveles de confort (en oficinas y edificios) y los niveles de producción (en fábricas). Es, por tanto, un procedimiento organizado de previsión y control del consumo de energía, que tiene como fin obtener el mayor rendimiento energético posible sin disminuir el nivel de prestaciones obtenidas (BP, 2020).

Aunque el autor opina que la definición de gestión energética no es absoluta y esta es sólo una pequeña muestra de autores consultados al respecto, se puede apreciar coincidencias en cuanto al aspecto siguiente: Implica un conjunto de requerimientos o acciones destinadas a mejorar los resultados energéticos de las organizaciones.

Independientemente que pudieran referirse otros aspectos más específicos, se considera que en estos se recoge la esencia de este concepto y deben ser los referentes fundamentales en cualquier investigación que se realice con este fin.

La gestión energética beneficia a la empresa, contribuyendo a garantizar la calidad de los productos, reduciendo costos de producción y elevando su competitividad; al país, aplazando los requerimientos de financiamiento para la infraestructura energética, promoviendo nuevas tecnologías y la modernización del sector empresarial, reduciendo la importación de bienes de capital para el desarrollo energético; conservando recursos para las futuras generaciones, disminuir las emisiones contaminantes al medio ambiente y contribuyendo a la formación de una cultura energética y ambiental (Borroto, 2005, citado en Hernández, 2019).

❖ Surgimiento de los Sistemas de Gestión Energética

Los sistemas de gestión energética han demostrado su éxito como una metodología para mejorar los resultados energéticos de las empresas, independientemente de su tamaño o actividad. Dado que los gastos asociados al uso de la energía representan una parte importante de los costos operativos de las empresas, resulta evidente que una reducción en los mismos contribuye de forma importante a su competitividad (Rosas, 2018).

La implementación de un sistema de gestión de la energía no es un objetivo en sí mismo. Lo que importa son los resultados del sistema:

La mejora en el comportamiento energético gracias a la atención cotidiana al factor energía. El funcionamiento del sistema de gestión de la energía depende de la voluntad de la organización para gestionar el uso y los costos de la energía, y para hacer los cambios necesarios en sus operaciones cotidianas para facilitar estas mejoras y así reducir costos. (ONUDI, 2015, p. 4)

El surgimiento y evolución de los SGE, tal como se expresa en la (tabla 1.1), es parte del proceso que en el ámbito internacional se da a partir de la década de los 70's, la cual se caracterizó por una crisis de los energéticos, de tal forma que los SGE surgen como una herramienta esencial que ha impulsado el actuar energético a nivel mundial.

Tabla 1.1. Antecedentes del sistema de gestión de la energía

1970	Crisis del petróleo. Gestión de la producción y compra de energía, servicios energéticos y conservación de la energía.
1988	Las industrias comienzan a desarrollar programas de eficiencia energética.
1990	Australia: AS 3595. Programas de Gestión Energética – Guía para evaluación financiera de proyectos.
1992	Australia: AS 3596. Programas de Gestión Energética – Guía para definición y análisis de ahorro de energía y costos.
1995	USA: ANSI 739. IEEE Recomendación práctica para la Gestión Energética en instalaciones industriales y comerciales; Canadá: Plus 1140. Guía para la gestión energética voluntaria; China: GB/T 15587. Guía para la gestión energética en las empresas industriales.
2000	USA: ANSI/MSE 2000: 2000. Energy Management Standard.
2001	Dinamarca: DS 2403: 2001. Sistemas de gestión energética.
2003	Suecia: SS 627750: 2003. Energy Management Systems-Specification
2005	Irlanda: I.S. 393: 2005; Holanda: Sistema de Gestión Energética
2007	España: UNE 216301: 2007; Corea del sur: KSA 4000: 2007; Alemania: Gestión energética.
2009	Sudáfrica: SANS 879: 2009; China: GB/T 23331: 2009; Europa: EN 16001: 2009. Sistemas de Gestión de la Energía.
2011	Norma ISO 50001: 2011. Sistema de Gestión de la Energía.
2018	Norma ISO 50001: 2018. Sistemas de Gestión de la Energía —Requisitos con orientación para su uso.

Fuente: Manual para la implementación de un sistema de gestión de energía (2018).

La aplicación de un sistema de gestión energética, al igual que de otros sistemas de gestión, requiere de una guía, una norma que estandarice lo que hay que hacer para implementarlo, mantenerlo y mejorarlo continuamente, con la menor inversión de recursos, en el menor tiempo y la mayor efectividad.

Como se observa en la (tabla 1.1) varios países han proporcionado en distintas regulaciones los incentivos adecuados para que los diversos agentes adopten la eficiencia energética como un recurso más. Es así como en el año (2008) la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), identificó la necesidad de elaborar una Norma Internacional para los sistemas de gestión energética. Cuarenta y dos países miembros de la ISO participaron en su confección, y otros 10 países en calidad de observadores. Surgiendo de este modo la norma ISO 50001: (2011) Sistema de Gestión de la Energía. Requerimientos para su uso. Esta norma proporciona beneficios medibles a organizaciones públicas y privadas de todo el mundo, y numerosos expertos coinciden en que influirá enormemente en el uso mundial de la energía y acabará beneficiando al conjunto de la sociedad.

Se basa en los elementos comunes que se encuentran en todas las normas ISO sobre gestión de sistemas, asegurando un alto nivel de compatibilidad con la norma ISO 9001 (gestión de calidad) e ISO 14001 (gestión ambiental).

Es una norma apoyada en el concepto de "Mejora Continua", basada en el ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar.

Planificar: análisis de la situación de partida, definición de indicadores, objetivos y planes de acción.

Hacer: implementación de los planes de acción.

Verificar: monitorizar los procesos, medición de resultados, documentación.

Actuar: medidas para mejorar el SGE y el rendimiento energético.

En el 2018 fue publicada la segunda edición (ISO 50001: 2018) que anula y sustituye a la primera edición (ISO 50001:2011), aunque persigue el mismo objetivo; ha sido revisada técnicamente para lograr la unificación de la terminología en lengua española en el ámbito de la gestión de la energía.

❖ Errores y barreras que se oponen al éxito de la gestión energética

La gestión energética como conjunto de acciones dirigidas a lograr cambios significativos y positivos en los resultados energéticos de una entidad, resulta en ocasiones un proceso complejo de materializar, debido a la armonía que debe

prevalecer con todos sus actores; cuestión que con regularidad provoca que los resultados no sean vistos de inmediato.

Además de esto también, como subraya Borroto y Monteagudo (2006), influyen ciertos errores que se cometen en la implementación de la gestión energética, entre los que se destacan los siguientes:

- Se atacan los efectos y no las causas de los problemas.
- Los esfuerzos son aislados, no hay mejora integral en todo el sistema.
- Se descuidan los puntos vitales.
- Los potenciales de ahorro se detectan y cuantifican incorrectamente.
- Se consideran las soluciones como definitivas.

Sin embargo, aunque la gestión energética es beneficiosa para todos los sectores económicos, en la práctica no es ampliamente utilizada, esto debido a que existen factores que obstaculizan su operacionalización, dichos factores son conocidos como barreras.

Barreras que se oponen al éxito de la gestión energética:

- Las personas idóneas para asumir determinada función en su implementación, se excusan por estar sobrecargadas.
- Los administrativos no ofrecen tiempo a sus subordinados para esta tarea.
- El líder del programa no tiene tiempo, no logra apoyo o tiene otras prioridades.
- La dirección no reconoce el esfuerzo del equipo de trabajo y no ofrece refuerzos positivos.
- La dirección no es paciente y juzga el trabajo solo por los resultados inmediatos.
- Falta de comunicación con los niveles de toma de decisiones.

❖ Beneficios que ofrece la gestión de la energía

En la actualidad existen administrativos que se muestran reacios a prestar atención a la gestión de la energía o a invertir en medidas para mejorar la eficiencia energética. Sin embargo, hay buenos ejemplos que demuestran que un enfoque sistemático de

gestión energético es compatible con las prioridades de las empresas. Esto se aplica a organizaciones de todos los tamaños, tanto del sector estatal como del privado, teniendo en cuenta los grandes beneficios que aporta a las entidades y al medio ambiente.

El enfoque sistemático de gestión de la energía para la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (2015), ofrece los siguientes beneficios:

Beneficios directos:

- Ahorro en costos energéticos.
- Favorece el cuidado y protección del medio ambiente.
- Reduce la exposición a las variaciones en el precio de la energía.
- Tributa seguridad en el suministro gracias a la menor dependencia de los combustibles importados.
- Beneficia la conciencia energética por parte del personal y su participación.
- Contribuye al conocimiento del uso y del consumo de la energía, y de las oportunidades de mejora.

Beneficios indirectos:

- Publicidad positiva.
- Mejora de la imagen corporativa.
- Mejora de la eficiencia operacional.
- Mejora de las prácticas de mantenimiento.
- Mejora de la seguridad y la salud.

❖ Etapas para el mejoramiento de la gestión energética

Lo más importante para lograr la eficiencia energética en una empresa, además de que exista un plan de ahorro de energía, es contar con una correcta gestión energética que garantice que ese plan sea renovado cada vez que sea necesario, que involucre a todos, que eleve cada vez más la capacidad de los trabajadores y directivos para generar y alcanzar nuevas metas en este campo, que desarrolle

nuevos hábitos de producción y consumo en función de la eficiencia, que consolide los hábitos de control y autocontrol, y en general, que integre las acciones al proceso productivo o de servicios que se realiza (Borroto & Monteagudo, 2006).

En general, en toda gestión o administración de energía se pueden identificar tres etapas fundamentales:

- Análisis preliminar de los consumos energéticos.
- Formulación de un programa de ahorro y uso racional de la energía.
- Establecimiento de un sistema de monitoreo y control energético.

La primera etapa tiene como objetivo esencial conocer si la empresa efectivamente se verá significativamente beneficiada al mejorar la gestión energética que le permita abatir costos por sus consumos de energía, alcanzar una mayor protección ante los problemas de suministro de la energía, reducir el impacto ambiental, mejorar la calidad de sus productos o servicios, y de esta forma elevar su competitividad.

El análisis preliminar abarca la información de las fuentes y consumos de portadores energéticos, del proceso productivo, distribución general de costos, indicadores globales de eficiencia y productividad. El mismo permite establecer la línea base, conduce a conocer el comportamiento y significación de los costos de las funciones o servicios energéticos, a la caracterización del comportamiento energético de la empresa y sus tendencias en los últimos años, a la identificación de las áreas claves y de las principales oportunidades de ahorro, a partir de un profundo diagnóstico energético.

La segunda etapa consiste en la elaboración de un plan de medidas, para darle repuesta a las irregularidades que se deriven de la primera etapa, estas medidas pueden ser de carácter organizativas, de mantenimiento o que requieran inversiones.

La tercera etapa persigue elevar al máximo el nivel de efectividad de cualquier proceso. Para que exista la acción de control debe existir un estándar (objetivo a lograr), una medición del resultado, herramientas que permitan comparar los resultados con el estándar e identificar las causas de sus desviaciones, y variables de control, sobre las cuales actuar para acercar el resultado al estándar.

El control de cualquier proceso es una necesidad real, ya que el medio en que se desarrollan los procesos es dinámico y provoca desviaciones que deben ser corregidas.

También la acción del hombre que actúa sobre el proceso es imperfecta y los equipos que componen el proceso fallan o se deterioran en el tiempo. El control permite identificar todas las desviaciones y corregir las que sean posibles, señalando cuándo se hace necesario efectuar una mejora general en el proceso.

1.4. Tecnología de gestión total eficiente de la energía (TGTEE)

La gestión energética en las empresas es una temática discutida por diversos autores, tal como se relacionó en la introducción de la tesis, particularmente desde lo empírico con metodologías o procedimientos, proponiéndose métodos, herramientas e instrumentos para la gestión de la energía en diferentes sistemas empresariales y otras de carácter más general.

No obstante el autor de esta investigación considera aplicar las herramientas presentadas por Borroto y Monteagudo (2006), como parte de la tecnología propuesta por estos; pues esta tecnología demuestra su efectividad para crear en las empresas capacidades permanentes en la administración eficiente de la energía, alcanza significativos impactos económicos, sociales y ambientales, así como contribuye a la creación de una cultura energético – ambiental. Por esta razón fundamental se exponen aspectos esenciales de la Tecnología de gestión total eficiente de la energía.

La TGTEE consiste en un paquete de procedimientos, herramientas técnico-organizativas, que aplicado de forma seguida y con la filosofía de la gestión total de la calidad, permite establecer nuevos hábitos de dirección, control, diagnóstico y uso de la energía, para aprovechar todas las oportunidades de ahorro, conservación y reducción de los costos energéticos en una empresa.

Su objetivo no es sólo diagnosticar y dejar un plan de medidas, también beneficia las capacidades técnico-organizativas de la empresa, de forma tal que esta sea capaz de desarrollar un proceso de mejora continua de la eficiencia energética. Su implantación se realiza mediante un ciclo de capacitación, prueba de la necesidad,

diagnóstico energético, estudio socio - ambiental, diseño del plan, organización de los recursos humanos, aplicación de acciones y medidas, supervisión, control, consolidación y evaluación, en una estrecha coordinación con la dirección de la institución.

De forma general la TGTEE realiza las siguientes acciones:

- Capacita al consejo de dirección y especialistas en el uso de la energía
- Establece un nuevo sistema de evaluación y control del manejo de la energía.
- Identifica las oportunidades de conservación y uso de la energía en la empresa.
- Organiza y capacita a los trabajadores vinculados al consumo energético en hábitos de uso eficientes.
- Establece un programa efectivo de concientización y motivación de los recursos humanos de la empresa hacia la eficiencia energética.
- Establece las herramientas necesarias para el desarrollo y perfeccionamiento continuo de la Tecnología.

La Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía permite, a diferencia de las medidas aisladas, abordar el problema en su máxima profundidad, con concepto de sistema, de forma ininterrumpida y creando una cultura técnica que permite el autodesarrollo de la competencia alcanzada por la institución y sus recursos humanos.

- ❖ Herramientas para establecer la tecnología de gestión total eficiente de la energía, presentadas por Borroto y Monteagudo (2006).

La selección de las herramientas de trabajo para abordar un determinado problema de mejora puede ser determinante en el éxito de su solución, por ello hay que prestar especial cuidado en esto para no invertir tiempo y recursos en obtener resultados erróneos por mala selección o utilización de las herramientas.

- Diagramas de Pareto

Los diagramas de Pareto son gráficos especializados de barras que presentan la información en orden descendente, desde la categoría mayor a la más pequeña en unidades y en por ciento.

Los porcentajes agregados de cada barra se conectan por una línea para mostrar la suma incremental de cada categoría respecto al total.

El diagrama de Pareto es muy útil para aplicar la Ley de Pareto o Ley 80 – 20, que identifica el (20%) de las causas que provoca el (80%) de los efectos de cualquier fenómeno estudiado.

Utilidad del Diagrama de Pareto:

- Identificar y concentrar los esfuerzos en los puntos clave de un problema o fenómeno como puede ser: los mayores consumidores de energía de la fábrica, las mayores pérdidas energéticas o los mayores costos energéticos.
- Predecir la efectividad de una mejora al conocer la influencia de la disminución de un efecto al reducir la barra de la causa principal que lo produce.
- Determinar la efectividad de una mejora comparando los diagramas de Pareto anterior y posterior a la mejora.

Estratificación:

Cuando se investiga la causa de un efecto, una vez identificada la causa general aplicando el diagrama de Pareto, es necesario encontrar la causa particular del efecto, aplicando sucesivamente Pareto a estratos más profundos de la causa general.

La estratificación es el método de agrupar datos asociados por puntos o características comunes pasando de lo general a lo particular.

- Gráfico de control

Los gráficos de control son diagramas lineales que permiten observar el comportamiento de una variable en función de ciertos límites establecidos. Se usan como instrumento de autocontrol y resultan muy útiles como complemento a los diagramas causa y efecto, para detectar en cuales fases del proceso analizado se producen las alteraciones. Su importancia consiste en que la mayor parte de los procesos productivos tienen un comportamiento denominado normal, es decir existe un valor medio (M) del parámetro de salida muy probable de obtener, y a medida

que nos alejamos de este valor medio la probabilidad de aparición de otros valores de este parámetro cae bruscamente, si no aparecen causas externas que alteren el proceso, hasta hacerse prácticamente cero para desviaciones superiores a tres veces la desviación estándar (3σ) del valor medio.

Utilidad de los gráficos de Control.

- Conocer si las variables evaluadas están bajo control o no.
- Conocer los límites en que se puede considerar la variable bajo control.
- Identificar los comportamientos que requieren explicación e identificar las causas no aleatorias que influyen en el comportamiento de los consumos.
- Gráfico de Energía - Producción en el tiempo (E – P vs. T)

Consiste en mostrar la variación simultánea del consumo energético con la producción realizada en el tiempo. El gráfico se realiza por meses. Es útil porque se muestran los períodos en que se producen comportamientos anormales de la variación del consumo energético con respecto a la variación de la producción y permiten identificar causas o factores que producen variaciones significativas de los consumos.

- Diagramas de dispersión y correlación (E vs. P)

Es un gráfico que muestra la relación entre dos parámetros. Su objetivo es mostrar en un gráfico x, y si existe correlación entre dos variables, y en caso de que exista, qué carácter tiene esta.

Utilidad de los Diagramas E vs. P:

- Determinar en qué medida la variación de los consumos energéticos se deben a variaciones de la producción.
- Mostrar si los componentes de un indicador de consumo de energía están correlacionados entre sí, y por tanto, si el indicador es válido o no.
- Determinar la influencia de factores productivos de la empresa sobre los consumos energéticos y establecer variables de control.

- Determinar cuantitativamente el valor de la energía no asociada a la producción.
- Gráfico de índice de consumo – producción (IC vs. P)

El gráfico IC vs. P es muy útil para establecer sistemas de gestión energética, y estandarizar procesos productivos a niveles de eficiencia energética superiores.

Este diagrama se realiza después de haber obtenido el gráfico E vs. P y la ecuación correspondiente, con un nivel de correlación significativo.

1.5. Diagnóstico o auditoría energética

El ahorro de la energía en todas sus manifestaciones, en los últimos años ha jugado un papel de suma importancia dentro del desarrollo de la humanidad. Sin embargo, en Cuba los índices energéticos (producción entre unidad de energía), siguen siendo altos comparados contra los respectivos valores de los países altamente industrializados, el mejorar estos índices depende de aprovechar al máximo la energía que se requiere en los procesos de producción. Probablemente la parte de mayor relevancia para el ahorro de energía sea el diagnóstico energético, puesto que de la certeza y atención en que sea desarrollado dependerá en gran medida el éxito de las acciones que posteriormente sean emprendidas.

El diagnóstico o auditoría energética es definida por Borroto y Monteagudo (2006), como:

Una etapa 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. (p.12).

La auditoría permite además de diagnosticar la situación energética de los diferentes equipos de una instalación, averiguar cómo se compra y utiliza la energía, dónde se utiliza y con qué eficacia. Los objetivos del diagnóstico energético son:

- Evaluar cuantitativamente y cualitativamente el consumo de energía.
- Determinar la eficiencia energética, pérdidas y despilfarros de energía en equipos y procesos.

- Identificar potenciales de ahorro energético y económico.
- Establecer indicadores energéticos de control y estrategias de operación y mantenimiento.
- Definir posibles medidas y proyectos para ahorrar energía y reducir costos energéticos, evaluados técnica y económicamente.

De acuerdo con la profundidad y alcance del diagnóstico energético se acostumbra a clasificarlo en diferentes grados o niveles. Hay autores que señalan dos niveles, otros tres, e incluso algunos especifican cuatro niveles.

El autor consideró analizar los tres tipos de diagnósticos referidos por Borroto y Monteagudo (2006), para identificar y conocer cual utilizar en la realización de la investigación:

Diagnóstico Energético Preliminar:

También llamado diagnóstico de recorrido. Consiste en una inspección visual de las instalaciones energéticas de la entidad, en la observación de parámetros de operación, en el análisis de los registros de operación y mantenimiento, así como de la información estadística global de consumos y facturaciones por concepto de electricidad, combustibles y agua.

De este tipo de diagnóstico se derivan medidas de ahorro o de incremento de eficiencia energética de aplicación inmediata y con inversiones marginales, y se obtiene una idea preliminar sobre otras posibles medidas de ahorro. Comprende la realización de una visita de uno o dos días a la instalación y la elaboración y entrega de un informe breve dentro de un término aproximado de una semana.

Diagnóstico Energético de Nivel uno (DEN uno):

Consiste esencialmente en una recolección de información y su análisis, identifica las fuentes de posible mejoramiento en el uso de la energía. Se centra en el análisis de los equipos y sistemas de conversión primaria y distribución de energía, los equipos auxiliares, sin abarcar los procesos tecnológicos. Principalmente sistemas tales como generación y distribución de vapor, generación y suministro de electricidad, sistemas de refrigeración, aire acondicionado, agua, aire comprimido, iluminación, etc.

Un diagnóstico energético de nivel uno puede realizarse en un término aproximado de tres a seis semanas, dependiendo de las características de la instalación y del alcance del diagnóstico y los recursos disponibles, incluyendo una visita inicial (un día), el trabajo de campo (una a dos semanas), el trabajo de gabinete (dos a tres semanas) y la elaboración y presentación del informe final (una o dos semanas).

Diagnóstico Energético de Nivel dos (DEN dos):

Este tipo de diagnóstico abarca todos los sistemas energéticos, tanto equipos de distribución primaria y distribución como los del proceso tecnológico. Incluye además, los aspectos de mantenimiento y control automático relacionados con el ahorro y uso eficiente de la energía.

El DEN dos puede ser la continuación, una etapa subsiguiente de un DEN uno, aunque no necesariamente, ya que se puede plantear un DEN dos, el que por supuesto incluiría todo lo referente al DEN uno. El periodo para la realización de un diagnóstico de nivel dos puede extenderse hasta 12 a 15 semanas.

Teniendo en cuenta las particularidades y profundidad de cada uno de los tipos de diagnósticos planteados, finalmente el autor considera oportuno, aplicar el diagnóstico energético de nivel uno, agregando en este el análisis al proceso tecnológico que se lleva a cabo en la División de Talleres Holguín, perteneciente a la Empresa Exportadora de la Agroindustria Azucarera; debido este nos permite identificar los orígenes de posibles mejoras en el uso de la energía y así cumplir con el objetivo general de la investigación.

Para la realización del diagnóstico energético se aplicó una lista de chequeo (Anexo 2), la cual fue elaborada por el autor a partir de la Resolución No. 152 de (2018) del Ministerio de Energía y Minas: Manual de Inspección a los Portadores Energéticos; cuyo objetivo es contribuir al uso racional y control de los portadores energéticos en el territorio nacional.

1.6. Corrección del factor de potencia

En toda y cualquier instalación industrial, comercial o residencial, todos los equipamientos consumen algún tipo de energía para realizar trabajo, siendo que la

potencia es la grandeza que determina la cantidad de energía concedida por una fuente a cada unidad de tiempo (Payé, 2020).

En los sistemas eléctricos la energía suministrada por una determinada fuente puede ser dividida en:

- Potencia Activa (P): es la potencia que efectivamente realiza trabajo generando calor, luz, movimiento, etc. Es medida en kW.
- Potencia Reactiva (Q): es la potencia usada apenas para crear y mantener los campos electromagnéticos de las cargas inductivas. Es medida en kVAr.
- Potencia Aparente (S): es la suma vectorial de la potencia activa y la potencia reactiva representando la potencia total entregada por la fuente de energía (generador eléctrico, concesionaria, etc.) o la potencia total consumida por una carga/sistema. Es medida en kVA.

Según (WEG, 2015) la relación entre la Potencia Activa y la Potencia Aparente puede ser usada para indicar la “eficiencia” de la utilización de la energía en un sistema eléctrico y es definida como factor de potencia (FP).

Un alto factor de potencia indica una alta eficiencia o un mejor aprovechamiento del uso de la energía, en cambio un bajo FP indica una baja eficiencia o un mal aprovechamiento energético.

El FP medido durante un período, se puede calcular a partir de las lecturas de los medidores de energía activa (kWh) y reactiva (kVAr) mediante la siguiente ecuación:

$$fp = \cos \phi = \frac{kWh}{\sqrt{kWh^2 + kvarh^2}} \quad (1.1)$$

Las cargas generalmente inductivas son el origen de un bajo FP, debido al desfase de la corriente con relación a la tensión. Las instalaciones eléctricas que operan con un bajo FP menor a 0,9 afectan a la red, tanto en alta tensión como en baja tensión, además a medida que el FP disminuye se pueden observar las siguientes consecuencias, según (WEG, 2015).

- Consecuencias y causas de un bajo factor de potencia

Pérdidas en la instalación:

Las pérdidas de energía eléctrica ocurren en forma de calor y son proporcionales al cuadrado de la corriente total ($I^2 \cdot R$), donde I es la corriente por fase (A) y R la resistencia por fase (Ω) de los equipos. Como esa corriente crece con el exceso de energía reactiva, se establece una relación entre el incremento de las pérdidas y el bajo factor de potencia, provocando aumento del calentamiento en conductores y equipamientos.

Caídas de tensión:

El acrecido de corriente debido el exceso de potencia reactiva resulta en caídas de tensión, y pueden eventualmente causar la interrupción de suministro de la fuente de energía y sobrecargas en algunos aparatos. Sobre todo, este riesgo es acrecido durante periodos donde la línea de potencia es altamente requerida. Las caídas de tensión pueden también causar una reducción de la intensidad luminosa de lámparas y aumentar la corriente en motores eléctricos.

Baja utilización de la capacidad instalada:

La energía reactiva, al sobrecargar una instalación eléctrica, inviabiliza su plena utilización, condicionando la instalación de nuevas cargas a inversiones que serían evitadas si el factor de potencia presentase valores más altos. El “espacio” ocupado por la energía reactiva podrá ser entonces utilizado para el atendimento de nuevas cargas.

- Corrección del factor de potencia en baja tensión, con la aplicación de medios compensadores.

La corrección puede ser realizada instalando los capacitores de cuatro maneras diferentes, teniendo como objetivos la conservación de energía y la relación costo/beneficio (WEG, 2015).

a) Corrección en la entrada de la energía de baja tensión: permite una corrección bastante significativa, normalmente con bancos automáticos de capacitores. Se emplea este tipo de corrección en instalaciones eléctricas con elevado número de

cargas, con potencias diferentes y regímenes de utilización poco uniformes. La principal desventaja consiste en no existir alivio sensible de los alimentadores de cada equipamiento.

b) Corrección por grupos de cargas: el capacitor es instalado para corregir un sector o un conjunto de pequeñas máquinas. Es instalado junto al cuadro de distribución que alimenta esos equipamientos. Tiene como desventaja no disminuir la corriente en los circuitos de alimentación de cada equipamiento.

c) Corrección localizada: es obtenida instalando los capacitores junto al equipamiento al que se desea corregir el factor de potencia. Este tipo de corrección del FP representa, desde el punto de vista técnico, la mejor solución, presentando las siguientes ventajas:

- Reduce las pérdidas energéticas en toda la instalación.
- Disminuye la carga en los circuitos de alimentación de los equipamientos.
- Se puede utilizar en sistema único de accionamiento para la carga y el condensador, economizando así un equipamiento de maniobra para bajas potencias.
- Genera potencia reactiva solamente donde es necesario.

d) Corrección mixta: desde el punto de vista “Conservación de Energía”, considerando aspectos técnicos, prácticos y financieros, se torna la mejor solución.

- Cálculo de la potencia reactiva necesaria para corregir el factor de potencia

De acuerdo a Viego *et al.* (2002) la capacidad de potencia reactiva a instalar en una entidad, con el fin de mejorar el factor de potencia, se puede calcular principalmente por dos métodos:

a) A partir de la factura eléctrica:

Cuando la carga que se va a compensar no presenta variaciones importantes durante la jornada de trabajo, el cálculo de la potencia reactiva de los capacitores a instalar (ckVAR) puede realizarse a partir de la factura eléctrica. Para esto se escoge

el mes donde el reporte de energía reactiva sea más elevado y se toman los valores de kWh y kVArh facturados. Se determina el factor de potencia promedio existente en la instalación, al que se le denominará $\cos\phi_1$. La potencia reactiva necesaria de los capacitores, para corregirlo a un nuevo valor de $\cos\phi_2$, se puede calcular aplicando directamente la siguiente expresión derivada de las relaciones del triángulo representativo de la potencia aparente, activa y reactiva:

$$Q_c = P \cdot (\tan(\cos^{-1}(fp_1)) - \tan(\cos^{-1}(fp_2))) \quad (1.2)$$

Donde:

- Q_c : Potencia reactiva del capacitor, (ckVAr).
- P : Potencia activa consumida por la carga, (kW).
- fp_1 : Factor de potencia inicial.
- fp_2 : Factor de potencia deseado

b) A partir de mediciones en condiciones de demanda máxima:

Si la carga presenta cambios significativos, puede emplearse tanto el factor de potencia, como la potencia en condiciones de demanda máxima, empleando, de la misma forma, la ecuación anterior.

1.7. Conclusiones del capítulo 1

1. Los referentes teóricos abordados sobre la gestión energética demuestran que la energía es un recurso que se puede gestionar mediante un proceso de mejora continua. Al hacerlo, se obtienen múltiples beneficios, entre los que destacan la reducción de costos y el incremento de la eficiencia energética.
2. La gestión energética ocupa a la mayoría de los países y empresarios. En Cuba especialmente, es parte de la política del estado, como uno de los Lineamientos del Partido y cuenta además con basamentos legales, donde se dictan los requerimientos para su implementación en el sector estatal.
3. Del análisis de los elementos teóricos y prácticos se deduce que la temática de la gestión energética constituye una problemática actual para el país y la División Talleres Holguín.

CAPÍTULO 2. CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA EN LA DIVISIÓN DE TALLERES HOLGUÍN

2.1. Introducción

En este capítulo se trata el comportamiento de los portadores energéticos, así como el desarrollo de las herramientas utilizadas para la caracterización energética de la entidad. Además se realiza un trabajo de campo, consistente en la recogida de información sobre el comportamiento del consumo de energía eléctrica mediante la evaluación de un diagnóstico energético, para determinar los elementos que distinguen la gestión energética en el centro; así como detectar las fuentes y niveles de pérdidas.

2.2. Aplicación del procedimiento

Para el desarrollo de la investigación se escogió, luego de un estudio de los procedimientos y herramientas de gestión encontradas en las fuentes bibliográficas consultadas, el procedimiento utilizado por Torres y Acosta (2013), (Anexo 3) el cual establece (cinco Fases y 10 Pasos), en este capítulo se desarrollaron las dos primeras Fases y los primeros cinco Pasos, los demás se describen en el capítulo 3.

Para efectuar las evaluaciones de los consumos energéticos en las diferentes áreas de la entidad se emplearon los elementos y herramientas de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía, desarrollados en el epígrafe 1.4.

FASE I. INTRODUCCIÓN

Paso 1. Caracterización de la entidad

❖ Caracterización general del centro

La División de Talleres Holguín, se ubica en calle 14 No. 2 e/ Avenida Cristino Naranjo y Final, Reparto Ciudad Jardín, Municipio y Provincia de Holguín. Fue construida en el año (1964) por la extinta Empresa de Cosecha y Transporte de Holguín. En el año (2010), producto a la aplicación del reordenamiento económico iniciado en el país, se decide, fusionar esta entidad con la Brigada de Obras Ingenieras del Grupo de la Construcción del extinto MINAZ. A partir del (2015) pasaron a la Empresa Exportadora de la Agroindustria Azucarera (AZUTECNIA),

perteneciente al Grupo Empresarial AZCUBA. Está compuesta por siete talleres (maquinado, pailería, planta de motores, tractores, máquinas herramientas, agregados menores y taller de mallas), un almacén, un área destinada a las oficinas administrativas y otros pequeños locales. Según el objeto social para la que ha sido creada, realiza las siguientes actividades, según lo contenido en la Resolución No. 277 de (2020) del Ministerio de Economía y Planificación:

- Prestar servicios de reparación y mantenimiento a los equipos de transporte automotor y agrícola.
- Brindar servicios de construcción, reconstrucción, rehabilitación, reparación y mantenimiento a los sistemas de riego y drenaje.

Misión:

Prestar servicios técnicos a la mecanización, las comunicaciones y el riego, en la ejecución de obras ingenieras, asesorías técnicas y capacitación, reparación de equipos motores, conjuntos partes y piezas a los productores. Que garanticen el cumplimiento eficiente de los planes de producción de caña, azúcar y sus derivados.

Visión:

Entidad en proceso continuo de perfeccionamiento, desarrollando su economía a la par del mundo moderno, creciendo en el mercado a través del incremento y especialización de sus servicios a los clientes empleando avances tecnológicos y estableciendo un alto bienestar y satisfacción de nuestros trabajadores y la protección del medio ambiente.

Política de calidad:

Implementar, mantener y mejorar continuamente un sistema de gestión basado en las normas vigentes, con el propósito de realizar servicios con calidad sin afectar el medio ambiente.

En correspondencia la alta dirección se compromete a:

- Satisfacer las necesidades de los clientes con servicios de prestigio por su calidad y eficiencia.

- Cumplir con los requisitos legales aplicables y otros suscritos por la organización.
- Asegurar los recursos financieros, materiales y humanos necesarios y disponer de un personal competente y capacitado para su empeño laboral.
- Prevenir la contaminación y proteger al medio ambiente minimizando, controlando y/o eliminando los impactos ambientales relacionados con nuestras actividades y servicios.

❖ Caracterización energética de la instalación

La instalación por sus años de construida está marcada por poseer sus redes eléctricas, pizarras de distribución y equipamiento directo al proceso productivo con una tecnología antigua. Está compuesta por dos servicios eléctricos los cuales tributan a la misma producción; identificados por la Empresa Eléctrica de Holguín con los códigos clientes (193 y 194) respectivamente, siendo este último el de mayor consumo de electricidad.

El servicio 194 su alimentación eléctrica se realiza desde un banco trifásico, formado por tres transformadores monofásicos de 250 kVA cada uno, con los devanados secundarios formando una delta y una tensión de 480 V y el servicio 193 se alimenta por otro banco de tres transformadores monofásicos de 50 kVA cada uno, con igual conexión y una tensión de 220 V. En la pizarra general de distribución (PGD) existe un banco de capacitores de 110 ckVAr para el servicio eléctrico 194, el cual se encuentra inhabilitado hace más de tres años.

En el interior de la instalación se encuentran dos transformadores secos, distribuidos en diferentes talleres, para llevar los niveles de tensión a 110 V y 220 V, y así poder alimentar los equipos que lo requieran. Las lecturas del consumo eléctrico se realizan por baja tensión y la tarifa eléctrica aplicada es la (M1A), a razón de 20 horas o más diarias; aunque el centro trabaja en su mayoría un turno de trabajo, de ocho horas diarias y regularmente algunas horas extras en el horario nocturno, asociado al cumplimiento de los planes de producción y darle respuesta a situaciones puntuales a entidades las cuales se les prestan servicios.

Desde el punto de vista energético, además de poseer una gran cantidad de motores

eléctricos, cuenta con sistemas de iluminación, clima y refrigeración y bombeo de agua; la información presentada en la (tabla 2.1) ofrece más detalles.

Tabla 2.1. Uso de los portadores energéticos

No	Portador Energético	Uso
1	Electricidad	Iluminación, clima, refrigeración, equipos informáticos, máquinas herramientas, máquinas de soldar, bombeo de agua, otros.
2	Diésel	Transporte y prueba de motores de combustión interna.
3	Lubricantes	Transporte y prueba de motores de combustión interna.
4	Gasolina	Transporte.

- Flujograma del proceso productivo

Después de cumplir con el proceso de contratación entre la empresa que solicita el servicio (cliente) y la entidad que lo presta, el equipo o pieza a reparar es dirigido al Punto de Venta, exceptuando los implementos agrícolas, partes de las máquinas cosechadoras y otros, que por sus dimensiones se llevan directo para el taller; los motores de combustión interna de diésel, agregados menores y demás que son destinados al Punto de Venta, se les hace un defectado y mediante una orden de trabajo son enviados al taller que prestará el servicio.

Todos los talleres utilizan electricidad para el cumplimiento de su objeto social, en la planta de motores se emplea además de la energía eléctrica, agua, lubricantes y diésel, para la limpieza y prueba de los motores. En otros talleres como: maquinado, máquinas herramientas y agregados menores usan también el agua para la limpieza de piezas, según se muestra en la (figura 2.1). El agua utilizada y contaminada (residual industrial) es destinada a un depósito para este fin. Una vez terminado los trabajos y evaluados son almacenados en el Punto de Venta, o en el propio taller, según sea el caso, para la posterior recogida del cliente.

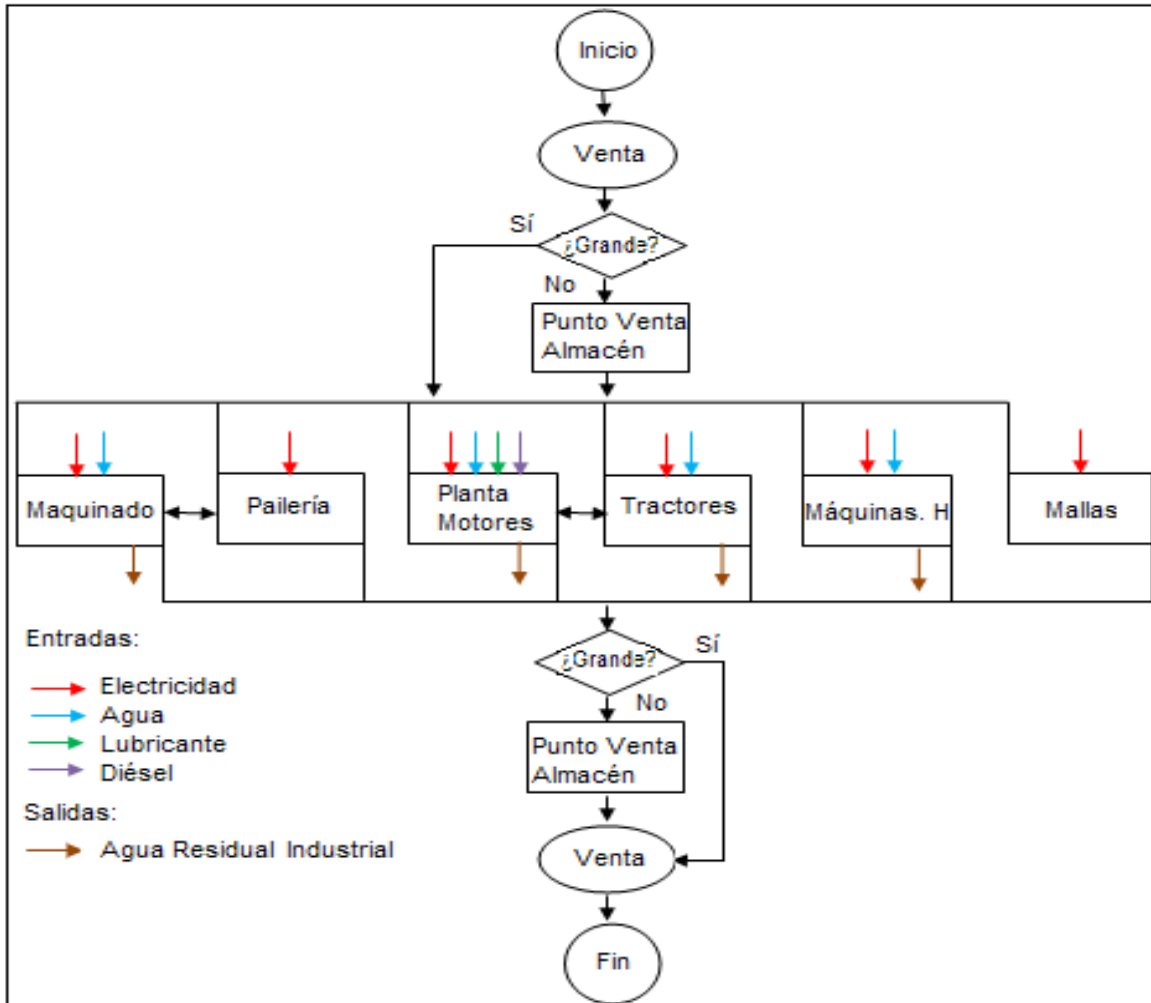


Figura 2.1. Diagrama energético - productivo

- Estructura general de gastos

Para el análisis de la estructura general de gastos (tabla 2.2) de la entidad, se tomó como referencia el año (2019), producto en este incidió en menor grado, que en el año (2020), los impactos negativos de la Covid-19.

Tabla 2.2. Estructura general de gastos

Año 2019	
Concepto	Miles de peso (MP)
Electricidad	94,9
Combustibles	14,55
Restantes	11 975,85
TOTALES	12 085,3

Los gastos en energéticos no son de las partidas con mayor peso en la estructura general de gastos de la empresa (figura 2.2), estos oscilan alrededor del uno por ciento. Sin embargo, representa una estrategia importante para mejorar la competitividad de la entidad trabajar en su reducción, tomando en consideración qué:

- La disminución de los costos energéticos favorece las utilidades de la entidad, beneficiando la formación del salario de los trabajadores.
- Los costos energéticos pueden aumentarse significativamente a partir del aumento de los precios del petróleo en el mercado mundial.
- Es una de las pocas partidas que está fundamentalmente en manos de la entidad la posibilidad de su reducción.

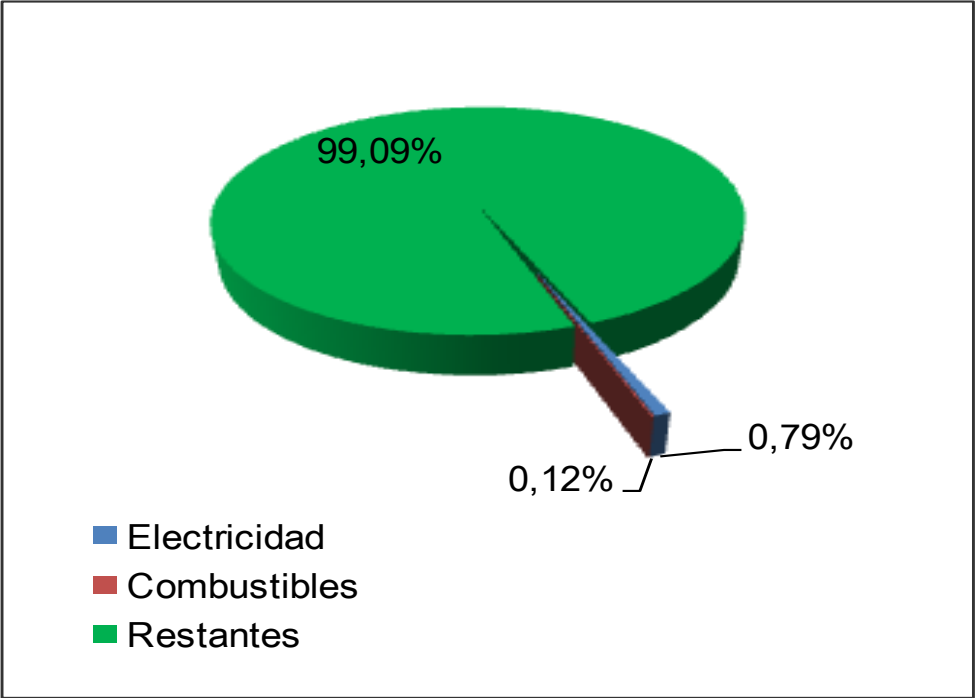


Figura 2.2. Estructura general de gastos año (2019)

Para el establecimiento de la estructura de consumo de los portadores energéticos se tomaron los valores de consumos anuales de (2019 y 2020) que se archivan en documentos oficiales de la entidad (tablas 2.3 y 2.4). Conjuntamente se confeccionó un diagrama de Pareto donde quedaron identificados los principales portadores, ordenados de mayor a menor según su consumo anual.

Tabla 2.3. Estructura de consumo año (2019)

Portadores 2019	Toneladas de combustible convencional (TCC)	%	% Acumulado
Electricidad	95,76	80,63	80,63
Diésel	11,87	10,00	90,63
Lubricantes	9,02	7,59	98,22
Gasolina	2,11	1,78	100,00
Total	118,77	100,00	

A partir de la información recopilada en la entidad se pudo realizar el Diagrama de Pareto (figura 2.3), el cual nos indica que el portador “Electricidad” representa más del (80%) del consumo total de portadores energéticos, por lo que recomienda prestar principal atención a éste, pues es el que más oportunidades de ahorro y mejora ofrece para aumentar la eficiencia energética.

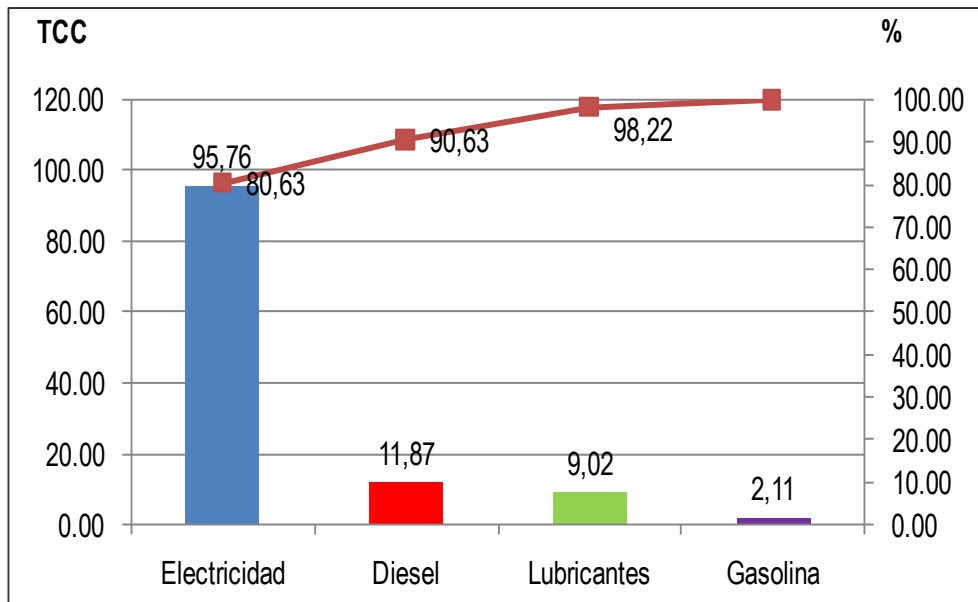


Figura 2.3. Diagrama de Pareto del consumo de los portadores energéticos (2019)

Toda esta información permite tomar las medidas pertinentes acerca de que portador debemos controlar en dependencia de los diferentes usos que se les dé en cada una de las áreas o los equipos. Los datos ofrecidos en la (tabla 2.4) muestra la estructura de consumo del año (2020), de los cuales se pudo elaborar el diagrama de Pareto que parece en la (figura 2.4).

Tabla 2.4. Estructura de consumo año (2020)

Portadores 2020	Toneladas de combustible convencional (TCC)	%	% Acumulado
Electricidad	83,60	81,31	81,31
Diésel	13,46	13,09	94,41
Lubricantes	3,69	3,59	97,99
Gasolina	2,06	2,01	100
Total	102,81	100	

Los resultados de la (figura 2.4) reflejan igualmente que para el año (2020) el portador “Electricidad” con un (81,31%) es el de mayor peso en la instalación y le siguen por ese orden el diésel, lubricantes y la gasolina al igual al año precedente; de forma general en este año hubo un menor consumo de portadores energéticos que en el año (2019). Al evaluar las gráficas (figuras 2.3 y 2.4) de Pareto se destaca sobremanera el portador energético “Electricidad”, siendo el de mayor peso en el consumo total de la entidad. Sirviendo estos resultados como punto de partida y corroborando que se debe hacer énfasis en este portador en lo adelante.

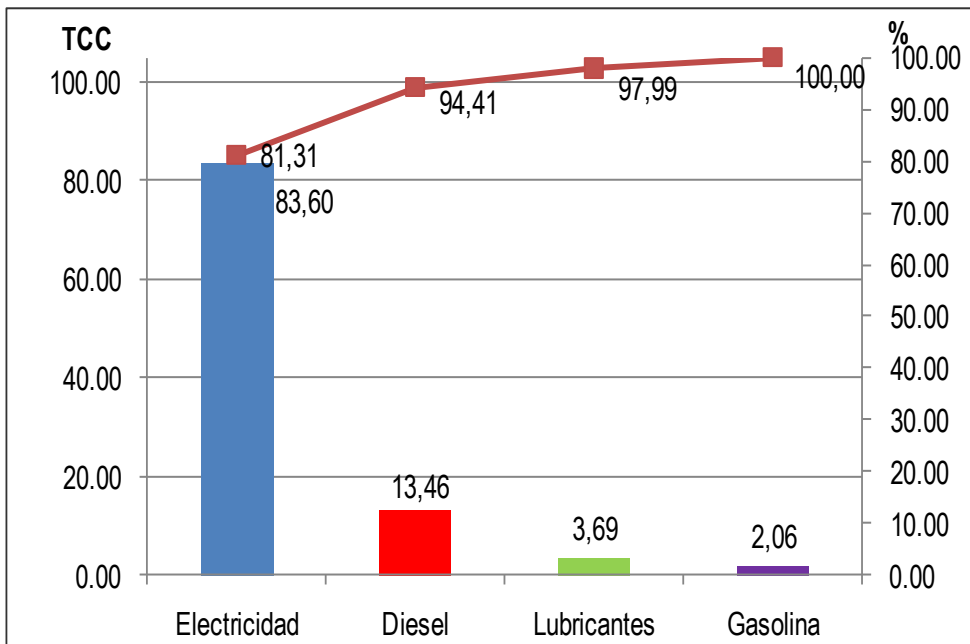


Figura 2.4. Diagrama de Pareto del consumo de los portadores energéticos (2020)

- Estratificación. Determinación de los Puestos Claves

Los puestos claves son un lugar específico con un conjunto de equipos que influyen de manera determinante en el consumo real de los portadores energéticos, además desempeñan un papel esencial en el monitoreo y control de la eficiencia energética.

Estos se identificaron a partir de la realización de un análisis sucesivo de los consumos por áreas y equipos en un mes de trabajo, y así conocer los equipos o familia de estos más representativos en el consumo de electricidad. (Anexo 4)

Tabla 2.5. Puestos claves de consumo de electricidad

Puesto clave	Equipos	Consumo kWh/mes	%
Talleres	Máquinas herramientas	5 730	40,9
	Máquinas de soldar	3 581	25,6
	Máquinas para mallas	2 320	16,5
	Bancos de pruebas	1 230	8,8
	Iluminación	626	4,5
	Otros	526	3,7
Total		14012	100

La tabla anterior muestra que en los talleres es donde más se consume la energía eléctrica, destacándose las máquinas herramientas, las máquinas de soldar y las máquinas para hacer mallas, con un (83%); esto señala que hay que dirigir la atención a estos tres sectores para buscar oportunidades de ahorro; no obstante se tendrán en cuenta los demás sectores, principalmente la iluminación, que aunque no representa un consumo de los más altos, está marcada por la prevalencia de luminarias ineficientes.

FASE II. DIAGNÓSTICO

El diagnóstico energético se realiza como paso previo para establecer el punto de partida que permita la elaboración de un proyecto que identifique los principales potenciales de ahorro energético y económico. Es la herramienta básica para saber

cuánto, cómo, dónde y por qué se consume energía dentro de la empresa y para establecer el grado de eficiencia de su utilización.

Paso 2. Preparación del diagnóstico

En este paso se planifican las tareas fundamentales del diagnóstico, el cronograma y las herramientas para aplicarlo. Se coordina la participación de especialista de la ONURE Holguín, con la intención de evaluar el comportamiento de la potencia reactiva y proponer medidas para su compensación.

Paso 3. Diagnóstico de la eficiencia energética. Evaluación de indicadores

Un monitoreo y control energético efectivo requiere de la utilización de un conjunto de indicadores para medir los cambios en la eficiencia energética.

Según la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), el indicador de consumo energético o índice de consumo, se entiende por la relación entre el consumo de energía y la producción, para un sistema de energía: combustible, electricidad, vapor u otro energético (CONUEE, 2018).

En la (tabla 2.6) se describe el índice de consumo energético plan y los reales obtenidos en los años (2019 y 2020).

Tabla 2.6. Índice de consumo energético en la instalación

Año	Índice de Consumo aprobado (kWh/MP)	Rango de Índice de Consumo real	Índice de Consumo Promedio
2019	17	9,84 a 31,20	18,6
2020	17	11,7 a 25,39	17,96

El índice de consumo establecido por la empresa (consumo eléctrico vs Miles de Peso) es 17,0 kWh/MP, en la (tabla 2.6) se observa que a pesar de que en promedio el índice real obtenido se acerca bastante al planificado, los logrados en diferentes meses varían considerablemente, tanto por defecto como por exceso. La (figura 2.5) muestra como en el (2019) únicamente en los meses de: marzo, abril, mayo, junio, noviembre y diciembre el índice de consumo se obtuvo próximo al aprobado. En el

año (2020) en ningún mes se lograron índices reales cercanos al planificado. Además este gráfico corrobora las variaciones significativas de los índices de consumo reales de un mes a otro.

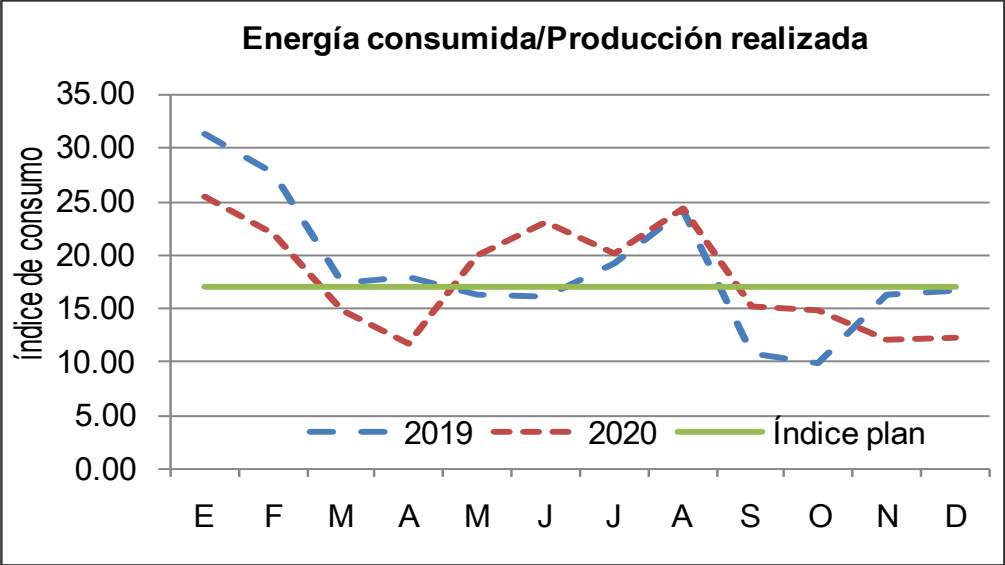


Figura 2.5. Índices de consumo años (2019 y 2020)

La (figura 2.6) refleja el descontrol existente en la entidad en cuanto a planificación y ejecución real de la energía en el proceso productivo.

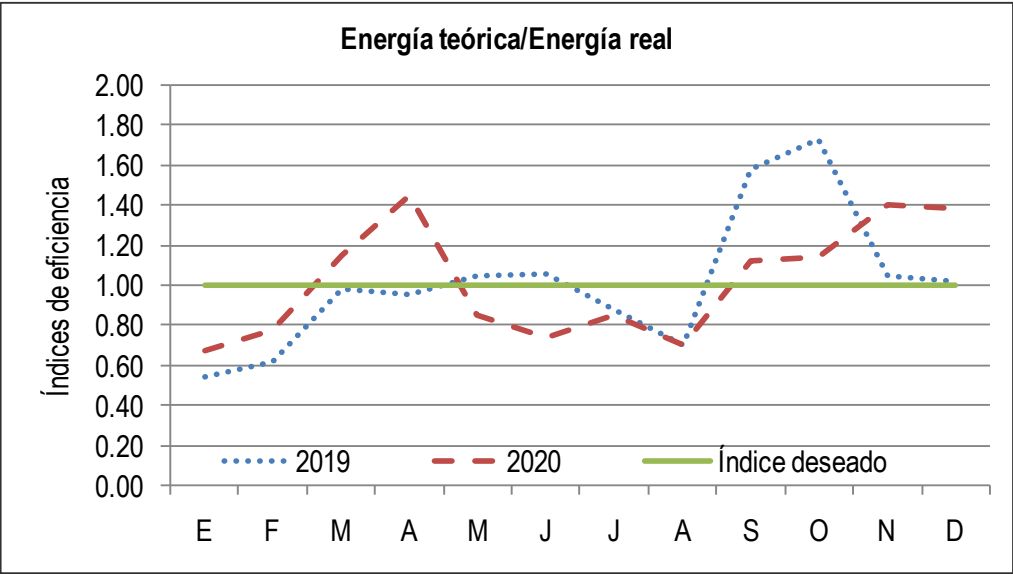


Figura 2.6. Índices de eficiencia años (2019 y 2020).

El indicador de eficiencia se determina dividiendo la energía teórica entre la real consumida, para la cantidad de producción que fue planificada (Borroto & Monteagudo, 2006).

- Índice de Intensidad Energética. (I.I.E)

El principal indicador utilizado como medida de la eficiencia energética de la economía es la intensidad energética, se puede medir por el consumo de energía por unidad de producto interno bruto (Özdemir, 2014).

En la División de Talleres Holguín el (I.I.E) depende en gran medida del consumo de energía eléctrica, pues como ya se conoce, este representa en (TCC) más del (80%) del total consumido y del cumplimiento de los planes de producción (MP).

De un plan de 0,025 TCC/MP se obtuvo en el (2019) 0,021 y en el (2020) 0,019; este indicador en la entidad se logró cumplir, en un periodo donde las incidencias de la Covid - 19 fueron significativas y que además cuentan con una tecnología de varios años de explotación, por el incremento de precios a las producciones realizadas y un aumento en la prestación de servicios que requieren de menor gastos de energía eléctrica, como son: reparación y mantenimiento a los equipos de transporte automotor, asesorías técnicas y capacitación.

Paso 4. Diagnóstico de la eficiencia energética.

- Comportamiento del portador electricidad mediante gráfico de control

En el período analizado la electricidad tuvo un comportamiento relativamente estable para cada año en particular, porque los puntos situados en la gráfica de la (figura 2.7), se encuentran dentro de los límites de control superior e inferior y no presenta significativos picos ascendentes o descendentes, entonces las variaciones proceden de causas aleatorias, sin anomalías de gran relevancia. Debemos destacar que a partir de enero de (2020) hasta agosto, hubo un descenso del consumo por debajo del promedio para la etapa a evaluar; motivado principalmente por la falta de materias primas para la prestación de servicios. Para los últimos cuatros meses de (2020) evidencia una tendencia al aumento del consumo, respaldado por el incremento de las producciones.

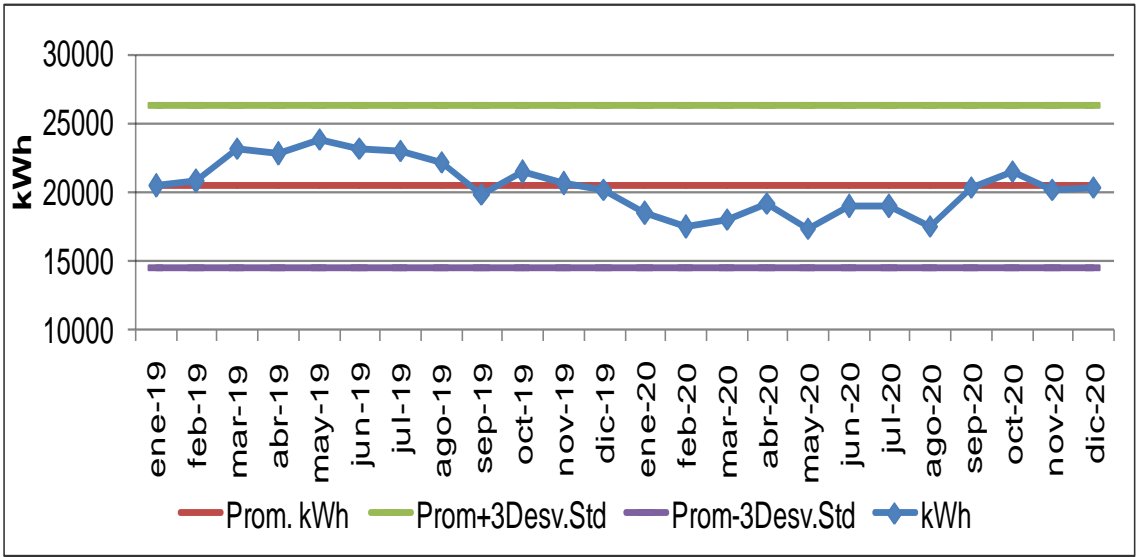


Figura 2.7. Gráfico de control del consumo de electricidad vs tiempo, (2019 y 2020)

- Gráfico de electricidad y producción (MP) en el tiempo

Durante el período enero – agosto de (2019), como indica la (figura 2.8), existe correspondencia entre el consumo mensual de electricidad y la producción (MP), no ocurriendo lo mismo en los cuatro restantes meses del año, en los cuales las significativas fluctuaciones de la producción, no conllevaron a una variación simultánea del consumo; esto fue motivado porque en los meses de septiembre y octubre se realizó un incremento de la producción, que no requiere de mucho consumo de electricidad (reparación de motores de combustión interna).

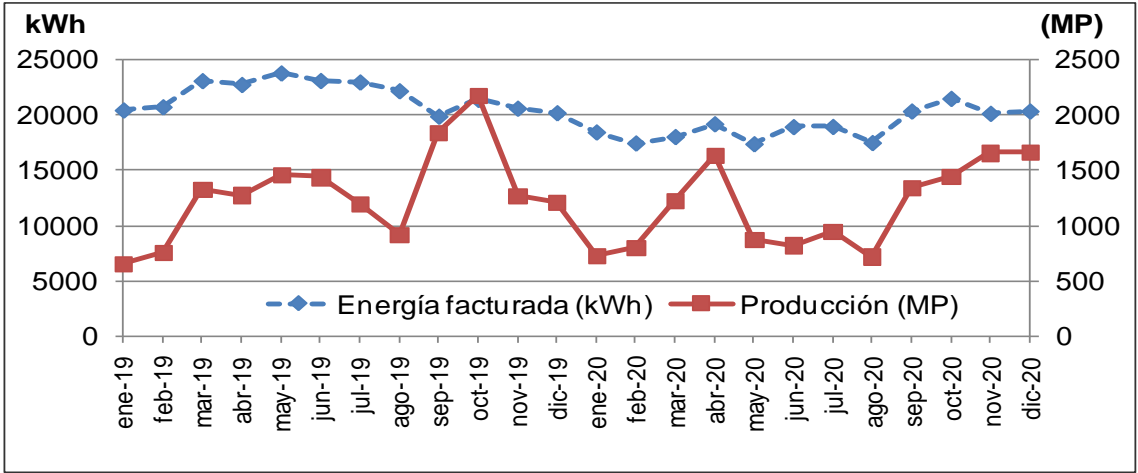


Figura 2.8. Gráfico de electricidad y MP vs tiempo, (2019 y 2020)

En general en el año (2020) se evidencia una débil variación simultánea del consumo energético con la producción realizada en el tiempo, destacándose los meses de marzo y abril, por la misma causa que en el (2019); así como en los meses de mayo, junio, julio y noviembre, donde se observa un comportamiento anómalo; propiciado por producciones sin terminar que pasan de un mes para otro.

- Diagrama de dispersión y correlación

Como se puede apreciar en la (figura 2.9), en el período analizado (2019 – 2020) no existe una tendencia a la correlación lineal entre el consumo eléctrico y la producción, en la División de Talleres Holguín, por tomar el coeficiente de determinación cuadrática (R^2) el valor 0,154.

La literatura y la experiencia acumulada indican que se pueden considerar adecuados, a los efectos de estos análisis energéticos, valores del coeficiente de correlación $R^2 \geq 0,75$ (Borroto y Monteagudo, 2006).

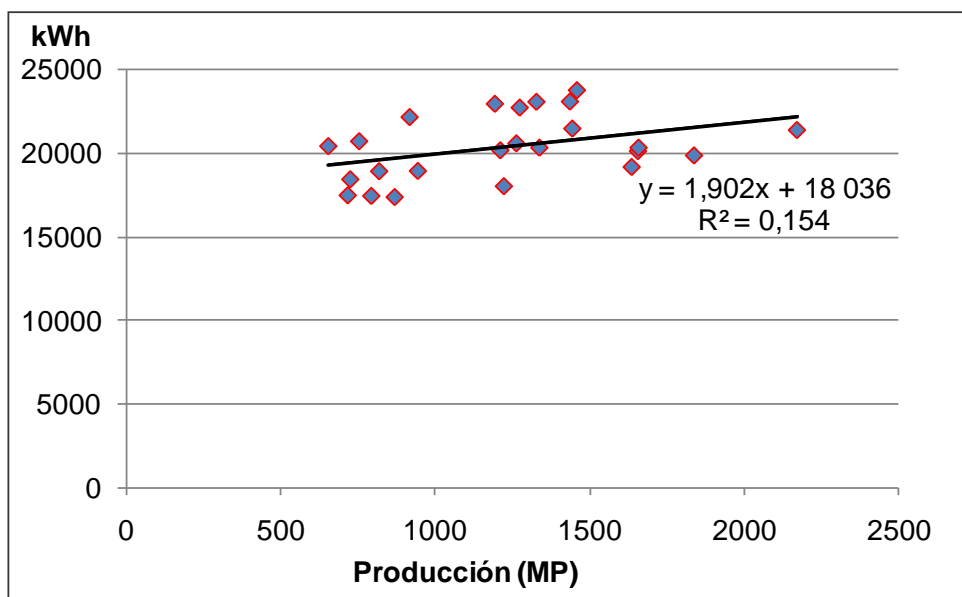


Figura 2.9. Gráfico de dispersión de electricidad vs producción, años (2019 y 2020)

La expresión que caracteriza la relación entre consumo de electricidad y producción en el período analizado, con un coeficiente $R^2 = 0,154$, es la siguiente:

$$E = m.P + E_0 \tag{2.1}$$

$$E = 1,902 P + 18\,036 \text{ kWh}$$

Donde:

E - consumo de energía en el período seleccionado.

P - producción asociada en el período seleccionado.

m - pendiente de la recta que significa la razón de cambio medio del consumo de energía respecto a la producción.

E₀ - intercepto de la línea en el eje y, que representa la energía no asociada directamente al nivel de producción.

m.P - es la energía utilizada en el proceso productivo.

El consumo de electricidad fijo no asociado a la producción (MP) de la División de Talleres Holguín, en el período (2019 – 2020) fue de 18 036 kWh, que representa el (3,7%) del consumo total de electricidad en la etapa analizada; valor no tan elevado que está dado fundamentalmente por la carga de climatización, iluminación, equipos de oficinas, servicios de mantenimiento y consumo ajeno a la entidad. Por tanto, el índice de consumo formado por el cociente entre el consumo de electricidad y la producción no refleja adecuadamente la eficiencia energética en la entidad. En el gráfico aparecen puntos con niveles de producción similares y consumos de energía eléctrica diferentes, cuyo análisis puede ser útil para ahorrar energía.

- Comportamiento del índice de consumo electricidad – miles de peso (MP)

El comportamiento del índice de consumo de electricidad en el período (2019 – 2020) se muestra en la (figura 2.10), la cual evidencia como el índice aumenta al disminuir el nivel de producción realizada. En la medida que la producción se reduce el consumo total de energía, mayormente disminuye, pero el gasto energético por unidad de producto aumenta. Esto se debe a que se eleva el peso relativo de la energía no asociada a la producción respecto a la energía productiva. Niveles de producción mensuales inferiores a los 1 400 MP conllevan a una sensible elevación del índice de consumo de electricidad (nivel de producción crítico). La expresión que caracteriza el comportamiento del índice de consumo en función del nivel de producción (MP) para el período (2019 – 2020) es:

$$IC_{\text{Electricidad}} = \text{kWh/MP} = 1,902 + 18\,036 / \text{MP} \quad (2.2)$$

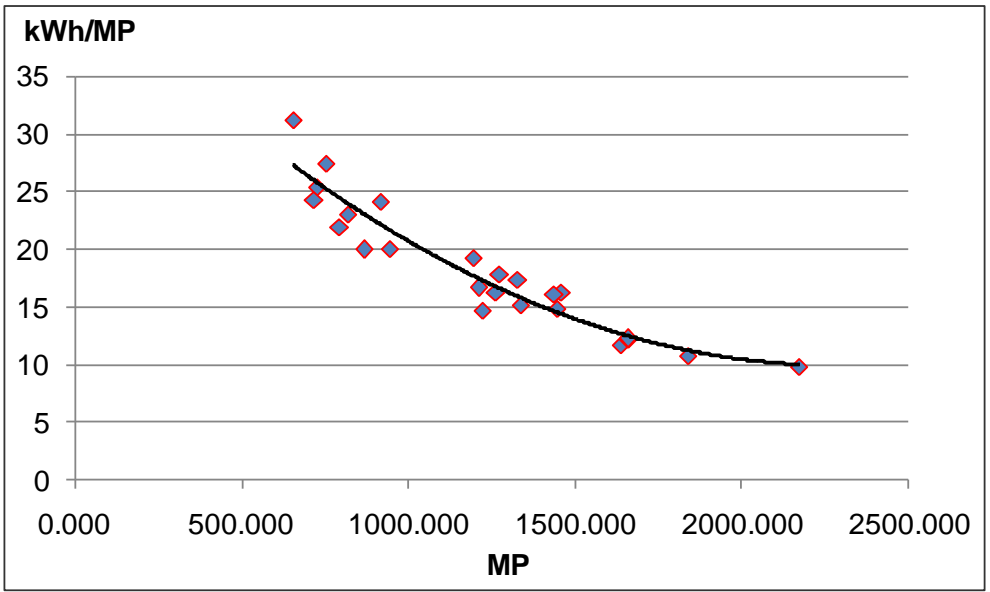


Figura 2.10 Gráfico de índice de consumo, (2019 y 2020)

- Comportamiento del factor de potencia del centro

En el periodo evaluado (2019 - 2020) el FP del centro, en los dos servicios eléctricos, se comportó como indica la figura 2.11 por debajo de 0,9, donde destaca el servicio eléctrico 194, obteniéndose valores de 0,51 a 0,61; propiciado penalizaciones por este concepto en todos los meses de año. Esto está dado fundamentalmente por la cantidad de cargas inductivas que se posee y no tener compensación de reactivo.

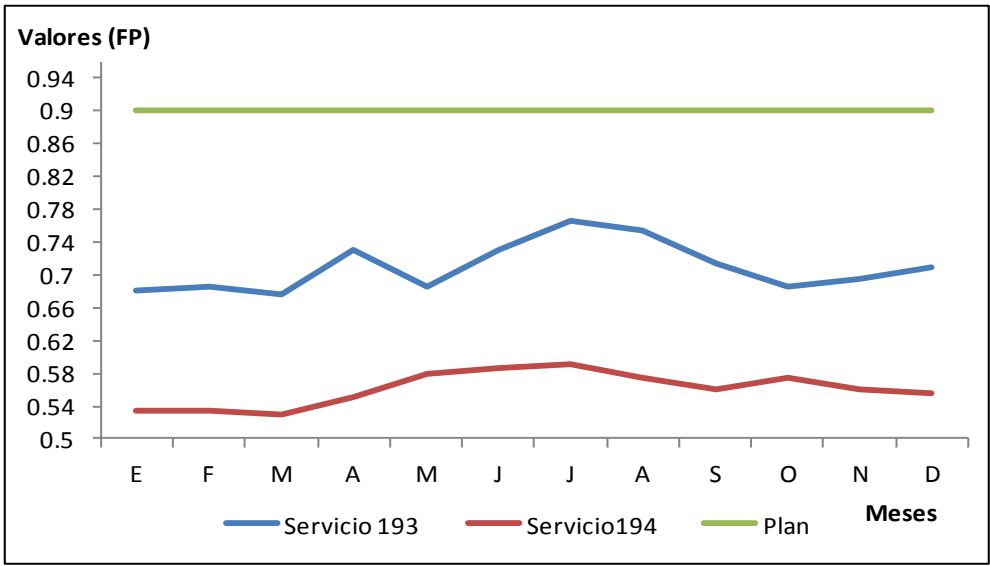


Figura 2.11 Gráfico de comportamiento del FP (2019 - 2020)

Para complementar el diagnóstico energético se aplicó una encuesta a varios trabajadores: obreros, especialistas y administrativos, con el objetivo de constatar el nivel de los conocimientos, opiniones, necesidades y aptitudes, de estos con relación al consumo y ahorro energético de cada puesto de trabajo y la entidad en general. (Anexo 5)

Para esto se asumió la siguiente población y muestra.

Población: Obreros directos a la prestación de servicios, personal de oficinas y administrativos en general. Total: 198.

Muestra: Se aplicó un muestreo aleatorio simple asumiendo el (30%) del volumen de la población.

Además se desarrolló el estudio eléctrico que incluyó la inspección de los elementos componentes de los diferentes sistemas eléctricos, comportamiento de la demanda contratada y el factor de potencia del centro; para lo cual se utilizó una guía de observación y una lista de chequeo (anexos 1 y 2), bases de datos y documentos de control existentes en las áreas de economía y energía; así como mediciones eléctricas realizadas con el analizador de redes CHAUVIN ARNOUX (Anexo 6).

Paso 5. Análisis y presentación de los resultados del diagnóstico

Para la realización de las encuestas se entrevistaron un total de 60 trabajadores. Las cuales arrojaron como principales resultados los siguientes:

- El (26,6%) conoce los portadores energéticos que se utilizan en sus áreas de trabajo, de ellos el (10,0%) conoce la cantidad que se consume, el (76,7%) sabe las medidas de ahorro para cada uno de ellos y el (56,6%) plantea que se chequea el cumplimiento de estas.
- El (33,3%) de los encuestados respondió que se puede ahorrar energía mejorando las operaciones y los mantenimientos. El (55,0%) manifiesta que se informa el cumplimiento de los planes de producción, el (43,3%) corrobora que se anuncia el estado de los indicadores de eficiencia energética y el (35,0%) afirma que se dan a conocer los gastos energéticos y totales de la entidad por meses.

- El (38,3%) de los vinculados a la actividad energética reconoce no recibir capacitación relacionado con el ahorro energético, el (88,3%) no saben si el ahorro energético están incluidos dentro de los parámetros emulativos del centro y un (11,7%) dicen que no están incluido.
- El (41,6%) ignoran si la actividad de uso de energía provoca contaminación ambiental y solo el (11,6%) conoce que la entidad cuenta con un plan de medidas para la protección del medio ambiente.

En resumen son limitados los intercambios de experiencias, talleres y eventos sobre eficiencia energética en el centro, donde se estimulen las mejores áreas y mejores trabajadores. Se conocen por la máxima dirección los potenciales de ahorro que existen en el banco de problemas energético, pero las soluciones propuestas son insuficientes. Es necesario capacitación de forma especializada a la dirección y el personal involucrado en la transformación y uso de la energía.

- Los elementos principales que caracterizan la gestión energética de la instalación son:
 - En la estrategia de capacitación son escasos los temas relacionados con los portadores energéticos; así como reducidas las acciones de divulgación, del estado de cumplimiento de los planes de energía eléctrica e indicadores de eficiencia energética.
 - Limitadas tareas concebidas en el plan de mantenimiento preventivo y planificado, para garantizar la adecuada explotación de los sistemas eléctricos; al mismo tiempo no se tiene incorporado en este los equipos de clima y refrigeración.
 - Se carece de un mecanismo de estimulación que vincule los resultados que se alcancen en cuanto a eficiencia energética.
 - Es inapropiado la concientización sobre la importancia del ahorro de energía.
 - La planificación del consumo de electricidad y el monitoreo y control no llega a todas las áreas.
 - Es limitado el conocimiento de la incidencia de cada portador energético en el consumo total.

- Carecen de un “Programa para el cambio de matriz energética, a partir de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía” con un alcance de cinco años, de acuerdo con lo establecido en la legislación vigente.
- Insuficiencias detectadas durante el diagnóstico.

Del autocontrol:

- El especialista encargado de la actividad energética, evidencia falta de conocimientos teóricos y prácticos para acometer sus funciones.

Del procedimiento de control y evaluación administrativa:

- El accionar de la entidad a partir del sistema de control establecido de los indicadores de eficiencia, es ineficiente para corregir las desviaciones significativas en relación con los planes establecidos.

De las obligaciones con relación al control y consumo de electricidad:

- Carecen del diagrama monolineal eléctrico y del estudio de control, regulación y acomodo de cargas.
- La entidad cuenta con un consumo ajeno a la misma de alrededor de 1 835 kWh mensual, proveniente de un área que fue cedida a la Empresa de Servicios a la Agroindustria Azucarera, del Grupo Empresarial AZCUBA.

De la calidad y certificación de los medios de medición y sistemas eléctricos:

- Presentan deterioro en los instrumentos de medición requeridos en los equipos, pizarras y los sistemas eléctricos en general.

Del sistema de iluminación:

- La iluminación existente en oficinas está marcada por lámparas fluorescentes de 18 y 36 W, en los talleres y exteriores por lámparas de vapor de mercurio de 250; 400 y 700 W, para una potencia total instalada de 14,2 kW.

Del factor de potencia y la demanda contratada:

- El factor de potencia en los dos servicios eléctricos se encuentra por debajo de 0,90, obteniéndose altas penalización en todos los meses. (Anexo 7)

- Incorrecta contratación de la demanda en los dos servicios eléctricos, pues en el periodo (2019 – 2020) la demanda real promedio del servicio 193 se comportó al (41,25%) y en el servicio 194 al (43,31%). (Anexo 8)

2.3. Conclusiones del Capítulo 2

1. El portador energético determinante en el consumo total de la entidad es la energía eléctrica con un (81%).
2. El diagnóstico energético facilitó identificar un grupo de insuficiencias que inciden directamente en la gestión y eficiencia energética, las cuales limitan el ahorro de la energía eléctrica.
3. El índice de consumo de energía eléctrica frente a la producción fluctúa considerablemente, lo cual es necesario tener en cuenta para hacer análisis objetivos de la eficiencia energética con que opera la entidad.

CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

3.1. Introducción

En los últimos años el ahorro de energía ha adquirido una importancia cada vez mayor en Cuba, lo cual básicamente por razones energéticas y ambientales, también es una tendencia mundial, así como la calidad de la energía ya que se considera en el mundo como un patrón que afecta la calidad de los servicios. Este capítulo tiene como objetivo proponer las mejoras técnico - organizativas e inversiones necesarias para favorecer la gestión y la eficiencia energética en la entidad, a partir de las ineficiencias detectadas en el proceso del diagnóstico energético aplicado, así como una valoración técnico – económica de las soluciones propuestas.

3.2. Plan de mejoras técnico – organizativas

FASE III: PROYECCIÓN Y PLANIFICACIÓN DE LAS ACCIONES

Objetivo: elaborar un plan de mejoras para dar solución a los problemas definidos.

Paso 6. Proyección de mejoras

- El plan de mejoras concentra sus acciones en dos direcciones esenciales:
 - Las que no requieren inversión: la proyección de acciones organizativas a todos los niveles para lograr un mejor proceder en la instalación.
 - Las que requieren de una inversión inicial (financiamiento) para después ser amortizadas por concepto de disminución de la factura eléctrica: el mejoramiento tecnológico, que contempla la compra y sustitución de equipos.
- Este plan propone las mejoras siguientes:

No conllevan inversión:

- Incluir en la estrategia de capacitación de la entidad temas relacionados con los portadores energéticos, dirigida al personal vinculado con esta temática.
- Realizar acciones de divulgación (matutinos, murales, etc.) donde se den a conocer los resultados productivos, cumplimiento de los indicadores de eficiencia y se estimulen los mejores trabajadores en este sentido. Además de explicar la

importancia de las medidas de ahorro por cada área de trabajo, gastos por concepto de portadores energéticos y su impacto en los gastos totales y utilidades de la entidad, entre otros.

- Actualizar el plan de mantenimiento preventivo y planificado para garantizar la adecuada explotación de los sistemas eléctricos, controlándose el cumplimiento del mismo por el directivo encargado.
- Elaborar y aprobar los planes de producción teniendo en cuenta el plan de energía asignado y el índice de consumo aprobado por la empresa nacional, realizándose evaluaciones y controles periódicos para velar por el cumplimiento de este último.
- Solicitar oferta de servicio a la Empresa de Automatización Integral Holguín (CEDAI) para la confección del diagrama monolineal eléctrico, el estudio de control, regulación y acomodo de cargas, así como la revisión de los instrumentos de medición requeridos en los equipos, pizarras y los sistemas eléctricos en general.
- Solicitar oferta de servicio a (CEDAI) para realizar estudio del sistema de iluminación, con la finalidad de comprar e instalar lámparas eficientes.
- Realizar las acciones correspondientes, con las entidades involucradas y facultadas, para hacer dejación del área que fue cedida a la Empresa de Servicios a la Agroindustria Azucarera del Grupo Empresarial AZCUBA.
- Elaborar y presentar a la entidad encargada de la revisión (ONURE) el “Programa para el cambio de matriz energética, a partir de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía”, de acuerdo con lo establecido en la legislación vigente.
- Modificar contratación con la Empresa Eléctrica territorial para ajustar las demandas contratadas, de los dos servicios eléctricos, de manera tal que la demanda real promedio no esté por debajo del 80% de las mismas y así se evitan pagos innecesarios por este concepto.

Requieren de inversión:

- Adquirir banco de capacitores eléctricos, a través de (CEDAI), para corregir el factor de potencia.

3.3. Selección del banco de compensación de energía reactiva

La compensación de energía reactiva para mejorar el factor de potencia, se dirigió al servicio eléctrico 194, producto este representa el (84,2%) de las penalizaciones totales por bajo factor de potencia, y así disminuir caídas de tensión, minimizar pérdidas de energía y reducir costos en la facturación. Para esto se propone la instalación de un banco de capacitores eléctricos a nivel centralizado, con regulación automática; pero antes es necesario realizar un análisis del comportamiento de los armónicos, pues la presencia de valores elevados de estos en la red puede provocar sobrecargas en los capacitores y dañarlos.

- Análisis del comportamiento de los armónicos

Este análisis se realiza para la Distorsión Armónica Total de tensión, también conocido como THD-V (por sus siglas en inglés *Total Harmonic Distortion*). La (tabla 3.1) muestra los valores límites de contaminación armónica de tensión permisibles, según la norma IEEE STD 519-2014, para los diferentes niveles de tensión. A partir de los valores registrados por el analizador de redes los días estudiados, se muestra de forma gráfica el comportamiento de los THD-V a nivel de las tensiones de líneas.

Tabla 3.1. Límites de distorsión armónica de tensión

Bus voltage V at PCC	Individual harmonic (%)	Total harmonic distortion THD (%)
$V \leq 1.0$ kV	5.0	8.0
1 kV $< V \leq 69$ kV	3.0	5.0
69 kV $< V \leq 161$ kV	1.5	2.5
161 kV $< V$	1.0	1.5 ^a

Fuente: Norma IEEE STD 519-2014

En la (figura 3.1) se muestran los 1 440 valores de THD-V máximos registrados por el analizador de redes el día 22 de enero de (2021) entre las tensiones de líneas L12, L23 y L31 respectivamente, nótese que en gran parte del día se comportan por debajo del (2,5%), superando este valor en horario de la noche, registrándose un máximo de (3.46%), lo que no se considera significativo según la norma IEEE STD 519-2014.

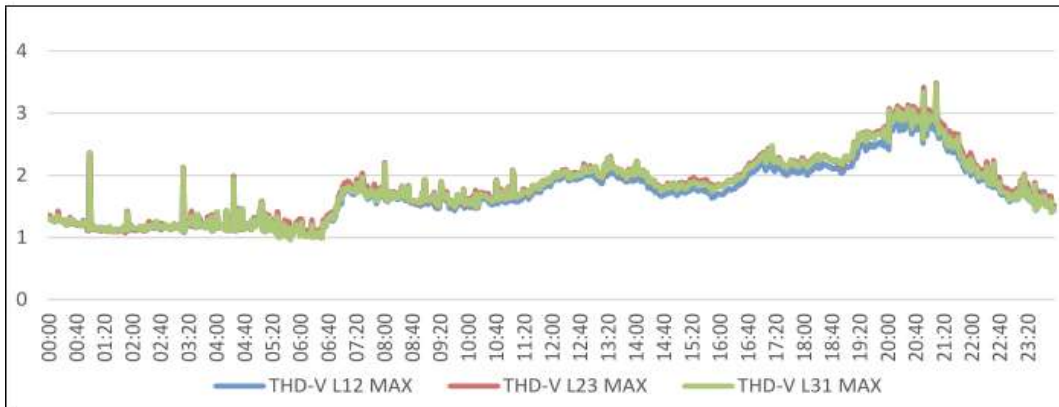


Figura 3.1. Comportamiento de los THD-V máximos, registrados el día 22-01-21

A partir de los resultados anteriores se deduce que la División de Talleres Holguín pertenece al grupo de empresas con un determinado grado de polución armónica en sus redes, aunque no se registran valores que superan los establecidos por la norma IEEE STD 519-2014, es un aspecto a tener en cuenta para la selección del banco de capacitores, ya que el límite máximo de THD V requerido para no considerar la red con polución es de (1,5%). Para valores superiores a este, se recomienda instalar filtros o seleccionar los capacitores sobredimensionados en tensión.

- Métodos de cálculo para la selección del banco de compensación de energía reactiva.

Para realizar el cálculo del equipamiento de compensación el autor se acoge a la metodología sugerida por Viego et al. (2002), la cual propone dos métodos de cálculo: A partir de la factura eléctrica y a partir de mediciones realizadas; se compararon los resultados y se seleccionó un banco que satisfaga la necesidad de reactivo del servicio eléctrico, en ambos casos se calculó para un factor de potencia deseado de 0,96 y se utilizó la siguiente expresión:

$$Q_c = P * (\tan (\text{Cos}^{-1} (fp_1)) - \tan (\text{Cos}^{-1} (fp_2))) \quad (3.1)$$

Donde:

- Q_c : Potencia reactiva del capacitor, (ckVAr).
- P : Potencia activa consumida por la carga, (kW).
- fp_1 : Factor de potencia inicial.
- fp_2 : Factor de potencia deseado

Método de cálculo por la máxima demanda registrada:

Este método permite determinar los ckVAr necesarios para compensar la demanda de reactivo del servicio eléctrico, se basa en seleccionar de la factura de la empresa eléctrica de los años (2019 y 2020), los valores de máxima demanda registrados durante el mes y el factor de potencia correspondiente.

Conociendo lo anterior se toma de la factura eléctrica los siguientes datos:

- Máxima demanda registrada 115 kW (mayo de 2019)
- Factor de potencia inicial 0,60.
- Factor de potencia deseado 0,96.

Aplicando la ecuación anterior se determinan los ckVAr a instalar.

$$Q_c = P * (\tan (\text{Cos}^{-1} (fp_1)) - \tan (\text{Cos}^{-1} (fp_2))) = 119,7 \text{ ckVAr}$$

Por lo que el banco de capacitores de acuerdo a este método de cálculo deberá tener una capacidad de aproximadamente 120 ckVAr.

Método de cálculo a partir de las mediciones realizadas:

Del total de las mediciones obtenidas por el analizador de redes, se tomaron los valores más representativos de potencia activa y factor de potencia los días 20; 21 y 22 de enero de 2021, a partir de los cuales se procedió al cálculo de los ckVAr necesarios para lograr un factor de potencia de 0,96, mediante la fórmula anterior, dando como resultado lo mostrado en la (tabla 3.2).

Tabla 3.2. Resumen de ckVAr necesarios según las mediciones realizadas

Datos obtenidos por:	Fecha	Potencia Activa (kW)	Máxima Demanda Registrada	Factor de Potencia	ckVAr máximo a compensar
Mediciones en régimen normal	20/01/2021	5,88		0,40	11,75
		51,2		0,44	89,63
	21/01/2021	6,48		0,38	13,88
		49,5		0,48	76,03
	22/01/2021	5,94		0,40	11,87
		72,18	72,18	0,46	118,27

Estos resultados son los más significativos a partir de las mediciones realizadas, nótese que el valor máximo de ckVAr a instalar es de 118,27 ckVAr, correspondiente a las mediciones efectuadas el día 22 de enero de (2021) y el valor mínimo es de 11,75 ckVAr, según mediciones del día 20 de enero de (2021). Es importante resaltar que en los dos métodos de cálculos se obtuvieron resultados similares de ckVAr.

3.4. Valoración técnico – económica de las soluciones

Paso 7. Análisis de factibilidad técnico - económica de las variantes propuestas

- Por prescindir del consumo de electricidad ajeno a la entidad:

La presencia de un área que fue entregada a la empresa de Servicios a la Agroindustria Azucarera, constituye un consumo ajeno para la División de Talleres Holguín, para determinar cuánto representa este consumo ajeno, se realizó un levantamiento de todas las cargas existentes y se valoró la cantidad de horas promedio de trabajo de estas (Anexo 9), lo que arrojó un consumo mensual alrededor de 1 835 kWh, este significa el (10,2%) del consumo no asociado a la producción de la entidad.

Este consumo multiplicado por el precio promedio del kWh (\$ 6,24) equivalen unos \$ 137 404,8 al año, que se ahorraría la entidad.

Gastos salario: Tres días de trabajo de la especialista en uso racional de la energía, para realizar los trámites \$ 519,00.

- Por disminución de la demanda contratada actual:

Se tomó de las facturas eléctricas del año (2019), el comportamiento de la demanda real con relación a la contratada, en los dos servicios eléctricos y se utilizaron las siguientes ecuaciones, para determinar el monto total que la entidad está pagando innecesariamente a la Empresa Eléctrica de Holguín.

Cálculo para el servicio 193.

Datos:

- (DMC) demanda máxima contratada: 80 kW
- (DMRP) demanda máxima real promedio: 37 kW

- (DMR) demanda máxima registrada: 43 kW
- (PKDC) precio por cada kW de demanda contratada: \$ 94

Ecuación para el cálculo de la demanda máxima contratada propuesta (MDP)

$$MDP = \frac{DMRP \times 100\%}{80\%} \quad (3.2)$$

MDP= 46 kW

Ecuación para el cálculo del beneficio potencial (BP), (\$/año):

$$BP = (DMC - MDP) \times PKDC \times 12 \quad (3.3)$$

BP= \$ 38 070,0

Cálculo para el servicio 194.

Datos:

- (DMC) demanda máxima contratada: 190 kW
- (DMRP) demanda máxima real promedio: 90 kW
- (DMR) demanda máxima registrada: 115 kW
- (PKDC) precio por cada kW de demanda contratada: \$ 94

MDP= 112 kW

BP= \$ 87 420,0

En total la entidad por modificar la demanda contratada, en sus dos servicios eléctricos, obtiene un ahorro al año de \$ 125 490,0.

Gastos salario: Dos días de trabajo de la especialista en uso racional de la energía, para efectuar las gestiones \$ 346,0.

- Por mejorar el factor de potencia:

Las penalizaciones por tener el factor de potencia inferior a 0,90 en el servicio eléctrico 194, alcanzan el (40%) del importe total a pagar por la entidad, en este servicio (Unión Nacional Eléctrica, 2020).

Teniendo en cuenta los resultados de los métodos de cálculo para la selección del banco de compensación de energía reactiva y conociendo que el servicio eléctrico

posee un cierto grado de polución armónica, se propone un banco de compensación con una capacidad total de aproximadamente 140 ckVAr; considerando que los capacitores tendrían una tensión nominal de 525 V y la tensión de la red es 480 V, esto conlleva a que disminuye la potencia reactiva proporcionalmente al cuadrado de la relación de las tensiones como en la siguiente expresión:

$$kVAR_{suministrados} = \left(\frac{\text{Tensión aplicada}}{\text{Tensión nominal}} \right)^2 \times kVAR_{nominales} \quad (3.4)$$

Sustituyendo valores se obtiene 117 ckVAr, valor bastante próximo al resultante de los dos métodos de cálculos anteriores, para determinar la capacidad total del banco de capacitores a instalar. Como consecuencia, el banco propuesto tendría las siguientes características, de acuerdo a *Schneider Electric* (2011).

- Tensión nominal de los capacitores: 525 V
- Frecuencia: 60 Hz
- Número de Pasos: 9 (tres capacitores de 12 ckVAr y siete de 15 ckVAr)
- Regulación: Automática
- Máxima temperatura: 55 °C
- Expectativa media de vida: 100 000 h

Los gastos de adquisición y montaje relacionan todos los costos en los que es necesario incurrir para la adquisición del equipamiento que se pretende instalar, en la (tabla 3.3) se relacionan estos, según (CEDAI, 2021).

Tabla 3.3. Gastos de adquisición e instalación

No	Conceptos	Valor (MN)	Observaciones
1	Compra e instalación	252 901,3	Banco de capacitores (considerando piezas y partes que serán puestas por la entidad)
2	Materiales	21 560,5	Gastos en insumos para su instalación (Conductor, cintas aislantes, pararrayos, herrajes etc.)
3	Mantenimiento	123 000	Considerando la vida útil del equipo
4	Salarios	865	Cinco días de trabajo de la especialista en uso racional de la energía, para efectuar los trámites
	Total	398 326,8	

Los beneficios económicos para la entidad se pueden obtener empleando los siguientes datos y ecuaciones:

- (FPD) Factor de potencia deseado: 0,96
- (FPB) Factor de potencia base: 0,92
- (Ippa) Importe por penalización anual: \$ 25 527
- (Itpa) Importe total promedio anual: \$ 64 320

Ecuación para determinar el importe por FP= 0,9 anual (IFP= 0,90)

$$\text{IFP}(0,90) = \text{Itpa} - \text{Ippa} \quad (3.5)$$

$$\text{IFP}(0,90) = \$ 38 793$$

Ecuación para determinar el Importe por Bonificación por elevar el FP a 0.96 (IFP= 0,96)

$$\text{IFP}(0,96) = \left[\left(\frac{0,92}{0,96} \right) - 1 \right] \cdot \text{IFP}(0,90) \quad (3.6)$$

$$\text{IFP}(0,96) = \$ 1 616,38$$

Ecuación para determinar el Importe Ahorrado Anualmente (IAA).

$$\text{IAA} = \text{Ippa} + \text{IFP}(0,96) \quad (3.7)$$

$$\text{IAA} (\$/año) = \$ 27 143,38$$

El importe que se puede ahorrar la entidad al año por obtener un factor de potencia igual a 0,96 asciende a \$ 27 143,38.

Teniendo en cuenta los datos derivados de las mediciones eléctricas, mediante el analizador de redes, se muestra una representación de estos datos en el (Anexo 6) considerando la gran cantidad de valores que se obtuvieron en cada medición.

A continuación se relacionan los datos iniciales para diferentes variables con el factor de potencia sin corregir, a partir de los cuales, mediante las expresiones matemáticas que se derivan del triángulo de las potencias y tomando como base las ecuaciones de la ley de Joule y la ley de Ohm, se pudo determinar los beneficios esperados que aporta la corrección del factor de potencia para el país y la entidad. Se tomó como referencia las ocho horas laborales.

Potencia Activa promedio (P): 57,05 kW

Potencia Reactiva promedio (Q): 98,2 kVAr

Potencia Aparente promedio (S): 116,5 kVA

Factor de Potencia: 0,55

Corriente promedio (I): 137,14 A

Tensión (V): 480 V

➤ Liberación de capacidad del banco de transformadores de distribución:

Conociendo los valores anteriores de potencia aparente y de corriente, con un FP inicial de 0.55, se determinan estos para un FP deseado de 0,96, obteniéndose.

$$\text{Potencia aparente final} = \frac{P}{\cos\theta} = \frac{57,05}{0,96} = 59,42 \text{ kVA} \quad (3.8)$$

$$\text{Corriente final} = \frac{P \text{ (W)}}{\sqrt{3} * U * \cos\theta} = \frac{57050}{1,73 * 480 * 0,96} = 71,48 \text{ A} \quad (3.9)$$

De acuerdo a la (S) inicial y los resultados anteriores se alcanzan 57 kVA libres para añadir nuevos equipamientos. Es notorio que tras la corrección del factor de potencia la instalación podrá tener aumentos de carga en hasta 96,06% sin inversiones adicionales como nuevos transformadores y/o líneas y cables.

➤ Disminución de pérdidas en los conductores por Efecto Joule:

Con el factor de potencia inicial en el sistema (FP=0,55).

Conociendo el valor de la corriente inicial, sabiendo que la distancia del banco de transformadores de 750 KVA 13.8 KV/480V al tablero principal es de 26,5 metros y que el conductor utilizado es calibre 2/0 AWG THWN 600 V 90° se puede determinar la resistencia del conductor para luego poder calcular las pérdidas por Efecto Joule.

$$R_c = \frac{\rho_c * L}{A_c} \quad (3.10)$$

R_c: Resistencia del conductor en (Ω)

ρ_c : Resistividad del cobre ($1,7 \times 10^{-8} \Omega \times m$)

A: Área del conductor en (m^2)

L: Longitud del conductor en (m)

Para un conductor calibre 2/0 AWG THWN 600 V 90° el área en mm^2 es de $67,42 \text{ mm}^2$, esto es igual a $6,742 \times 10^{-5} \text{ m}^2$. Se tiene el siguiente resultado:

$$R_c = \frac{\rho_c * L}{A_c} = \frac{(1,7 * 10^{-8} \Omega \times m) * 26,5m}{6,742 * 10^{-5} m^2} = 0,0067 \Omega$$

Las pérdidas por Efecto Joule son las que se manifiestan en forma de calor en los conductores, están dimensionadas en (W):

$$P_{E,J} = I^2 * R_c \quad (3.11)$$

Donde:

$P_{E,J}$: Pérdidas por Efecto Joule (W)

I: Corriente que circula por el conductor (A)

R_c : Resistencia del conductor (Ω)

$$P_{E,J} = (137,14 \text{ A})^2 * 0,0067 \Omega = 126,0 \text{ W}$$

Se tiene luego en las tres líneas:

$$P_{E,J} = 126,0 \text{ W} * 3 = 378,0 \text{ W}$$

Con el factor de potencia deseado en el sistema (FP= 0,96).

$$P_{E,J} = (71,48 \text{ A})^2 * 0,0067 \Omega = 34,23 \text{ W}$$

Se tiene luego en las tres líneas:

$$P_{E,J} = 34,23 \text{ W} * 3 = 102,69 \text{ W}$$

➤ Caídas y fluctuaciones de tensión en los alimentadores:

Con el factor de potencia inicial en el sistema (FP=0,55).

Al circular una corriente eléctrica a través de los conductores de una instalación, se produce en ellos una caída de tensión que responde a la siguiente expresión:

$$V_p = I * R_c \quad (3.12)$$

Donde:

V_p : Tensión de pérdida en el conductor (V)

I : Corriente de carga (A)

R_c : Resistencia del conductor (Ω)

Calculando la caída de tensión en el conductor calibre 2/0 AWG.

$$V_p = 137,14 \text{ A} * 0,0067 \Omega = 0,92 \text{ V}$$

Para calcular el porcentaje de pérdida se realiza de la siguiente manera:

$$\%V = \frac{V_p}{V_N} * 100 \quad (3.13)$$

Donde:

V_p : Porcentaje de variación de tensión

V_p : Tensión de Pérdidas

V_N : Tensión Nominal

$$\%V = \frac{V_p}{V_N} * 100 = \frac{0,92}{480} * 100 = 0,20\%$$

Con el factor de potencia deseado en el sistema (FP= 0,96).

$$V_p = I * R_c = 71,48 * 0,0067 = 0,48 \text{ V}$$

$$\%V = \frac{V_p}{V_N} * 100 = \frac{0,48}{480} * 100 = 0,10\%$$

Los resultados alcanzados del análisis efectuado a la fluctuación de la tensión antes y después de la compensación, patentizan que la variación de esta no es significativa; pues aunque después de la compensación el valor logrado es menor que antes de esta, en ambos casos es despreciable.

Los análisis anteriores, relacionados con la disminución de pérdidas en los conductores por Efecto Joule se realizaron para diferentes valores de demanda (kW) y horarios, arrojando otros resultados tal como se indica en el (Anexo 10), los cuales nos permitieron realizar los gráficos de las (figuras 3.2 y 3.3) que representan los efectos esperados con la corrección del factor de potencia.

En la (figura 3.2) se aprecia como disminuye considerablemente la potencia reactiva, con la corrección del factor de potencia a 0,96, fundamentalmente durante la jornada laboral.

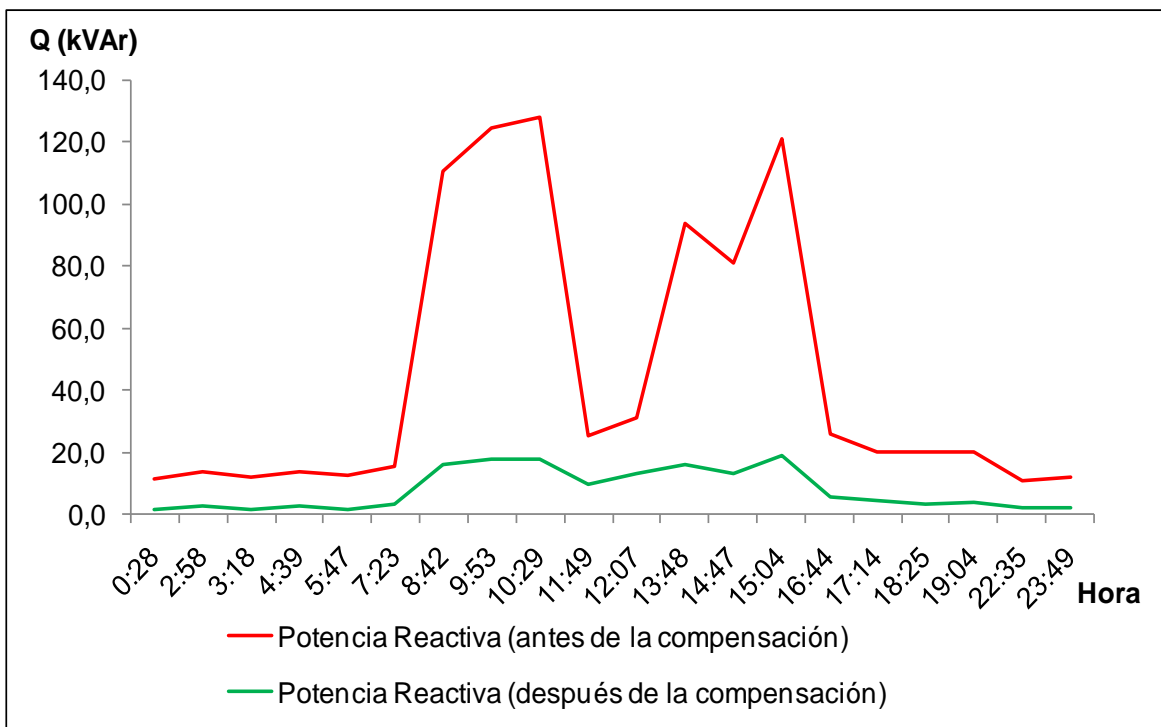


Figura 3.2 Gráfico de comportamiento de la Potencia reactiva vs FP

El gráfico correspondiente a la (figura 3.3) muestra como para un mismo valor de potencia activa, con la puesta en servicio de un banco de capacitores con una capacidad de 140 kVAr, las pérdidas por Efecto Joule decrecen en gran medida, en

un rango del 27% al 81%, principalmente durante el horario laboral, donde la carga aumenta bruscamente y con esto la corriente en las líneas.

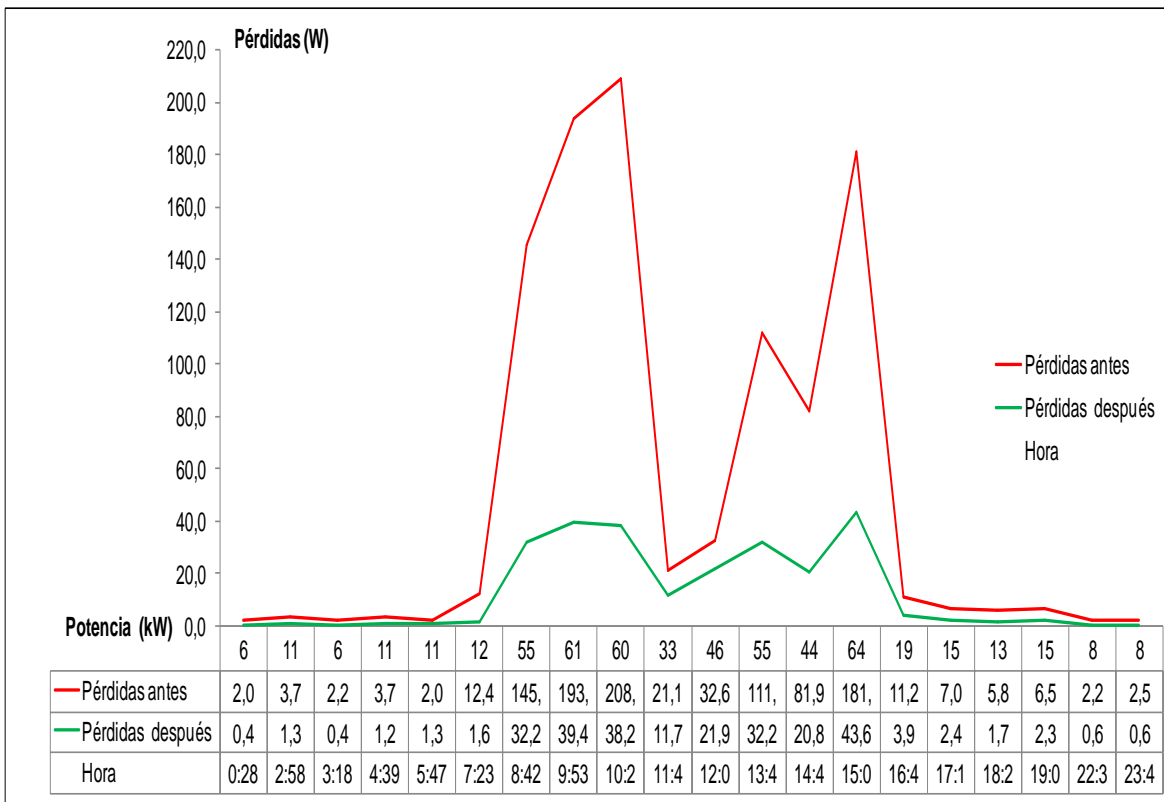


Figura 3.3 Gráfico de comparación, pérdidas antes y después de la compensación

Para realizar el cálculo del ahorro económico por pérdidas se deben de comparar los resultados antes de corregir el factor de potencia y luego de ser corregido. A continuación en la (tabla 3.4) se presenta los resultados:

Tabla 3.4. Valores de corriente y de pérdidas de energía

FP	Calibre del Conductor	Corriente (A)	Pérdidas por Efecto Joule (W)
0,55	2/0 THW AWG	137,14	378,0
0,96		71,48	102,69

El ahorro que se puede esperar después de corregir el factor de potencia es:

$$\text{Ahorro de Potencia} = 378,0 - 102,69 = 275,31 \text{ W} \quad (3.14)$$

Ahorro de energía por disminución de las pérdidas:

Para llevar este ahorro de potencia a consumo consideramos como tiempo las ocho horas de la jornada laboral, durante un periodo de 26 días:

$$\text{Energía} = 0.27531 \text{ kW} \times 8 \text{ hr} \times 26 \text{ días} \times 12 \text{ meses} = 687,17 \text{ kWh/año} \quad (3.15)$$

Este ahorro de energía, teniendo en cuenta que la entidad posee la lectura del metro contador eléctrico por el lado de baja tensión, no se ve reflejado en la facturación mensual; pero si representa para el país un ahorro de 0,252 TCC dejadas de consumir para su generación y aproximadamente 481 kg de CO₂ dejadas de emitir a la atmósfera.

A continuación en la (tabla 3.5) se muestra un resumen de los ahorros esperados para la entidad y los gastos totales por diferentes conceptos, con la aplicación del plan de mejoras.

Tabla 3.5. Resumen de los ahorros que obtendrá la entidad con las propuestas

Concepto	Ahorro (kWh/mes)	Ahorro (\$/mes)	Ahorro (\$/año)	Inversión (gastos totales)
Prescindir del consumo de electricidad ajeno	1 835,0	11 450,4	137 404,8	519
Reducción de la demanda actual	X	10 457,5	125 490,0	346
Mejorar el FP	X	2 261,95	27 143,38	398 326,79
Total	1 835,0	24 169,85	290 038,18	399 191,79

El periodo de recuperación de la inversión (PRI) consiste en medir el plazo de tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de una inversión recuperen su costo (Váquiro, 2020).

Si se calcula la tasa interna de retorno de la inversión y el periodo de recuperación, mediante el concepto de ahorro de energía obtenemos como resultados los mostrados en la tabla 3.6, la inversión se amortiza en un tiempo de 1,6 años por lo que es factible ya que la recuperación es a corto plazo.

Tabla 3.6: Resultado del cálculo de la tasa interna de retorno y el periodo de recuperación

	0	1	2
Flujos	-\$399.191	\$290.038	\$290.038
Saldo Actualizado 10%	-\$399.191	\$263.671	\$239.701
Saldo Actualizado Acumulado	-\$399.191	-\$135.520	\$104.181
Tasa	Tasa de interés		10.00%
VAN	Valor actual neto		\$104.18
TIR	Tasa interna de retorno		29%
PR	Periodo de recuperación		1.6

Paso 8. Planificación de las mejoras

La planificación debe lograr una adecuada integración que satisfaga las necesidades de la instalación y los problemas detectados durante el diagnóstico con la participación del personal. Este se establece con la obtención diaria de los datos primarios; en el caso de la electricidad se tiene en cuenta la autolectura diaria y en el resto de los portadores el gasto diario; se analiza con la producción y se verifica si hay desviaciones de los índices con respecto a lo planificado.

Para ello en la tabla 3.7 se presenta un cronograma de ejecución.

Tabla 3.7. Propuesta de ejecución del plan de mejoras

Acciones Propuestas	Fecha Ejecución
Incluir en la estrategia de capacitación temas relacionados con los portadores energéticos.	Abril 2021
Realizar acciones de divulgación donde se dé a conocer los resultados productivos, cumplimiento de los indicadores de eficiencia y se estimulen los mejores trabajadores en este sentido.	Semanal, a partir de abril 2021
Explicar la importancia de las medidas de ahorro por cada área de trabajo, gastos por concepto de portadores energéticos y su impacto en los gastos totales y utilidades de la entidad, entre otros.	Mensual, a partir de abril 2021
Actualizar el plan de mantenimiento preventivo y planificado de los sistemas eléctricos.	Mayo 2021
Elaborar y aprobar los planes de producción teniendo en cuenta el plan de energía asignado y el índice de consumo aprobado por la empresa nacional.	Diciembre 2021

Acciones Propuestas	Fecha Ejecución
Realizar evaluaciones y controles para velar por el cumplimiento del índice de consumo (kWh/MP).	Diario, a partir de abril 2021
Elaborar y presentar a la entidad encargada de la revisión (ONURE Holguín) el “Programa para el cambio de matriz energética, a partir de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía”.	Julio 2021
Realizar las acciones correspondientes, con las entidades involucradas y facultadas, para hacer dejación del área que fue cedida.	Segundo semestre 2021
Modificar contratación con la Empresa Eléctrica territorial para ajustar las demandas contratadas.	Agosto 2021
Adquirir e instalar banco de capacitores eléctricos de 140 ckVAr propuesto.	
Solicitar oferta de servicio a (CEDAI) para: <ul style="list-style-type: none"> - Realizar estudio del sistema de iluminación. - Efectuar estudio para compensación de energía reactiva en el servicio (193). - Diseñar el diagrama monolineal eléctrico, el estudio de control, regulación y acomodo de cargas; así como la revisión de los instrumentos de medición requeridos en los equipos, pizarras y los sistemas eléctricos en general. 	Primer semestre 2022

FASE IV. IMPLANTACIÓN

Paso 9. Aplicación del plan de acciones

En este paso se ejecutaron todas las mediadas organizativas necesarias para la aplicación del plan de mejoras, según el cronograma establecido a estos efectos.

FASE V. SEGUIMIENTO Y CONTROL

Paso 10. Registro y procesamiento de la información, evaluación de los resultados

Durante el desarrollo de esta fase, juega un papel significativo la organización operativa para la mejor explotación de los recursos disponibles. Se debe velar porque se desarrollen las acciones de comunicación y/o estimulación que sean pertinentes para complementar el compromiso del grupo de trabajo en su aplicación consiente.

En el transcurso del año 2021 se logran las siguientes acciones:

- Se incorporaron en la estrategia de capacitación de la entidad temas relacionados con los portadores energéticos, partiendo de las necesidades de preparación de cada trabajador vinculado a la actividad.
- Se establecieron acciones de divulgación (murales informativos y matutinos especiales) donde se brinda, entre otra, toda la información pertinente con relación al cumplimiento de los planes de producción, planes de electricidad e indicadores energéticos.
- Se discutieron las medidas de ahorro de electricidad para cada puesto de trabajo y se debatió sobre las medidas a cumplir para la protección del medio ambiente, a partir del uso de los energéticos y el agua.
- Se incorporó en los parámetros emulativos entre talleres el cumplimiento de las medidas de ahorro establecidas para cada uno en particular.
- Se designaron responsables por áreas de trabajo para controlar el cumplimiento del plan de medidas de ahorro de energía eléctrica.
- Se actualizó el plan de mantenimiento preventivo y planificado de los sistemas eléctricos, incorporándose a este los equipos pertenecientes al sistema de clima y refrigeración. Implementándose un registro para lograr un mayor control de la ejecución de estos, según lo planificado.
- Se ajustaron los planes de producción teniendo en cuenta los planes operativos de energía asignado para cada mes y el índice de consumo de electricidad.
- Se efectuaron las acciones correspondientes, con las entidades involucradas y facultadas, para hacer dejación del área que fue entregada a otra entidad.
- Se trabaja en la confección del “Programa para el cambio de matriz energética, a partir de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía”.
- Se incorporó en el plan de inversiones del 2022 el presupuesto necesario para la compra e instalación del banco de capacitores de 140 ckVAr propuesto, así como para la sustitución de lámparas ineficientes.

- Se ajustaron las demandas contratadas, con la Empresa Eléctrica territorial, de los dos servicios eléctricos.

Luego de introducir las mejoras propuestas, cumpliéndose varias de ellas y aplicar la encuesta inicial a los trabajadores, se procedió a realizar nuevamente la encuesta para verificar si realmente hubo transformaciones positivas, donde se evidenciaron los resultados siguientes:

Tabla 3.8. Comparación de los resultados sobre la base del estado inicial y final de la encuesta aplicada a los trabajadores.

	Indicadores	Estado inicial	Estado final
1	Identificación de los portadores energéticos por área de trabajo	26,6%	96,7%
2	Conocimiento del plan de medidas de ahorro de electricidad	76,7%	88,3%
3	Verificación del cumplimiento del plan de medidas de ahorro	56,6%	98,3%
4	Conocimiento de los resultados productivos	55,0%	78,3%
5	Conocimiento del desempeño de los indicadores de eficiencia energética	43,3%	73,3%
6	Noción sobre el cuidado del medio ambiente	41,6%	85,0%
7	Comprensión sobre la importancia del mantenimiento preventivo y planificado	33,3%	81,6%
8	Reconocimiento de los gastos energéticos sobre los gastos totales	35,0%	61,6%

Analizando los resultados presentados en la encuesta inicial y en la final se puede apreciar que con la aplicación de las mejoras propuestas, que contribuyen a la gestión energética, se alcanzaron transformaciones positivas.

3.5. Conclusiones del capítulo 3

1. La puesta en práctica del plan de mejoras favorece a la gestión energética en la entidad, contribuyendo a la mejora continua de sus resultados energéticos.
2. Al corregir el factor de potencia del servicio eléctrico (194) se obtienen varios beneficios que se traducen en ahorro para la entidad y el país.

CONCLUSIONES

1. La gestión energética es un tema de la actualidad y poco tratado en la División de Talleres Holguín, perteneciente a la Empresa Exportadora de la Agroindustria Azucarera, lo cual conlleva a una limitada eficiencia energética.
2. En el diagnóstico energético se determinaron un grupo de insuficiencias que dificultan el ahorro de electricidad, proporcionando relevantes gastos a la entidad por este concepto.
3. Se puede elevar la eficiencia energética en la División de Talleres Holguín, a partir de la corrección del factor de potencia, para lograr que los equipos operen más eficientemente, reduciendo los costos por consumo de energía.
4. La factibilidad y viabilidad de esta investigación queda demostrada al lograrse ahorros anuales para el país no menores de 687,17 kWh y en especial para la entidad de 22 020 kWh y \$ 290 038,2, lo que representa 8,3 TCC dejadas de consumir para su generación y alrededor de 15,8 toneladas de CO₂ que no se emiten a la atmósfera.

RECOMENDACIONES

1. Continuar el estudio para lograr la implementación de la norma ISO 50001:2018, en la División de Talleres Holguín, perteneciente a la Empresa Exportadora de la Agroindustria Azucarera.
2. Determinar un nuevo índice de consumo, luego de aplicar el plan de mejoras, que garantice evaluar con que eficiencia se consume la energía eléctrica en la entidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, C. H. (2011). *Mejoramiento de la Eficiencia Energética en los frigoríficos de ENFRIGO*. [Tesis de maestría no publicada, Universidad de Holguín]. 74p.
2. Agencia Internacional de Energías Renovables. (2020). *Global Renewables Outlook: Energy transformation 2050*. Consultado el 5 de enero de 2020. https://www.irena.org/-/media/iles/IRENA/Agency/Publication/2020/Apr/IRENA_GRO_Summary_2020
3. Águila, M. (2017). *Avances en las energías renovables en Cuba. Intercambio entre Cuba y China sobre Energía Renovable y Uso Eficiente de la Energía*. Beijing, China. Consultado el 18 de diciembre de 2020. <https://cubadebate.cu>
4. Anuario Estadístico Mundial de Energía. (2020). *Energía total*. Consultado el 7 de diciembre de 2020. <https://datos.enerdata.net>
5. Borroto, N. A. & Monteagudo Y. J. (2006). *Gestión y Economía Energética*. Editorial Universo Sur. Universidad de Cienfuegos. ISBN: 959-257-114-7.104p
6. Borroto, N. A & Padrón, P. A. (2006). *Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía*. Editorial Universo Sur. Universidad de Cienfuegos. 58p
7. Borroto, N. A. (2013). *Recomendaciones Metodológicas para la Implementación de Sistemas de Gestión de la Energía según la Norma ISO 50001*. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos.
8. Borroto, N.A. (2002). *Gestión Energética Empresarial. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente*. Cuba: Universidad de Cienfuegos. 84p
9. Buenas Prácticas. (2020). *Statistical Review of World Energy. Germany*. Consultado el 2 de febrero de 2021. <https://4.interreg-sudoe.eu/contenido-dinamico/libreria-ficheros/11268EB8-CE46-5D93-D5CC-6F82D70A6841.pdf>
C3%A9_Colquehuanca.pdf.
10. Campos, A. J. C. (1997). *La eficiencia energética en la gestión energética empresarial*. Editorial Universidad de Cienfuegos. 67 p. ISBN 959-018-3.

11. Casas, F. L. (2011). *Sistemas Electroenergéticos*. Tomo I y II, Editorial Pueblo y Educación. La Habana.
12. Colectivo de autores, (2013). *Guía para la implementación de Sistemas de Gestión integral de la energía*. Colciencias. Colombia. 28p
13. Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. (2018). *Metodología para cuantificación de ahorros de energía a través del índice de consumo de energía en instalaciones industriales*. Consultado el 2 de febrero de 2021. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/415538/Webinar_ICE_v3_27Nov18-1.pdf
14. Correa, S. J. (2014). *Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001:2011*, Ingeniería Energética Vol. XXXV, No. 1/ 2014 p.38-47, Enero/Abril, ISSN 1815 – 5901.
15. Correa, S. J., González, S. & Hernández, A. A. (2017). *La gestión energética local: elemento del desarrollo sostenible en Cuba*. Universidad y Sociedad, 9(2), 59-67. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/547>
16. Empresa de Automatización Integral Holguín. CEDAI. (2021). *Fichas técnicas y tarifas de precio*. FT: 23-002.
17. Energías planetarias. (2020). *FEATURE REPORT: The Energy Mix and Energy Transition*. Planete Energies. <https://www.planete-energies.com>
18. Espinosa, V. J. (2008). *Impacto del Mantenimiento en la Eficiencia Energética*. *Memorias del Evento GMC*. Santiago de Chile. 42p
19. Gaceta Oficial de la República de Cuba. (2018). Resolución No. 152/2018 (GOC-2018-657-EX61). *Manual de Inspección a los Portadores Energéticos*. Ministerio de Energía y Minas. <http://www.gacetaoficial.gob.cu>
20. Gaceta Oficial de la República de Cuba. (2020). Resolución No. 277(GOC-2020-421-EX55). *Sobre objeto social de la Empresa AZUTECNIA*. Ministerio de Economía y Planificación. <http://www.gacetaoficial.gob.cu>
21. Gaceta Oficial de la República de Cuba. No. 26 (Extraordinaria de 13 de abril de 2021). Resolución 66/2021 (GOC-2021-347-EX26). *Sistema para la formación de*

- las tarifas eléctricas en pesos cubanos para el cobro del servicio eléctrico.* Ministerio de Finanzas y Precios. <http://www.gacetaoficial.gob.cu>
22. Gaceta Oficial de la República de Cuba. No. 95 (Ordinaria de 28 de noviembre de 2019). Resolución 124 (GOC-2019-1067-O95). *Regulaciones para elevar la gestión, eficiencia y conservación energética.* Ministerio de Energía y Minas. <http://www.gacetaoficial.gob.cu>
 23. Gaceta Oficial de la República. (2019). Decreto-Ley No. 345 (GOC-2019-1063-O95) *Del desarrollo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía.* La Habana. <http://www.gacetaoficial.gob.cu>
 24. GUARCONSA S.A, (2021). *Tienda en línea.* La Habana. Cuba. <https://5984-cu.all.biz>
 25. Guerra, K.V. (2017). *Modelo de un Sistema de Gestión de la Energía bajo la norma ISO50001:2011 en la empresa Arboriente S.A.* [Tesis de maestría, Universidad de Barcelona].http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/115744/1/TFM_SGE_GUERRA_KARLA.pdf
 26. Hernández, P. E. (2019). *Procedimiento para la Gestión y Mejoramiento de la Energía en el Taller Termoenergético de la Empresa de aceros Inoxidables las Tunas.* [Tesis de maestría, Universidad de las Tunas]. <http://hdl.handle.net/123>
 27. International Energy Agency. (2020). *Data and Statistics.* <https://www.iea.org/data-and-tatistics?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator>
 28. International Energy Agency. (2020). *Key World Energy Statistics. In Statistics report-August 2020.* <http://www.oecd-ilibrary.org/energy/world-energy-out-look>
 29. International Standard Organization. (2011) *Energy Managements Systems – Requirements with guidance for use.* ISO 50001:2011. Ginebra, Suiza
 30. International Standard Organization. (2018) *Energy Managements Systems – Requirements with guidance for use.* ISO 50001:2011. Ginebra, Suiza
 31. Lápido, R. M. & Monteagudo, Yanes, J. P. (2013). *Seminario de Sensibilización gestión energética y NC 50001.* EPROYIV.

32. Lápido, R. M. (2009). *La gestión energética y la competitividad empresarial*. Consultado 8 de enero de 2021. <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energía/Energia29/HTML/articulo10.htm>
33. Lloyd's Register, "Global Energy Management Systems". (en línea), ISO 50001. (2012). Consulta 8 de diciembre de 2020. <http://www.pwc.com/mx/es/post-eventos/archivo/2012-07-Foro-de-Gestión-Energética-ISO-50001-2.pdf>
34. López, C. M. (2011). *Hospitales eficientes: Una revisión del consumo energético óptimo* [tesis de doctorado, Universidad de Salamanca]. <https://core.ac.uk/download/pdf/9529191.pdf>
35. López, P. F. (2006). *Sobre el uso y la gestión como los factores principales que determinan el consumo de energía en la edificación* [tesis de doctorado, Universidad de Cataluña]. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6122/TFLP1de2.pdf>
36. Moreno, C. L. (2017). *Renewable energy and energy efficiency in Latin America: A regulatory vision*. *Journal of Energy and Natural Resources Law*, 35(4), 405–416. Consultado el 22 de diciembre de 2020. <https://doi.org/10.1080/02646811.2017.1370175>
37. Navarro, G. J. C. (2017). *Propuesta metodológica para la elaboración de planes nacionales de eficiencia energética para los países del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA)*. CEPAL. LC/MEX/TS.2017/3. Ciudad de México. 105p. Consultado el 29 de enero de 2021. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40976_es.pdf
38. Norma IEEE STD 519-2014. *Harmonic Voltage Limits*. Scheider Electric. Consultado el 25 de enero de 2021. http://www.egr.unlv.edu/~eebag/IEEE_STD_519_1992vs2014.pdf
39. Oficina Nacional de estadística de Cuba. (2019). *Electricidad en Cuba*. Indicadores seleccionados.16p. <http://www.one.cu>
40. Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI). 2019. *Anuario Estadístico de Holguín 2018*. <http://www.onei.cu>

41. Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI). 2021. *Electricidad en Cuba. Indicadores Seleccionados 2020*. La Habana. http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/electricidad_anual_2020.pdf
42. Oficina Nacional de Normalización, (2018). *Norma cubana NC ISO 50001: 2018 Requerimientos con orientación para su uso*. La Habana.
43. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. (2015). *Guía Práctica para la Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía*. Austria. <http://www.Unido.org>
44. Organización Latinoamericana de Energía. (2019). *Panorama Energético de América Latina y el Caribe*. <http://www.olade.org/publicaciones/panorama-energetico-de-america-latina-y-el-caribe-2019/>
45. Organización Latinoamericana de Energía. (2020). *Panorama Energético de América Latina y el Caribe*. <http://www.olade.org/publicaciones/panorama-energetico-de-america-latina-y-el-caribe-2020/>
46. Orosco, C. (2004). *Ahorro de energía y eficiencia energética en sistemas de aire acondicionado y refrigeración*. Scientia et Technica. Colombia. Universidad de Pereira. UTP. ISSN 0122-1701.
47. Özdemir, V. (2014). *A Future Projection of Turkey's Energy Intensity*. Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy, 9(1), 1–8. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15567240903551161>
48. Partido Comunista de Cuba. (2021). Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución. Octavo Congreso del Partido Comunista de Cuba. La Habana: Editora Política. [https://www.tsp.gob.cu/sites/default/files/documentos/Conceptualización_y_Lineamientos_actualizados_\(1\).pdf](https://www.tsp.gob.cu/sites/default/files/documentos/Conceptualización_y_Lineamientos_actualizados_(1).pdf)
49. Viego, F.P. (2002). *Ahorro de Energía en Sistemas de Suministro Eléctrico Industrial*. Editorial Universo Sur. Universidad de Cienfuegos. 148p
50. Payé, C. L. (2020). *Compensación de potencia reactiva y análisis de armónicos en sistemas de distribución eléctrica UNA - Puno 2018 – 2019*. [Tesis de

Doctorado, Universidad Nacional de Antiplano, Perú]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/13509>

51. Pérez, G. O. (2013, 12 de febrero). *La gestión energética en el contexto empresarial cubano*. Revista Caribeña de Ciencias Sociales. <http://caribena.eumed.net/gestión-energética-contexto-empresarial-cubano/>
52. Prensa Latina. (2020). *Cuba por el uso racional y eficiente de la energía*. <https://www.prensa-latina.cu/index.php?o=rn&id=421128&SEO=cuba-por-el-uso-racional-y-eficiente-de-la-energía-foto>
53. Rosas, M. R. (2018). *Manual para la implementación de un sistema de gestión de la energía en el contexto centroamericano*. ASI/ CADIN/ Conuee/ GIZ México, CDMX. Consultado el 21 de diciembre de 2020. https://redesdeaprendizaje.org/Download/ManualGestionEnergia_2018.pdf
54. Schneider Electric Industries SAS. (2011). *Low Voltage Capacitors*. <https://www.schneider-electric.com>
55. Torres, R. R. & Acosta, C. H. (2013). *Mejoramiento de la eficiencia energética en los frigoríficos de ENFRIGO*. Editorial Academia de España. ISBN 978-3-8473-5986-9. 89p.
56. Unión Nacional Eléctrica. (2019). *Maestro de la facturación H-254*. Empresa Eléctrica Holguín. Software Facturación independiente.
57. Unión Nacional Eléctrica. (2020). *Maestro de la facturación H-254*. Empresa Eléctrica Holguín. Software Facturación independiente.
58. Váquiro, J. D. (2020, 12 de febrero). *Periodo de recuperación de la inversión – PRI*. MINEM. PYMESFUTURO. <https://www.pymesfuturo.com/pri.htm>.

ANEXOS

Anexo1. Guía de observación

No	Aspectos a verificar	Si	No	A veces
1	¿Existe en la entidad el personal calificado en materia energética?		X	
2	¿Se observan acciones de divulgación dónde se dé a conocer el cumplimiento de los planes de producción y de energéticos?		X	
3	¿Se aprecia control diario de los responsables de cada área, donde se vele por el ahorro de electricidad, agua, combustibles y otros?			X
4	¿Se recogen diariamente las autolecturas y se controla el cumplimiento del plan de electricidad?	X		
5	¿Se evidencia en los trabajadores conocimiento sobre las medidas de ahorro de electricidad y cumplen con ellas?			X
6	¿Se desconectan los equipos y la iluminación cuando no se están utilizando?			X
7	¿Se aprecia la incorporación de nuevas tecnologías?		X	
8	¿En el horario pico se desconectan los aires acondicionados y Split no tecnológicos?			X
9	¿Se detienen los bombeos de agua en el horario pico?	X		
10	¿Se mantiene la iluminación indispensable destinada sólo para seguridad en el horario pico?	X		
11	¿Se garantiza que no existan instalaciones ajenas o que se encuentren conectadas por tendederas eléctricas?		X	
12	¿Se mantienen los bancos de transformadores de los centros de carga, en espacios libres de objetos ajenos a los accesorios de los transformadores?	X		
13	¿Se asegura que en los centros o pizarras generales de distribución (PGD) de la energía existan al menos mediciones eléctricas, calibradas y verificadas?		X	

Anexo 2. Lista de chequeo

No	Aspectos a verificar	Si	No	Parcial
Del autocontrol				
1	¿Existe evidencia del autocontrol mensual, reflejado en los modelos de la bitácora?	X		
2	¿Se realizan mensualmente en los órganos colegiados de dirección los análisis con respecto al plan de consumo, desviaciones de índices y aprovechamiento eficiente de los portadores energéticos?			X
3	¿En el plan de prevención están contempladas acciones para evitar condiciones negativas en el uso de los portadores energéticos?	X		
4	¿Existen planes de medidas para resolver las deficiencias detectadas y las mismas han sido cumplidas de acuerdo a la fecha propuesta?	X		
Del sistema de gestión energética				
5	¿Se realizan análisis sistemáticos de los indicadores energéticos en los Consejos de Dirección por medio de las actas?			X
6	¿Existe una estructura para la atención a la planificación, el control y el uso eficiente de la energía?	X		
7	Existe una estrategia de capacitación y acciones de divulgación.			X
8	¿Existe un fondo documental para la regulación, la organización y el control de la actividad energética?	X		
9	¿Existe un programa energético, de inversiones y mantenimiento para la mejora continua de la eficiencia, conservación energética, y energía renovable?		X	
10	¿Existe control del plan de mantenimiento preventivo y planificado para garantizar la adecuada explotación de los sistemas eléctricos?			X
Del procedimiento de control y evaluación administrativa				
11	¿Existe el contrato del servicio eléctrico?	X		
12	¿Se cumple con el plan de consumo de energía eléctrica?	X		
13	¿Se evalúa el comportamiento de la demanda y el factor de potencia?		X	
14	¿Se encuentra establecido y se evalúa el índice de consumo energético?			X
15	¿Se realiza y evalúa el balance de los portadores energéticos?	X		
16	¿Existe y se cumple el plan de acomodo de las cargas eléctricas?		X	
17	¿Existe y se encuentra completa la Información básica general del centro?		X	

Anexo 2. Lista de chequeo (continuación)

Del estado técnico de los equipos consumidores de energía eléctrica.				
18	¿Es adecuado el estado técnico y de funcionamiento de los equipos de iluminación, clima, medios de cómputo, electrodomésticos, motores, u otros equipos?	X		
Del plan mensual de consumo				
19	¿Está definido el plan mensual de consumo de electricidad acorde a lo aprobado?	X		
De las obligaciones con relación al control y consumo de electricidad				
20	¿Se cumple con el plan mensual de consumo de electricidad?	X		
21	¿Se garantiza la debida correspondencia entre la facturación de electricidad y la autolecturas? Se refleja como deficiencia las variaciones mayores al $\pm 3\%$?	X		
22	¿Se cumple con el presupuesto asignado para el pago de la electricidad?	X		
23	¿Se mantiene actualizado el diagrama monolineal eléctrico, con los datos requeridos, así como el levantamiento de las cargas eléctricas?		X	
24	¿Se cumple con los indicadores de eficiencia energética a nivel global o por procesos, por líneas productivas, por equipos, según sea posible?		X	
25	¿Se garantiza que no existan instalaciones ajenas o que se encuentren conectadas por tendederas eléctricas?		X	
26	¿Se asegura que los sistemas eléctricos cuenten con valores de temperaturas permisibles en los equipos, dispositivos y demás componentes y que estos estén en un adecuado estado técnico?	X		
27	¿Se asegura que los equipos, dispositivos y demás componentes cuenten con un balance de cargas por fase?	X		
28	¿Se asegura que el contenido de armónicos de tensión y de corriente no sobrepasen los valores establecidos?	X		
29	¿Se garantiza que los equipos de alto consumo eléctrico, contengan su protección primaria?	X		
De la calidad y certificación de los medios de medición y sistemas eléctricos				
30	¿Existen y están en buen estado técnico y operacional los instrumentos de medición de equipos, pizarras y de los sistemas eléctricos en general, que estos se encuentren verificados y que posean la certificación correspondiente?			X

Anexo 2. Lista de chequeo (continuación)

Del programa de fuentes renovables				
31	¿Se mantiene actualizado el “Programa para el desarrollo, mantenimiento y sostenibilidad de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía” con un alcance de cinco años, de acuerdo con lo establecido en la legislación vigente?		X	
De los motores eléctricos				
32	¿Los motores eléctricos no presentan baja eficiencia, ya sea por la cantidad de reparaciones, por inadecuada tensión de alimentación, desbalances de tensión o de corriente, por contaminación de armónicos, o por desperfectos técnicos?		X	
33	¿Las protecciones térmicas de los motores están bien seleccionadas y calibradas?	X		
34	¿Existen condiciones que afectan el correcto funcionamiento de los motores eléctricos?	X		
35	¿Existen motores sobredimensionados?		X	
Del sistema de iluminación				
36	¿Se ejecuta una correcta limpieza en las lámparas, los difusores y demás componentes de las luminarias?	X		
37	¿Se prohíbe la existencia de luminarias sin lámparas o con lámparas fundidas sin reponer y con el balastro electromagnético conectado?	X		
38	¿Se utilizan pinturas de colores claros en paredes, muros y techos?	X		
39	¿Los circuitos de iluminación están seccional izados?	X		
40	¿Se aprovecha de la luz natural en los lugares donde es posible y se justifique técnicamente, a través de tejas traslúcidas u otros?	X		
41	¿Existen luminarias o lámparas eficientes donde sea posible?		X	
Del factor de potencia y la demanda contratada				
42	¿El centro ha sido penalizado por bajo factor de potencia?	X		
43	¿El centro ha sido penalizado por incumplimiento de la demanda contratada?		X	
44	¿El centro ha realizado pagos indebidos por incorrecta demanda contratada (DR < 80% de DC)?	X		

Anexo 2. Lista de chequeo (continuación)

Del sistema de climatización y refrigeración				
45	¿Los equipos de climatización en locales no tecnológicos, se encuentran ajustados para garantizar la temperatura confort de 24 °C?	X		
46	¿Los locales climatizados están correctamente hermetizados?	X		
47	¿Se mantiene un correcto mantenimiento a los filtros, evaporadores y capacitores de los equipos de refrigeración y climatización?		X	
48	¿Los locales con ventanas o paneles de cristal al exterior poseen quiebra soles, papeles reflectores o barreras naturales?	X		
49	¿Es correcto el aislamiento térmico en las tuberías o accesorios?	X		
50	¿Existe una adecuada selección de los equipos de climatización y refrigeración acorde con los requisitos demandados?	X		
51	¿Se logra una adecuada ubicación de los equipos de climatización para lograr la mejor eficiencia del proceso?	X		
52	¿Están en buen estado técnico los compresores, difusores, capacitores, evaporadores y otros dispositivos?	X		
53	¿Existen otras condiciones que afecten el correcto funcionamiento del sistema de climatización y refrigeración de los diferentes equipos y accesorios?		X	
Del sistema de distribución de fluidos				
54	¿No existe fugas o salideros en los conductos, tuberías, tanques acumuladores de agua, u otros fluidos?	X		
55	¿Existe una adecuada relación bomba-motor que permita la eficiencia óptima en el bombeo de fluidos?	X		
56	¿Existe controles de niveles de llenado de fluido y se encuentran funcionando?	X		
57	¿El dimensionamiento y trazado de sistemas de tuberías es el adecuado para evitar que provoquen pérdidas de presión innecesarias?	X		
58	¿Existe un apropiado régimen de mantenimiento técnico preventivo?	X		

Anexo 3. Procedimiento para la mejora de la gestión energética



Anexo 4. Consumo por equipos en los Talleres

No. Inventario	Denominación	Modelo	Consumo (kWh)
40487	Torno Coreano	Haichen	11,33
635	Fresadora Universal	675	9,2
40301	Recortador		5,5
614	Rectificadora Plana	3E711B	14
6218	Rectificadora de Cigüeñal	RG-280	5,5
6219	Rectificadora de Cigüeñal	RG-280	5,5
920	Taladro Radial	2A52	4,5
615	Taladro de Columna	2H125T	4,5
10068	Taladro de Mesa	2M112T	2,5
40757	Taladro de Mesa	H12A	2,5
673	Taladro de Mesa	2M112T	2,5
1229	Lavadora Ultrasónica	AKM	14
399115	Máquina de Soldar	BD-301	22
2373	Máquina de Soldar	BR-30604	20
618	Electro lavadora	3G633	7,5
531	Bco. Prueba Bomba Inyección	MAGASA	3,6
42314	Bco. Prueba Bomba Inyección	BOSCH	5
245	Bco. Prueba de Motores	KI-13633	3,5
1726	Grúa Puente		13
40276	Grúa Radial		5,4
948	Ventilador		1,5
5096	Grúa Puente	T-3-1	13
1729	Grúa		5,4
400029	Máquina de Soldar		22
456	Ventilador		1,5
636728	Taladro de Mesa	2M112T	4,5
1236	Electro afiladora	3G683	7,5
3045	Prensa Hidráulica		4
40288	Grúa Viajera		13
60475	Bco. Prueba Hidrostático		22
387	Bco. Prueba Hidráulico	KI-4200	22
962	Bco. Eléctrico	ZENIT	2,5

Anexo 4. Consumo por equipos en los Talleres (continuación)

No. Inventario	Denominación	Modelo	Consumo (kWh)
972	Torno Universal	IM63	16
609	Ventilador		1,5
15002	Torno Universal	IM63	16
636607	Taladro de Columna	2H135T	4,5
465	Recortador	73D76	5,5
658	Fresadora Universal	GM-82	9,2
40600	Grúa Monorraíl	INME	1,9
40005	Prensa Hidráulica	OKC-1621	2,5
223	Ventilador		1,5
5091	Máquina Enderezadora		13
824	Máquina Tejedora		13
5091	Máquina Tejedora		13
4075	Máquina Tejedora		11
4074	Máquina Tejedora		11
1	Máquina de Puntear		5,2
2	Máquina de Puntear		1,5
3	Máquina de Puntear		2
4	Máquina de Puntear		2,7
41328	Máquina Fabricar Grampa		1
3289	Máquina de Soldar	BD306	8
5756	Torno Universal	16K20	12
5776	Torno Universal	16K20	12
4429	Torno Universal	16B116	9
663	Torno Universal	C-3M	13,5
40476	Torno Universal	IM63	16
2714	Torno Universal	C-11MB	11,3
963	Fresadora Universal	GTB-3	17,3
636650	Fresadora Universal	FU-321	10
932	Recortador	73D75	5,5
6022	Taladro Radial	2H55	8,4
16783	Taladro Radial	TRI-1600	8,4
6110	Taladro de Columna	2A135T	4,5

Anexo 4. Consumo por equipos en los Talleres (continuación)

No. Inventario	Denominación	Modelo	Consumo (kWh)
10088	Taladro de Mesa	2M112T	2,5
2746	Electro afiladora	35633	7,5
2293	Afiladora Universal	3E624C	12
1219984	Segueta Mecánica	872	2,5
4071	Prensa para Neumático	OKC-1671	15
6023	Cizalla Plana	H-3222	15,5
6020	Cizalla Combinada	HB-5224	8,2
6028	Prensa Broke	1432A	19
6027	Cilindro 22mm		75
6026	Cilindro 4mm		8
1716	Grúa Viajera	T-3-5	13
40074	Grúa Viajera		5,4
4069	Presa Hidráulica 40t		15
636621	Presa Hidráulica 10t		12
3009	Compresor	BY-057A	4,1
	Máquina de Soldar (18)		13
	Ventiladores (3)		1,5

Anexo 5. Encuesta para trabajadores

Años de Experiencia laboral _____ Calificación _____ Área _____

Considera que usted puede ahorrar energía en su puesto de trabajo mediante:

	MUCHO	POCO	NO SE
• Mejorando la operación			
• Mejorando el mantenimiento			
• Mejorando la instrumentación			
• Mejorando los registros de control			
• Mejorando el nivel de conocimiento			
• Mejorando mi motivación			
• Mejorando las condiciones de trabajo			
• Mejorando la automatización			
• Mejorando la cantidad y calidad de las inspecciones			
• Mejorando la política de estímulo			

1. ¿Qué portadores energéticos se utilizan en su área de trabajo?

() Electricidad () Gasolina () Petróleo () otros

a) ¿Conoce la cantidad que se consume?

() Si () No Explique de cuáles: conocimiento

b) ¿Conoce las medidas de ahorro para cada uno de ellos?

() Si () No

c) ¿Se controla el cumplimiento del plan de ahorro de los portadores?

() Si () No () A veces

Anexo 5. Encuesta para trabajadores (continuación)

d) ¿En su puesto de trabajo puede usted ahorrar energía?

() Si () No () No se

2. ¿Se informa el cumplimiento de los planes de producción cada mes?

() Si () No () A veces

3. ¿Se dan a conocer los resultados de los indicadores de eficiencia energética?

() Si () No () A veces

4. ¿Se comunica cada mes el impacto de los gastos energéticos sobre los gastos totales?

() Si () No () No se

5. ¿Recibe usted algún estímulo por la mejora de la eficiencia energética?

Moral _____ Material _____

6. ¿Dispone de instrucciones de operación y mantenimiento de su equipo o área de trabajo?

Si () No ()

7. ¿Ha recibido cursos de calificación?

Si () No ()

Cuando comencé a trabajar		
Periódicamente		
Mensualmente		
Anualmente		

8. ¿Sabe usted qué contaminación provoca su área de trabajo?

() Si () No () No se

Anexo 5. Encuesta para trabajadores (continuación)

9. Según su opinión la actividad de uso de energía provoca contaminación ambiental.

Si No No se

10. Sobre las afectaciones al medio ambiente provocadas por su centro de trabajo.

a) ¿Se considera informado?

Ampliamente Suficiente Escasamente No informado

b) Mencione la primera afectación medio ambiental que recuerde.

11. La Empresa cuenta con un plan de medidas para la protección del medio ambiente. Si No No se

a) Diga algunas medidas.

Anexo 6. Mediciones eléctricas realizadas entre los días 20-22/01/2021

Dia	Hora	Corriente A Med	Corriente B Med	Corriente C Med	Potencia Aparente Med	Potencia Activa Med	Factor de Potencia Med	Potencia Reactiva Med	THD V AB Max	THD V BC Max	THD V CA Max
20-01-21	10:33	142.4	152.6	176.4	132180	50880	0.5	109620	1.38	1.5	1.45
20-01-21	10:58	86.9	109.8	125.2	90540	40800	0.44	66240	1.52	1.65	1.59
20-01-21	11:00	89.3	120.4	134	96240	39660	0.57	73500	1.48	1.61	1.54
20-01-21	11:47	21	58.1	68.8	45060	25620	0.57	25860	1.67	1.76	1.73
20-01-21	12:04	7.5	53.4	58.3	39180	21300	0.54	17940	1.8	1.9	1.85
20-01-21	12:58	118.1	128.1	144.3	110520	40680	0.5	90600	1.81	1.93	1.92
20-01-21	13:02	115.6	128.3	142.6	109080	50520	0.46	91800	1.85	1.97	1.92
20-01-21	13:47	166.3	179.7	188.6	151320	49340	0.65	112440	1.79	1.88	1.85
20-01-21	14:03	111.9	130.9	139.4	109080	48840	0.59	84960	1.72	1.82	1.79
20-01-21	14:12	106.4	118.6	133.6	102360	51200	0.44	86640	1.71	1.78	1.77
20-01-21	15:04	92.5	106.2	127.2	91680	45180	0.49	73140	1.55	1.63	1.65
20-01-21	15:57	94	122.8	137.5	100260	45420	0.45	82080	1.61	1.73	1.69
20-01-21	16:05	68.9	100.3	109.8	78900	44640	0.57	59100	1.66	1.72	1.72
20-01-21	16:45	9.1	40.2	44.8	29580	16320	0.55	14400	1.78	1.9	1.89
20-01-21	17:03	3.7	23.1	25	16680	7080	0.43	7500	1.74	1.84	1.81
20-01-21	17:37	4.2	23.1	25.2	16740	7140	0.43	7680	1.82	1.96	1.91
20-01-21	18:04	8.3	27.1	27.5	19020	9300	0.47	9120	1.94	2.09	2.05
20-01-21	18:40	4.7	24.6	26.6	18000	7500	0.42	8700	1.86	1.98	1.97
20-01-21	19:00	3.9	22.7	24.1	16320	5880	0.40	7680	1.96	2.07	2.06
20-01-21	19:21	4	22.6	23.9	16260	6300	0.39	7740	2.09	2.24	2.19
20-01-21	20:01	3.9	23.7	25.1	16980	5880	0.41	7980	2.31	2.48	2.4
20-01-21	20:54	4.1	24.1	25.4	17400	6720	0.39	8520	2.31	2.45	2.4
20-01-21	21:04	4	21.9	23.2	15780	6060	0.39	7440	2.34	2.48	2.41
20-01-21	21:42	4.6	22.5	24.3	16380	5880	0.4	7920	2.39	2.51	2.45
20-01-21	22:14	4.7	24.1	25.9	17580	6960	0.4	8700	1.83	1.91	1.85
20-01-21	22:46	4.9	23	24.8	16920	6360	0.38	8460	1.72	1.79	1.73
20-01-21	23:06	4.8	23.2	25	17040	6420	0.38	8580	1.56	1.61	1.58
20-01-21	23:29	4.5	24.4	25.8	17820	6360	0.36	9060	1.48	1.55	1.5
20-01-21	23:59	4.5	24.6	25.9	17940	6360	0.36	9120	1.42	1.47	1.43

Fecha	Hora	Corriente A Med	Corriente B Med	Corriente C Med	Potencia Aparente Med	Potencia Activa Med	Factor de Potencia Med	Potencia Reactiva Med	THD V AB Max	THD V BC Max	THD V CA Max
21-01-21	0:00	4.4	24	25.3	17460	6240	0.36	11760	1.53	1.57	1.51
21-01-21	1:06	4.8	23	24.6	16800	6240	0.37	11400	1.2	1.21	1.18
21-01-21	2:08	4.8	23.4	25	17040	6480	0.38	11520	1.24	1.27	1.23
21-01-21	3:02	4.8	23.1	24.7	16860	6360	0.38	11400	1.16	1.19	1.14
21-01-21	4:08	16.1	33	31.5	22740	12900	0.51	14280	1.44	1.48	1.36
21-01-21	5:03	3.9	22.4	23.7	16080	5820	0.36	10740	1.14	1.14	1.08
21-01-21	6:16	4.1	21	22.5	15060	5700	0.38	10080	1.05	1.13	1.06
21-01-21	7:14	10.3	35.1	35.2	24600	11340	0.44	15660	1.38	1.5	1.4
21-01-21	8:00	62.5	103.9	107.4	77940	44820	0.58	59700	1.35	1.42	1.36
21-01-21	9:06	146	151.6	171.4	130620	47260	0.52	110760	1.35	1.39	1.36
21-01-21	10:33	145.2	156	181.6	135180	43660	0.47	117240	1.41	1.45	1.42
21-01-21	10:58	116.4	141.3	166.7	119760	39460	0.57	95400	1.45	1.47	1.47
21-01-21	11:00	123.4	147.8	172.8	125220	44520	0.6	98280	1.41	1.45	1.44
21-01-21	11:47	49.9	83.4	96.8	66360	43140	0.65	44340	1.66	1.71	1.73
21-01-21	12:04	29.3	70.7	75.1	52020	35880	0.68	27840	1.71	1.73	1.72
21-01-21	12:58	104.7	117.9	138.8	102960	46820	0.55	83340	1.81	1.85	1.86
21-01-21	13:02	116.4	129.4	148.4	111360	47420	0.52	93180	1.84	1.9	1.91
21-01-21	13:47	159.4	162.4	183.6	143640	47140	0.47	126180	1.75	1.81	1.81
21-01-21	14:03	152.2	160.4	182.9	141000	49500	0.48	119940	1.69	1.71	1.74
21-01-21	14:12	107.2	121.2	143.4	106560	48060	0.45	93720	1.66	1.7	1.72
21-01-21	15:04	122.2	153.6	179.8	129240	42040	0.45	110220	1.57	1.66	1.63
21-01-21	15:57	106	142.7	162	116460	43400	0.46	100140	1.5	1.61	1.57
21-01-21	16:05	118.8	151.9	168.7	124260	43600	0.51	104400	1.48	1.55	1.55
21-01-21	16:45	12.7	42.5	47.1	31740	19140	0.6	18660	1.62	1.7	1.66
21-01-21	17:03	3.8	24.5	26.1	17520	7020	0.4	11340	1.65	1.83	1.73
21-01-21	17:37	3.9	25.2	26.6	18000	7020	0.39	11760	1.77	1.94	1.89
21-01-21	18:04	6.9	26.5	26.9	18600	8160	0.43	12240	1.83	1.98	1.93
21-01-21	18:40	4.2	24.4	25.6	17520	6660	0.38	11700	1.87	1.97	1.97
21-01-21	19:00	5.4	29.1	31.2	21540	8520	0.4	14340	2.02	2.13	2.14
21-01-21	19:21	4.6	25.6	27.7	18600	8340	0.45	11700	2.08	2.21	2.21
21-01-21	20:01	14.9	33.5	30.9	23400	15300	0.66	14880	2.38	2.57	2.53
21-01-21	20:54	4.8	24.5	26.1	17760	6900	0.39	12000	2.32	2.48	2.45
21-01-21	21:04	26.5	44.5	40.3	32100	24180	0.75	19020	2.33	2.48	2.43
21-01-21	21:42	14.8	32.7	30.1	22800	15060	0.66	14400	2.34	2.47	2.41
21-01-21	22:14	15.3	34	31.3	23820	15780	0.66	15000	1.91	1.99	1.98
21-01-21	22:46	17.7	35.3	33	25020	17040	0.68	15660	1.64	1.67	1.68
21-01-21	23:06	14.9	33.6	31	23640	15240	0.65	15120	1.5	1.54	1.58
21-01-21	23:29	4.2	23.1	24.3	16560	6300	0.38	11100	1.38	1.39	1.4
21-01-21	23:59	4.4	23.3	24.4	16680	6600	0.4	11100	1.29	1.3	1.33

Fecha	Hora	Corriente A Med	Corriente B Med	Corriente C Med	Potencia Aparente Med	Potencia Activa Med	Factor de Potencia Med	Potencia Reactiva Med	THD V AB Max	THD V BC Max	THD V CA Max
22-01-21	0:00	5	23.3	25.2	17100	6420	0.38	11640	1.32	1.34	1.32
22-01-21	0:30	5.2	23.4	25.5	17220	6540	0.38	11820	1.25	1.27	1.26
22-01-21	1:05	5.3	23.2	25.2	17160	6360	0.37	11760	1.18	1.17	1.18
22-01-21	1:36	5.3	23.8	25.9	17640	6540	0.37	12120	1.13	1.11	1.13
22-01-21	2:04	20.5	38.7	36.4	27960	19200	0.68	17580	1.13	1.13	1.14
22-01-21	2:32	5.5	23.9	26	17760	5940	0.40	12240	1.2	1.24	1.23
22-01-21	3:08	5.5	24	26.1	17820	6420	0.36	12360	1.18	1.17	1.18
22-01-21	3:35	5.3	23.8	25.9	17580	6480	0.37	12060	1.17	1.23	1.22
22-01-21	4:01	25.6	44.2	41	32400	23760	0.74	19680	1.41	1.38	1.42
22-01-21	4:32	5.4	24.1	26.2	17820	6480	0.36	12300	1.45	1.47	1.44
22-01-21	5:00	5.2	23.5	25.6	17280	6600	0.38	11760	1.27	1.26	1.24
22-01-21	5:29	14.6	32.9	31.6	23460	14640	0.62	15180	1.02	1.04	1.01
22-01-21	6:03	11.5	28.8	28.6	20340	10980	0.52	13320	1.23	1.25	1.18
22-01-21	6:36	15.3	31.6	29.9	22320	15240	0.68	13920	1.17	1.25	1.18
22-01-21	7:04	20.9	38.6	38.2	26040	14220	0.5	17160	1.8	1.88	1.79
22-01-21	7:33	17	37.9	45.2	30120	15360	0.51	21540	1.76	1.8	1.68
22-01-21	8:04	100.6	111.2	130.6	97200	50580	0.52	81360	1.59	1.64	1.62
22-01-21	8:36	110.5	114	137	101400	47700	0.47	88320	1.58	1.64	1.63
22-01-21	9:10	109.2	119.7	143.4	104820	52200	0.5	89700	1.58	1.68	1.64
22-01-21	9:34	152.7	151.1	180.5	135120	65160	0.48	117540	1.46	1.54	1.54
22-01-21	10:01	163	162.8	191.3	144120	68640	0.48	126060	1.59	1.63	1.6
22-01-21	10:33	157.9	157.4	187.1	138240	72180	0.46	118380	1.54	1.63	1.63
22-01-21	11:03	127.9	134.7	161.3	116580	65100	0.56	95460	1.68	1.73	1.72
22-01-21	11:35	55.1	83.4	102.8	69240	44640	0.64	47760	1.75	1.82	1.82
22-01-21	12:02	35.3	74.1	87.9	58260	37080	0.64	36420	1.92	1.99	1.98
22-01-21	12:32	64.7	81.6	102.2	70800	38280	0.54	55740	1.95	2.05	2
22-01-21	13:00	84.2	104.2	121.5	87780	58260	0.66	63240	2.01	2.11	2.1
22-01-21	13:22	121	120.6	141.7	107700	50280	0.47	94560	2.12	2.17	2.19
22-01-21	14:01	97.3	107.3	130.3	94320	48060	0.51	79560	2.16	2.19	2.22
22-01-21	14:30	108	112.9	134.2	99180	48420	0.49	85320	1.74	1.86	1.83
22-01-21	15:06	134.8	137	156.9	120240	55620	0.46	106140	1.76	1.89	1.86
22-01-21	15:33	109.3	117.2	137.6	101760	49860	0.49	87420	1.76	1.9	1.86
22-01-21	16:08	125.7	136.5	155	115620	51240	0.44	102720	1.74	1.87	1.86
22-01-21	16:30	66.7	81.2	96.3	68820	32820	0.48	58200	1.86	2	1.97
22-01-21	17:00	17.9	35	41.8	27660	14580	0.53	20280	2.17	2.31	2.29
22-01-21	17:37	19.3	38.6	45	30480	16920	0.55	21780	2	2.11	2.12
22-01-21	18:02	17.6	34.2	39	26820	12660	0.47	21000	2.06	2.21	2.19
22-01-21	18:33	14.1	28.8	32.7	22200	10860	0.49	16440	2.16	2.3	2.29
22-01-21	19:05	18.2	32.5	37	25800	12360	0.48	20340	2.13	2.28	2.31
22-01-21	20:07	18.1	32.6	37.1	25920	12300	0.48	20460	2.71	2.91	2.85
22-01-21	20:33	17.5	31.9	36.7	25320	12060	0.48	19860	2.8	3.02	2.94
22-01-21	21:05	8.8	26	28.8	19500	10380	0.53	12720	2.86	3.46	2.93
22-01-21	21:31	4.8	25.5	27.5	18720	8040	0.43	11940	2.4	2.58	2.49
22-01-21	22:06	4.7	25.3	27.3	18480	8100	0.44	11640	2.06	2.16	2.13
22-01-21	22:35	4.4	24.2	26.1	17520	7740	0.45	10980	1.86	1.96	1.9
22-01-21	23:04	4.9	26.5	28.6	19440	8220	0.42	12480	1.6	1.68	1.62
22-01-21	23:33	4.9	26.1	28.1	19260	8160	0.42	12360	1.44	1.51	1.44
22-01-21	23:58	5.3	27.4	29.5	20340	8220	0.4	13320	1.44	1.48	1.44

Anexo 7. Factor de potencia y penalizaciones 2019-2020

ANÁLISIS FACTOR DE POTENCIA (FP)												
FP	0.68	0.69	0.7	0.72	0.72	0.74	0.78	0.79	0.7	0.66	0.69	0.69
Importe FP	505	413	435.6	359.9	382	318	233	210	395.4	469	400	393
Importe FP Penalización	505	413	435.6	359.9	382	318	233	210	395.4	469	400	393
Importe FP Bonificación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Importe Total	2066	1770	1960	1799	1912	1789	1746	1720	1779	1759	1716	1684
% Importe Penalización FP del Importe Total	24	23	22	20	20	18	13	12	22	27	23	23

Servicio Codcli: 193. año 2020

ANÁLISIS FACTOR DE POTENCIA (FP)												
FP	0.68	0.68	0.65	0.74	0.65	0.72	0.75	0.72	0.73	0.71	0.7	0.73
Importe FP	386	406	499.2	305.1	482	259	217	258	244.2	292	309	244.2
Importe FP Penalización	386	406	499.2	305.1	482	259	217	258	244.2	292	309	244.2
Importe FP Bonificación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Importe Total	1577	1660	1797	1716	1736	1297	1303	1291	1293	1382	1391	1293
% Importe Penalización FP del Importe Total	24	24	28	18	28	20	17	20	19	21	22	19

Servicio Codcli: 194. año 2019

ANÁLISIS FACTOR DE POTENCIA (FP)												
FP	1	1	0.97	0.59	0.6	0.61	0.61	0.6	0.56	0.58	0.57	0.55
Importe FP	-254	-227	-226.1	2135	2084	1915	1977	1988	2241	2216	2238	2413
Importe FP Penalización	0	0	0	2135	2084	1915	1977	1988	2241	2216	2238	2413
Importe FP Bonificación	254	227	226.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Importe Total	9544	5221	5201	6198	6253	4216	6137	5965	5932	6233	6103	6206
% Importe Penalización FP del Importe Total	0.0	0.0	0.0	34.4	33.3	45.4	32.2	33.3	37.8	35.6	36.7	38.9

Nota: los datos de enero, febrero y marzo no se corresponden. por error de lectura del metrocontador.

Servicio Codcli: 194. año 2020

ANÁLISIS FACTOR DE POTENCIA (FP)												
FP	0.52	0.52	0.51	0.51	0.56	0.56	0.57	0.55	0.56	0.57	0.55	0.56
Importe FP	2634	2585	2588	2700	2091	1768	1675	1821	1902	1882	1978	1902
Importe FP Penalización	2634	2585	2588	2700	2091	1768	1675	1821	1902	1882	1978	1902
Importe FP Bonificación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Importe Total	6239	6122	5972	6231	5535	4679	4568	4682	5036	5134	5085	5036
% Importe Penalización FP del Importe Total	42	42	43	43	38	38	37	39	38	37	39	38

Anexo 8. Comportamiento de la demanda contratada 2019-2020

Servicio Codcli: 193, año 2019

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ANÁLISIS DEMANDA												
Contratada	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Registrada	43	37	36	37	40	38	37	36	40	32	38	35
Importe DC	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560
% DR vs DC	53,75	46,25	45	46,25	50	47,5	46,25	45	50	40	47,5	43,75
Penalización	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dem. propuesta	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Ahorro	-245	-266	-266	-266	-266	-266	-266	-266	-266	-266	-266	-266

Servicio Codcli: 193, año 2020

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ANÁLISIS DEMANDA												
Contratada	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Registrada	29	25	32	35	25	28	28	23	29	31	33	29
Importe DC	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560
% DR vs DC	36,25	31,25	40	43,75	31,25	35	35	28,75	36,25	38,75	41,25	36,25
Penalización	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dem. propuesta	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Ahorro	-350	-350	-308	-245	-350	-350	-350	-350	-350	-329	-287	-350

Servicio Codcli: 194, año 2019

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ANÁLISIS DEMANDA												
Contratada	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190
Registrada	80	79	81	82	115	104	89	82	76	95	89	86
Importe DC	1330	1330	1330	1330	1330	1330	1330	1330	1330	1330	1330	1330
% DR vs DC	42	42	43	43	61	55	47	43	40	50	47	45
Penalización	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dem. propuesta	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134
Ahorro	-392	-392	-392	-392	-392	-392	-392	-392	-392	-392	-392	-392

Servicio Codcli: 194, año 2020

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ANÁLISIS DEMANDA												
Contratada	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190
Registrada	73	74	71	73	68	62	74	62	95	89	83	95
Importe DC	1330	1330	1330	1330	1330	1330	1330	1330	1330	1330	1330	1330
% DR vs DC	38	39	37	38	36	33	39	33	50	47	44	50
Penalización	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dem. propuesta	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81
Ahorro	-763	-763	-763	-763	-763	-763	-763	-763	-469	-595	-721	-469

DC: Demanda contratada. DR: Demanda registrada

Anexo 9. Consumidores de electricidad ajeno a la entidad

Área	Equipo	Potencia (kW)	Cantidad	Potencia instalada (kW)	Horas de trabajo	Consumo diario (kWh)	Consumo mensual (kWh)
Carpeta	Lámpara fluorescente	0.018	2	0.036	24	0.864	20.736
	Ventidador	0.040	1	0.04	5	0.2	4.8
Sala de estar	Lámpara fluorescente	0.018	16	0.288	6	1.728	41.472
	Televisor	0.085	1	0.085	6	0.51	12.24
Pantri	Lámpara fluorescente	0.018	1	0.018	3	0.054	1.296
	Refrigerador mini bar	0.080	1	0.08	16	1.28	30.72
Pasillo	Lámpara fluorescente	0.018	3	0.054	12	0.648	15.552
Dirección	Lámpara fluorescente	0.018	2	0.036	8	0.288	6.912
Secretaría	Lámpara fluorescente	0.018	2	0.036	8	0.288	6.912
Oficina técnicos	Lámpara fluorescente	0.018	4	0.072	6	0.432	10.368
Cuarto de carpeta	Lámpara fluorescente	0.018	2	0.036	10	0.36	8.64
Aulas	Ventidador	0.040	1	0.04	2	0.08	1.92
	Lámpara fluorescente	0.018	25	0.45	6	2.7	64.8
	Split 12000 BTU	0.750	4	3	4	12	288
	Simulador	3.600	2	7.2	4	28.8	691.2
Dormitorios	Lámpara fluorescente	0.018	35	0.63	4	2.52	60.48
	Ventidador	0.040	15	0.6	8	4.8	115.2
	Split 12000 BTU	0.945	4	3.78	5	18.9	453.6
Total				16.481		76.452	1834.848

Anexo 10. Valores obtenidos antes y después de la compensación

Hora	Antes de la compensación						Después de la compensación			
	Potencia Activa	Potencia Reactiva	Potencia Aparente	Factor de Potencia	Corriente	Pérdidas (W)	Potencia Aparente	Potencia Reactiva	Corriente	Pérdidas (W)
00:28	6.3	11.28	16.74	0.38	17.37	2.02	6.56	1.84	7.89	0.42
02:58	11.1	14.16	21.3	0.5	23.63	3.74	11.56	3.24	13.91	1.30
03:18	6.3	12	17.64	0.36	18.20	2.22	6.56	1.84	7.89	0.42
04:39	10.74	14.16	21.12	0.49	23.40	3.67	11.19	3.13	13.46	1.21
05:47	11	12.6	16.44	0.39	17.10	1.96	11.46	1.84	13.78	1.27
07:23	12.4	15.36	23.3	0.48	42.97	12.37	12.92	3.55	15.54	1.62
08:42	55.32	110.52	124.26	0.45	147.53	145.83	57.63	16.14	69.31	32.19
09:53	61.2	124.86	140.2	0.43	170.00	193.63	63.75	17.85	76.68	39.40
10:29	60.3	128.2	142.8	0.42	176.57	208.88	62.81	17.58	75.55	38.24
11:49	33.36	25.26	49.56	0.67	56.07	21.06	34.75	9.73	41.80	11.71
12:07	45.6	31.38	70.1	0.65	69.73	32.58	47.50	13.30	57.13	21.87
13:48	55.32	93.72	109.62	0.5	129.07	111.61	57.63	16.14	69.31	32.19
14:47	44.46	81.06	93.66	0.47	110.53	81.86	46.31	12.97	55.71	20.79
15:04	64.38	120.96	137.28	0.47	164.47	181.23	67.06	18.78	80.66	43.60
16:44	19.26	26.34	35.88	0.54	40.87	11.19	20.06	5.62	24.13	3.90
17:14	15.12	20.46	28.38	0.54	32.30	6.99	15.75	4.41	18.94	2.40
18:25	12.84	20.22	26.04	0.49	29.50	5.83	13.38	3.75	16.09	1.73
19:04	14.88	20.52	27.24	0.55	31.07	6.47	15.50	4.34	18.64	2.33
22:35	7.74	10.98	17.52	0.45	18.23	2.23	8.06	2.26	9.70	0.63
23:49	7.74	12.24	19.02	0.41	19.43	2.53	8.06	2.26	9.70	0.63