

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

LOS CONTADORES DE ENERGÍA DIGITALES Y SU CONTRIBUCIÓN EN LOS
TRABAJOS DE MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.

AUTOR: Ing. Rubiseldo Pupo Estrada.

Holguín

2022

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

LOS CONTADORES DE ENERGÍA DIGITALES Y SU CONTRIBUCIÓN EN LOS TRABAJOS DE MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.

Autor: Ing. Rubiseldo Pupo Estrada.

Tutor: Profesor Titular Ing. Reynaldo Laborde Brown, Doctor en Ciencias Técnicas,
Universidad de Holguín (UHo)

Holguín

2022

PENSAMIENTO.

“La ciencia es el conjunto de conocimientos humanos aplicables a un orden de objetos, íntima y particularmente relacionados entre sí”.

José Martí

AGRADECIMIENTOS.

Quiero agradecer a todos los que de una forma u otra colaboraron con la ejecución de este trabajo, en especial al tutor Profesor Titular Ing. Reynaldo Laborde Brown, Doctor en Ciencias Técnicas de la Universidad de Holguín (UHo), quien supo guiarme a cumplir con las expectativas del trabajo, así como, a amigos y compañeros de trabajo que me apoyaron durante la investigación realizada.

DEDICATORIA.

A mis padres, que supieron guiarme por el camino correcto e inculcarme los mejores valores para llegar a ser una mejor persona, así como, un buen profesional.

A mis queridos hijos, por los cuales seguiré esforzándome siempre.

A mi esposa, por apoyarme en todo momento.

RESUMEN.

El presente trabajo tiene como objetivo exponer las potencialidades técnicas de los contadores digitales de energía de funciones múltiples del tipo MICROSTAR modelo P 2000- T, referidas a su uso en los trabajos de mejoramiento de la eficiencia energética en las entidades de la producción y de los servicios, mediante el desarrollo de un enfoque teórico y práctico sobre las principales variables que registran estos equipos, a fin de que se haga un uso pleno de los mismos en dichas entidades, pues presentan la ventaja de guardar una amplia información sobre las principales variables del sistema eléctrico, actuando de manera similar a un analizador de redes, sin embargo, se ha apreciado que en la práctica los energéticos de las empresas hacen muy poco uso de las ventajas y las prestaciones de estos instrumentos y los utilizan como un simple medidor de energía debido a la falta de conocimiento, motivada en parte por la poca información disponible sobre este tema. Con la investigación se logra disponer de un material bibliográfico general a partir del cual pueden elaborarse materiales con instrucciones específicas para una mejor explotación de los contadores de energía digitales en lo que se refiere a su contribución en los trabajos de mejoramiento de la eficiencia energética en las empresas.

Palabras claves: Eficiencia Energética, Energía, Potencia, Factor de Potencia

ABSTRACT.

The purpose of this paper is to expose the technical potential of multi-function digital energy meters of the MICROSTAR P 2000-T model, referring to their use in energy efficiency improvement works in production and service entities. services, through the development of a theoretical and practical approach on the main variables that these equipments register, in order to make full use of them in said entities, since they have the advantage of storing extensive information on the main variables of the electrical system, acting in a similar way to a network analyzer, however, it has been appreciated that in practice the energy companies make very little use of the advantages and features of these instruments and use them as a simple energy meter due to the lack of knowledge, motivated in part by the little information available on this topic. With the research, it is possible to have a general bibliographic material from which materials with specific instructions can be elaborated for a better exploitation of digital energy meters in what refers to their contribution in the works of improvement of energy efficiency in the Business.

Keywords: Energy Efficiency, Energy, Power, Power Factor

ÍNDICE	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	13
1.1. Estado del arte.....	13
1.2. Fundamentación teórica.	16
1.2.1. Conceptos y definiciones.	16
1.2.2. Teoría sobre la medición de la energía eléctrica en los circuitos de corriente alterna.....	19
Conclusiones del capítulo.....	28
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.	29
2.1. Caracterización del objeto de estudio.	29
2.1.1. Caracterización del contador trifásico de funciones múltiples del tipo MICROSTAR modelo P 2000- T.	29
2.2. Metodología seguida para el desarrollo del trabajo.	33
2.2.1. Desarrollo de las tareas de la investigación.	33
2.2.2. Metodología seguida para el desarrollo del trabajo de campo.	38
2.3. Características generales de los instrumentos utilizados.	41
Conclusiones del capítulo.	42
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	43
3.1. Ejemplos prácticos de la interpretación y uso de las lecturas de las diferentes variables que registra el contador para el mejoramiento de la eficiencia energética.	43
3.1.1. Ejemplo de utilización de la información correspondiente al consumo de energía eléctrica.	43

3.1.2. Ejemplo de utilización de la información correspondiente a la demanda de potencia activa.	46
3.1.3. Ejemplo de utilización de la información correspondiente al registro de las tensiones.	48
3.1.4. Ejemplo de utilización de la información correspondiente al registro de las corrientes.	50
3.1.5. Ejemplo de utilización de la información correspondiente al registro del factor de potencia.	51
3.2. Resultados del estudio realizado para el caso particular en que el contador registra de manera permanente un factor de potencia próximo a la unidad, sin que exista un banco de compensación del factor de potencia en la entidad.	52
3.2.1: Registro de los contadores y análisis de la carga instalada.	52
3.2.2: Mediciones en los bancos de transformadores y en los alimentadores....	56
3.2.3: Resultados de las mediciones realizadas a diferentes tipos de equipos que integran la carga instalada en las diferentes entidades objeto de estudio..	59
3.2.4: Resultado del análisis económico cuando existe un alto factor de potencia.	60
Conclusiones del capítulo.	63
CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES	64
BIBLIOGRAFÍA.	65

INTRODUCCIÓN.

En la actualidad la energía eléctrica es uno de los principales factores que rige la vida moderna y los sistemas de medición de energía juegan un papel preponderante en la relación económica entre las Empresas Generadoras, Transmisoras y Distribuidoras de Energía y los Consumidores. La energía eléctrica es de vital importancia en la sociedad debido a que esta sienta las bases del desarrollo de cualquier país, por ello, deben ser buscados las mejores soluciones y alternativas para brindar un servicio con mayor calidad y eficiencia a los consumidores.

El mundo se debe preparar para que la demanda de energía se dispare de aquí a 2040. La Agencia Internacional de la Energía (AIE) avisa de que se elevará un 30%. Será como añadir otra China y otra India a la demanda global, advierte el informe anual del organismo. "La economía global crece a una tasa promedio de 3,4% anual, la población se expandirá de los 7,400 a los 9,000 millones de personas hasta 2040, y se vivirá un proceso de urbanización que supondrá agregar el equivalente a una ciudad del tamaño de Shanghái a la población urbana del mundo cada cuatro meses", señala. El sector energético vivirá cambios profundos, con nuevas potencias en la producción y un vuelco en las fuentes de energía que darán luz y calor a la humanidad.

Con una demanda al alza, el gas natural ganará un fuerte protagonismo, el mundo no dirá adiós al petróleo y las energías renovables continuarán ganando terreno, aunque el gran reto es que sigan mejorando su eficiencia tecnológica y su rentabilidad. Estados Unidos, se quedará con el liderazgo de los combustibles fósiles y su comercio mundial: se afianzará como el principal productor de petróleo y gas del mundo hasta 2040, incluso en un contexto de bajos precios, según la AIE. Esta potencia ya es un exportador neto de gas y se convertirá también en un exportador neto de petróleo "a finales de la próxima década", ante su pujanza en nuevas tecnologías de extracción como el fracking, la fracturación hidráulica, La agencia calcula el aumento de la producción estadounidense de petróleo de

esquisto en 8 millones de barriles (mdb) entre 2010 y 2025, lo que supondría "el periodo más largo de crecimiento sostenido de la producción de petróleo de un solo país en la historia de los mercados de petróleo".

El reto en las próximas décadas será compatibilizar el incremento de la población mundial que tendrá acceso a la energía con la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, responsables del calentamiento global según el consenso científico.

Un nuevo estudio de la Universidad de Leeds plantea que "La energía, el sector que más contribuye en España al calentamiento global de la atmósfera, es el ejemplo perfecto para mostrar la enorme disparidad entre los que más tienen y los que menos: el 10% más rico consume aproximadamente 20 veces más energía que el 10% más pobre". A medida que aumentan los ingresos, apunta el estudio, la gente gasta más de su dinero en bienes de alto consumo energético, como paquetes de vacaciones o vehículos, lo que conduce a una gran desigualdad energética. En este sentido, los autores hallaron que el 10% más rico de los consumidores utiliza 187 veces más energía de combustible para vehículos que el 10% más pobre. Así lo concluye un estudio publicado en la revista científica *Nature Energy*. Realizado por un equipo de investigación de la Universidad de Leeds.

Según las fuentes Our World in Data para el consumo energético (2019) y el Fondo Monetario Internacional para el PIB per cápita (2018). El consumo diario de energía primaria per cápita en el planeta promedia los 60 kWh, superior en 17 veces al mínimo de subsistencia, que como ya se ha dicho se cifra en 3,5 kWh. Como la población de la tierra es de unos 7,000 millones de seres humanos, las cifras anteriores se traducen en que, si el reparto fuera más equitativo, se podrían cubrir las necesidades energéticas de cerca de 120,000 millones de personas. Visto así, el problema energético no es un problema de escasez del recurso, si no de despilfarro en su uso, y de enorme desigualdad en el reparto global de su consumo, ya que el 20% más rico de la población mundial consume el 80% de todos los recursos energéticos.

La matriz energética de América Latina y el Caribe está compuesta principalmente por hidrocarburos. La mayor aportación la hace el gas natural (34 por ciento); seguido por el petróleo (31 por ciento), principalmente utilizado para la producción de gasolinas y otros combustibles líquidos. En cuanto al sector de energía producida por fuentes no fósiles, la hidroenergía aporta el 8 por ciento; la energía solar, 6 por ciento; y la geotermia y la energía nuclear, 1 por ciento cada una. El 19 por ciento restante corresponde a diversas fuentes de energía como carbón vegetal, bagazo o leña. La disponibilidad de los recursos (matriz energética) y su acceso (infraestructura e ingresos) varían tanto de país a país, como al interior de cada uno de ellos. El consumo per cápita de Argentina, por ejemplo, es de 1,32 toneladas de petróleo equivalente por habitante (tpe/hab) y el de Venezuela, 1,61, mientras que el de Bolivia es de 0,56 y 0,41 el de Nicaragua, de todos los países que integran la región, Brasil, México, Colombia, Argentina y Chile concentran el 77 por ciento del consumo total de energía.

La Agencia Internacional de Energía y la Organización Latinoamericana de Energía coinciden en que, entre los años 2016 y 2040, el consumo de energía primaria se incrementará a un ritmo promedio de 1,12 por ciento. Las proyecciones sobre la matriz energética están basadas en las tendencias del consumo y en el cambio de perspectiva en las políticas del sector, que promueven una noción de autosuficiencia energética que a la vez impulsa la producción de energía.

En América Latina y el Caribe, según datos de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) se estima que el 97 por ciento de la población tiene acceso al servicio de energía eléctrica, el 67 por ciento de los países tiene un porcentaje de cobertura superior al 95 por ciento. Durante las últimas tres décadas, en América Latina muchos países han realizado transformaciones drásticas en sus sectores eléctricos, desde la privatización de sus monopolios estatales, hasta una reestructuración del mercado eléctrico, debido a estas transformaciones, se ha presenciado un cambio profundo respecto al rol del Estado.

Tal como se ha descrito las empresas del sector eléctrico, usualmente, recuperan los costos de proporcionar el servicio de electricidad a los clientes domésticos a través de una combinación de componentes de tarifas que, en conjunto, comprenden las facturas mensuales de electricidad de dichos usuarios finales, estas tarifas y los diseños de tarifas son establecidos por los reguladores. En general y como ya se ha indicado anteriormente, el rol fundamental del regulador pasa por velar por el principio fundamental de establecer tarifas justas y razonables, diseñando mecanismo tarifarios que equilibren la eficiencia económica, la igualdad y la imparcialidad, la satisfacción del cliente doméstico, la estabilidad de las ganancias de las empresas y la estabilidad de los precios a dichos clientes.

La estructura de las tarifas en muchos países no responde a un diseño basado en las características de consumo, lo que permite introducir mayores subsidios cruzados que influyen en el nivel de las tarifas. Esto responde al marco regulatorio de cada país para la remuneración de las inversiones y costos de explotación, y su traslado a los usuarios, y si bien se observan intentos de ir hacia una eliminación progresiva de subsidios, en varios países de América Latina se sostienen, como parte de la política social, y son utilizados como herramienta para que los sectores más vulnerables accedan a los servicios de electricidad. A nivel latinoamericano Venezuela, Paraguay, México, Argentina, Ecuador, Brasil y Colombia, tienen los precios de electricidad más bajos, esto se debe en la mayoría de los casos a los subsidios aplicados en dichos países, Uruguay muestra la tarifa residencial más alta de la región.

Se observan intentos de ir hacia una eliminación progresiva de subsidios al consumo, pero en varios países de América Latina se sostienen, como parte de la política social.

En Cuba se presta mucha atención al consumo de energía por parte de los clientes por la importancia que tiene en la correcta facturación de la energía la cual viene con un valor agregado desde que se genera hasta que llega a cada contador de energía eléctrica conectado en la entrada de cada instalación de los clientes.

En el caso de Cuba, país en vías de desarrollo, los compromisos internacionales asumidos, la responsabilidad tradicional del país con los problemas ambientales y la actual transformación de su modelo económico, han impulsado una política energética que pretende elevar en más de un 20 por ciento la participación de las fuentes de energías renovables en la matriz eléctrica nacional entre el 2013 y el 2030, también es importante que cada municipio en Cuba posea un sistema de gestión energética propio y adaptado a sus particularidades y necesidades para incidir no solo en el desarrollo local, sino en el desarrollo sostenible del país. Según Carabaloso et. al. (2021). Sistema de gestión de información: soporte al desarrollo de energías renovables en Cuba, Revista Universidad y Sociedad, 13(5), 183-192.

Desde finales de 2019, a raíz del Decreto Ley No, 345, “Del desarrollo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía”. Cuba está trabajando en determinar las vías, objetivos y regulaciones para que las Fuentes Renovables de Energía (FRE) aumenten su peso en la matriz energética del país. Actualmente, tan sólo el 4,5 por ciento de la energía nacional procede de fuentes de energía renovable. Como parte de una política de estado en su plan de desarrollo hacia 2030, en la isla se trabaja en varios proyectos, a pequeña escala, relacionados con energía bioeléctrica (Holguín), y tecnología solar fotovoltaica (Cienfuegos), que pretenden abastecer de energía limpia a pequeñas comunidades.

En Cuba existen tarifas de cobro de electricidad para todos los sectores desde el residencial, formas de gestión no estatal vinculadas a trabajadores por cuenta propia, cooperativas agropecuarias y no agropecuarias, micros, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES) de propiedad privada así como el sector estatal, ahora bien estas tarifas han sido monitoreadas, revisadas y reguladas por el estado cubano y el Ministerio de Energía y Minas.

En Cuba hay 4 millones aproximadamente de clientes residenciales y el 60 por ciento del consumo total del país se produce en ese sector, cuyo promedio es de aproximadamente 185 kWh y más del 37 por ciento de los clientes del sector residencial gastan por debajo del consumo promedio. Tatiana Amarán Bogachova,

viceministra de Energía y Minas, y Lázaro Guerra Hernández, director técnico de la Unión Eléctrica, explicaron que la tarifa está subsidiada desde el presupuesto del estado para los primeros cinco bloques de consumo, es decir hasta los 300 kWh. A partir de ahí, dijo, el subsidio va disminuyendo hasta desaparecer a partir de los 500 kWh. En tal sentido, Meisi Bolaños Weiss, ministra de Finanzas y Precios, aseguró que el presupuesto del estado financia alrededor de 18 000 millones de pesos anuales para complementar el costo real. Tenemos que reconocer que la tarifa está extremadamente subsidiada.

Al referirse al tema del crudo nacional que se utiliza para generar electricidad, Marino Murillo Jorge, miembro del Buró Político del Partido y jefe de la Comisión de Implementación de los Lineamientos, comentó en la Mesa Redonda que extraerlo tiene componentes en divisas y hay empresas extranjeras en ese proceso. «No es correcto que el 80 por ciento de la electricidad en Cuba se genera con crudo nacional, hay una combinación, hoy, en la generación se están usando 4 100 toneladas de crudo, 5 200 de fuel importado y 1 200 toneladas de diesel importado. «La participación del crudo en la generación de electricidad está en el orden de un 40-45 por ciento en un balance energético anual. Nosotros producimos crudo y gas equivalente que se utiliza también para la generación de electricidad, por tanto, los costos de generación de electricidad son altos», señaló.

Murillo Jorge expresó que el país ejecuta inversiones en plantas térmicas más eficientes. «Si lográramos tener el 24 por ciento de la matriz de generación en el 2030 con fuentes de energías renovables, los costos bajarían y bajaría por supuesto la tarifa de electricidad, si bajarán los precios del combustible en el mercado mundial, también podrían bajar, todas esas alternativas se tienen en cuenta. El 95 por ciento de la electricidad producida en Cuba se hace con combustibles fósiles, de ahí el empeño en transformar la matriz de generación hacia el uso de energía renovable».

La provincia de Holguín en el año 2020 alcanzó buenos resultados en el consumo de energía eléctrica, consumió 1 millón 347 mil 465 MWh, el 4 por ciento por debajo de lo planificado y la generación en ese mismo periodo de las Fuentes de

Energía Renovables, Parques Eólico y Parques Fotovoltaico evidenció disponibilidad acumulada del 102 por ciento. Actualmente, como indicación del Consejo de Ministros, para enriquecer la Estrategia de Desarrollo de cada municipio se implementa en cada territorio un programa de desarrollo de fuentes renovables de energía que implica, entre otras importantes medidas, que cada inversión o actividad debe concebir desde el proyecto estas alternativas energéticas.

En la provincia de Holguín, así como en el resto del país, desde el año 2012 se han instalado un gran número de contadores de energía digitales, particularmente contadores trifásicos de funciones múltiples del tipo MICROSTAR modelo P 2000-T para la medición de la energía en las empresas de producción y de servicios. Evidentemente este cambio representa un ahorro de energía notable por cuanto estos contadores tienen un consumo interno menor de 1,3 Wh, frente al consumo de 6 Wh de sus predecesores analógicos. También presentan la ventaja de brindar una amplia información sobre las principales variables del sistema eléctrico, actuando de manera semejante a un analizador de redes.

La novedad de la instalación de estos contadores de energía digitales, es que cuentan con un sistema de Telemedición Remota a Tiempo Real, permitiendo el análisis de los datos extraídos de los mismos, sin necesidad de ir hasta donde están instalados, destacar que se encuentran en el 97 por ciento de los servicios del estatal mayor (clientes con mayor consumo) en la provincia.

Con la realización de este trabajo se pretende dar solución a una problemática enmarcada en los contadores de energía multifunción del tipo P2000-T de procedencia china, por estar generalizado en la empresa eléctrica de Holguín, en el sector del estatal mayor, representando un alto consumo de energía de la provincia Holguín, condicionado además por la complejidad tecnológica de los mismos.

Destacar que la información de los parámetros que miden estos contadores de energía eléctrica pueden ser de gran importancia para lograr un mejoramiento de la eficiencia energética en las empresas donde están instalados y representan una

potente herramienta de trabajo para los energéticos pues con estas informaciones pueden hacer los estudios necesarios para un mejoramiento continuo en el uso de la energía.

Situación Problemática:

En la provincia de Holguín, así como en el resto del país, desde el año 2012 se han instalado un gran número de contadores de energía digitales, particularmente contadores trifásicos de funciones múltiples del tipo MICROSTAR modelo P 2000-T para la medición de la energía en las empresas de producción y de servicios. Evidentemente este cambio representa un ahorro de energía notable por cuanto estos contadores tienen un consumo interno menor de 1,3 Wh, frente al consumo de 6 Wh de sus predecesores analógicos. Existe un segundo campo, muy poco explotado, donde estos equipos pueden contribuir ampliamente con el mejoramiento de la eficiencia energética en las empresas y este campo es el uso adecuado de sus potencialidades técnicas, pues presentan la ventaja de brindar una amplia información sobre las principales variables del sistema eléctrico, actuando de manera semejante a un analizador de redes, sin embargo se ha apreciado que en la práctica los energéticos de las empresas hacen muy poco uso de las ventajas y las prestaciones de estos instrumentos y los utilizan como un simple contador de energía debido a la falta de conocimiento, motivada en parte por la poca información disponible sobre este tema, de aquí surge el siguiente problema de investigación:

Problema:

Pobre tratamiento en la literatura científica nacional al tema relacionado con las potencialidades de los contadores digitales de energía en cuanto a su uso en los trabajos de mejoramiento de la eficiencia energética en las entidades de la producción y de los servicios.

Objetivo General:

Exponer las potencialidades técnicas de los contadores digitales de energía referidas a su uso en los trabajos de mejoramiento de la eficiencia energética en

las entidades de la producción y de los servicios, mediante el desarrollo de un enfoque teórico y práctico sobre las principales variables que registran estos equipos, a fin de que se haga un uso pleno de los mismos en dichas entidades.

Objetivos Específicos:

- 1.- Analizar, con un enfoque teórico-práctico, las variables eléctricas que registran los contadores digitales de energía y que tienen la mayor influencia sobre la eficiencia energética de una entidad determinada.
- 2.- Exponer el tratamiento y manejo de la información registrada por los contadores digitales, mediante el uso de métodos estadísticos, enfocados hacia el mejoramiento de la eficiencia energética de la entidad.
- 3.- Analizar el caso particular en que el contador de energía registra un factor de potencia próximo a la unidad, de manera permanente, sin que exista un banco de compensación del factor de potencia en la entidad.

Objeto de estudio:

Contadores de energía eléctrica digitales trifásicos, instalados en un gran número de entidades de la producción y de los servicios en el país.

Campo de acción:

Las potencialidades técnicas que presenta el contador de energía eléctrica trifásico tipo MICROSTAR modelo P 2000- T, para el apoyo a los trabajos de mejoramiento de la eficiencia energética de las entidades de la producción y/o de los servicios.

Tareas:

- 1.- Revisión bibliográfica
- 2.- Desarrollo de la conceptualización sobre las diferentes variables que registran los contadores de energía digitales y que más inciden sobre la eficiencia energética de una entidad.
- 3.- Realización del trabajo de campo.

4.- Procesamiento de la información.

Hipótesis:

Si son conceptualizadas, con un enfoque teórico-práctico, las principales variables que registran los contadores digitales de energía y que tienen la mayor incidencia sobre la eficiencia energética de una entidad determinada, entonces pueden quedar expuestas las potencialidades técnicas de estos contadores para su uso pleno en los trabajos de mejoramiento de la eficiencia energética en las entidades.

Justificación:

Este trabajo es de gran importancia por cuanto suple la carencia de una memoria escrita donde se expongan con claridad las potencialidades técnicas de los contadores de energía digitales, mediante una explicación amplia que ayuda a una mejor comprensión de la utilidad de los registros de las variables que tienen mayor incidencia sobre la eficiencia energética de una entidad. El trabajo en sí constituye una potente herramienta en manos de los especialistas energéticos, permitiendo además una correcta gestión en un uso más racional de la energía eléctrica en sus respectivas entidades.

Métodos Utilizados en la Investigación:

Métodos Teóricos:

- **Análisis y Síntesis**, se aplicó durante todo el proceso de la investigación, lo que permitió analizar y sintetizar la información vinculada con el problema planteado, para llegar a conclusiones concretas en el consumo de energía en el sector estatal mediante el uso de los contadores de energía eléctrica digitales P2000-T, así como el análisis del factor de potencia y realizar las interpretaciones de los resultados obtenidos con la aplicación de los métodos empíricos en el orden general y particular.
- **Histórico – Lógico**, sirvió para desarrollar el análisis de las investigaciones anteriores y antecedentes que permitan continuar el estudio sobre el consumo de la energía eléctrica en el sector estatal mayor.

- **Hipotético-Deductivo**, permitió confirmar o no la hipótesis de la investigación.
- **Inductivo-Deductivo**, facilitó realizar generalizaciones a partir de los datos de la investigación empírica y determinar el estado actual del problema, sus posibles causas y los resultados de la valoración de la factibilidad del uso de contadores de energía eléctrica digitales P2000-T en el sector estatal mayor.

Métodos Empíricos:

- **Observación científica**, proporcionó realizar las valoraciones sobre el comportamiento del consumo de la energía eléctrica en el sector estatal en los contadores de energía eléctrica digitales P2000-T.
- **Análisis documental**, facilitó la revisión de los documentos normativos que rigen el trabajo en la rama energética.
- **Método estadístico o matemático**, en el procesamiento de la información se utilizaron los cálculos, con el fin de realizar valoraciones acerca de los resultados obtenidos sobre el uso de los contadores de energía eléctrica digitales P2000-T en el sector estatal mayor en el municipio Holguín.

Aportes de la Investigación:

La presente tesis tiene como fundamentales aportes los siguientes:

1. Aporte práctico:

Herramienta de trabajo para los gestores energéticos en las empresas.

2. Aporte ambiental: Con el correcto uso de las mediciones se logra facturar la energía realmente consumida en los consumidores estatales, hacer estudios de eficiencia energética, evitando pérdidas de energía lo cual se traduce en consumo de combustible adicional y emisión de CO₂ a la atmosfera.

3. Aporte Metodológico: Con la investigación se logra disponer de un material bibliográfico general a partir del cual pueden elaborarse materiales con instrucciones específicas para una mejor explotación de los contadores de energía

digitales en lo que se refiere a su contribución en los trabajos de mejoramiento de la eficiencia energética en las empresas.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.

Introducción

En este capítulo se realiza una revisión sobre el consumo de energía eléctrica y se analizan trabajos que se relacionan con el uso de los contadores, especialmente en el sector estatal mayor. Se muestran también los diferentes contadores para el consumo eficiente de la energía eléctrica, con énfasis en el contador de energía eléctrica digital de funciones múltiples del tipo MICROSTAR modelo P 2000-T en la provincia de Holguín.

1.1 Estado del arte.

La medición eléctrica ha adquirido tanta importancia en la vida del hombre, así como en la industria, en el comercio, en la ciencia, en la economía, que no es posible pensar hoy en día en alguna instalación, ensayo o técnica, sin que se tenga en cuenta algún instrumento para medir la energía en sus diversas formas de utilización. Uno de los más empleados e importantes de estos instrumentos son los contadores de energía eléctrica, que en la actualidad han adquirido un alto grado de perfeccionamiento y precisión dada la función que desempeñan, y dado que es a través de ellos como las diferentes Empresas Eléctricas pueden controlar, medir y vender la energía eléctrica a todos los usuarios de este indispensable servicio.

La política energética en Cuba está encaminada, desde el triunfo de la Revolución, a la satisfacción de las necesidades de todos los cubanos ya que es un factor fundamental tanto para la subsistencia como para el desarrollo, por lo que se hace imprescindible ahorrar energía, acabar con el derroche y emprender programas de ahorro de combustibles, sobre la base de una cultura energética encaminada al logro de un desarrollo independiente, seguro y sostenible, con el máximo ahorro en su uso final y la utilización de tecnologías de alta eficacia. (Casas Fernández, 2011)

Eficiencia energética en el ámbito empresarial implica lograr un nivel de producción o servicio con requisitos de calidad establecidos por el cliente, con los

menores consumos y costos energéticos posibles, la cual puede alcanzarse con una mejor gestión energética y buena práctica de consumo, de operaciones y mantenimiento mediante nuevas tecnologías y equipos de alta eficiencia, [Borroto y otros, 2006; Espinosa, 2008].

La Revolución Energética posibilitó un mayor control de los consumos energéticos y creó la necesidad de la investigación en función de incrementar los ahorros, y una mejor proyección en el uso racional de la energía, [Torres y Acosta, 2013].

Olvera Ortega, México, D.F, Octubre del 2003, plantea la necesidad de un medidor electrónico de energía eléctrica que controla el suministro de electricidad a una residencia en función de la cantidad de energía comprada por el usuario.

Hoy en día, los medidores de estado sólido son sinónimo de precisión, exactitud y automatización en el campo de las mediciones eléctricas; debido a que están diseñados con componentes electrónicos que no son susceptibles a desgastes mecánicos, lo que permite mayor autonomía, datos más confiables y capacidad de comunicarse con una computadora. Estos sistemas electrónicos de medición permiten obtener los mismos parámetros eléctricos que los medidores electromecánicos, y poseen nuevas características como memoria de almacenamiento, ajustes de calibración, así como más posibilidades de configuración. Estos dispositivos electrónicos son capaces de medir la potencia reactiva que no se convierte en trabajo útil permitiendo a la compañía distribuidora facturar dichas pérdidas; y al usuario corregir el consumo de potencia reactiva para evitar penalizaciones, Arévalo Navas, Cortez Franco y López Hernández, San Salvador, Febrero de 2005.

El despliegue de los medidores inteligentes presenta una oportunidad para abordar algunos de los principales problemas encontrados en el sector eléctrico, como el alto consumo en horas puntas las pérdidas no técnicas, baja confiabilidad (interrupciones en el suministro) y otras ineficiencias.

Bajo un escenario económico globalizado como el actual, se hace indispensable el desarrollo de esfuerzos encaminados a la integración de la compañía con los canales de distribución con miras a mantener un monitoreo permanente de los mercados, de tal forma que se puedan desplegar estrategias para enfrentar y aprovechar condiciones futuras previsibles. El conocimiento y monitoreo de los mercados resulta indispensable para establecer escenarios de oferta que permitan mejorar el nivel de servicio a los clientes, lo cual, a su vez, permite construir y mantener posiciones de ventaja frente a los competidores (Mercado Cervera, Fontalvo Herrera, & de la Hoz Granadillo, 2011).

Para desarrollar con éxito una estrategia de servicio al cliente, es necesario, en primer lugar, que la empresa reconozca que este es el pilar principal sobre el cual debe orientar su estrategia competitiva. Este reconocimiento debe impregnar todas las áreas funcionales, con el fin de eliminar los efectos de los conflictos que pueden surgir. Para conseguirlo, es imprescindible definir una filosofía de servicio al cliente de forma global para la empresa, en términos de actitud, organización y responsabilidades.

Es claro que las organizaciones que trabajan continuamente bajo esta premisa y con costos competitivos, satisfacen mejor las necesidades del cliente objetivo, lo cual les otorga liderazgo en el mercado (Pérez Rave, 2010). En aproximación a diversos autores tales como Acevedo-Suarez y Gomez-Acosta (2001) Ballou (1998), Bayraktar, Tatoglu, Turkyilmaz, Delen, y Zaim (2012), Martínez-Caro y Martínez-García (2007) y Martínez-Ruiz, Jiménez-Zarco, y Izquierdo-Yusta (2010), es posible establecer que el nivel de servicio al cliente que una compañía puede alcanzar, es el resultado del nivel de integración de sus procesos, lo cual, a su vez, implica necesariamente la introducción del enfoque logístico en sus operaciones. Por otro lado, se acepta que un buen servicio hoy se constituye en una premisa competitiva para establecer y sustentar una relación satisfactoria y a largo plazo con el cliente (Rodríguez-Ponce, Pedraja-Rejas, Araneda-Guirriman, González-Plitt, & Rodríguez-Ponce, 2011).

Por otra parte, los equipos de medición de energía eléctrica han evolucionado paralelamente con la aparición de nuevos dispositivos de cómputo que brindan una mejor capacidad de procesamiento, una mayor velocidad de ejecución de tareas y un reducido tamaño. Esto ha permitido a los equipos de medida ofrecer un mayor número de servicios, aumentando su utilidad dentro de un sistema eléctrico de potencia. El viejo medidor que únicamente llevaba el registro de la energía consumida está condenado a desaparecer, siendo remplazado por equipos electrónicos que abren la posibilidad de ofrecer un número de aplicaciones adicionales, basadas en la integración de las tecnologías de la información y las comunicaciones.

En los trabajos relacionados anteriormente se aborda el avance alcanzado en la tecnología digital de los contadores de energía, sin embargo no hacen referencias a las potencialidades de uso de la información que brindan los contadores digitales multifunción instalados en los clientes del estatal mayor, la cual es de vital importancia para hacer un uso más racional de la energía.

1.2 Fundamentación teórica

1.2.1 Conceptos y definiciones:

Eficiencia energética: es la proporción u otra relación cuantitativa entre el resultado en términos de desempeño, de servicios, de bienes o de energía y la entrada de energía.¹

En otras palabras se define como la cantidad de energía eléctrica necesaria para fabricar un determinado producto o para prestar un determinado servicio, la cantidad de energía eléctrica necesaria siempre es menor que la cantidad de energía puesta en juego, de modo que al dividir ambas se obtiene un número que es menor que uno, y al multiplicarlo por 100 la eficiencia energética queda dada en por ciento.

¹ Norma Internacional ISO 50001, 2001.

Tensión: Denominado también como voltaje o diferencia de potencial es una magnitud física que impulsa a los electrones a lo largo de un conductor en un circuito eléctrico cerrado, provocando el flujo de una corriente eléctrica. En el Sistema Internacional de Unidades, la diferencia de potencial se mide en Volt (V).

Corriente eléctrica: la corriente eléctrica es el flujo neto de carga eléctrica que circula de forma ordenada por un medio o material conductor, la unidad de medida es el ampere (A).

Potencia (W): La potencia es la capacidad de producir o demandar energía de una máquina eléctrica, equipo o instalación por unidad de tiempo. En todo circuito eléctrico, para el funcionamiento de los diferentes equipos y máquinas se encuentran presentes las siguientes potencias: Potencia Aparente, Potencia Activa y Potencia Reactiva:

$$W = V * A \quad (1)$$

Potencia Aparente (S): La potencia total o aparente es la suma geométrica de las potencias activa y reactiva, o bien, el producto de la corriente y la tensión. Se le representa con la letra S y su unidad de medida se expresa en Volt Ampere (VA):

$$S = V \text{ (Volt)} * I \text{ (Ampere)} \quad (2)$$

También se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{(\textit{Activa})^2 + (\textit{Reactiva})^2} \quad (3)$$

Potencia Activa (P): Llamada también potencia efectiva y potencia real, se le representa con la letra P y es expresada en Watts (W). Solamente esta potencia se puede transformar en potencia mecánica o en potencia calorífica. “La potencia efectiva o real es la que en el proceso de transformación de la energía eléctrica se aprovecha como trabajo”, es decir, en energía utilizable:

$$P = V * I * \textit{Cos}\varphi \quad (4)$$

Potencia Reactiva (Q): Llamada también potencia magnetizante, se simboliza con la letra Q expresada en Volt Ampere reactivo (VAr), resulta necesaria para el funcionamiento de ciertas máquinas y dispositivos eléctricos (motores, transformadores, bobinas, relés, etc.). Pero no puede transformarse en potencia mecánica o calorífica útil, y causa pérdidas adicionales en los equipos que transportan la energía:

$$Q = V * I * \text{sen}\varphi \quad (5)$$

Factor de Potencia (FP): Expresa en términos generales, el desfaseamiento o no de la corriente con relación a la tensión y es utilizado como indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica, el cual puede tomar valores entre 0 y 1,0 siendo la unidad (1,0) el valor máximo de Factor de Potencia y por tanto indica el mejor aprovechamiento de energía. Por ejemplo, si el factor de Potencia es igual a 0,80, indica que del total de la energía suministrada (100 por ciento) sólo el 80 por ciento de esa energía es aprovechada en trabajo útil. “Comúnmente, el factor de potencia es un término utilizado para describir la cantidad de energía eléctrica que se ha convertido en trabajo. El valor ideal del factor de potencia es 1, esto indica que toda la energía consumida por los aparatos ha sido transformada en trabajo. Por el contrario, un factor de potencia menor a la unidad significa un mayor consumo de energía necesaria para producir un trabajo útil,”

$$FP = \frac{\text{kWh}}{(\text{kWh})^2 + (\text{kVARh})^2} \quad FP = \cos \left(\arctan \frac{\text{kVARh}}{\text{kWh}} \right) \quad (6)$$

Energía (E): Consiste en la diferencia de potencial entre dos puntos por la que se establece una corriente eléctrica entre ambos, la energía eléctrica consumida, se mide en kilo Watts hora (kWh). Este concepto corresponde a la energía que has consumido en tu hogar en todo un mes y se obtiene al multiplicar los kW que consume cada uno de tus electrodomésticos por el tiempo de funcionamiento:

$$E = (\text{watt}) * (\text{hora}) \quad (7)$$

Sumando todos los consumos de los electrodomésticos que tienes y el número de horas de uso, se obtiene el consumo mensual de energía. De este modo, lo que pagas por tu consumo dependerá del precio que tengas estipulado en tu tarifa de luz y también del uso/consumo que realices. Por esto, el concepto se conoce con el nombre de término variable. En tanto, la energía eléctrica es una energía capaz de transformarse en muchísimas otras formas de energía como ser: la energía luminosa, la energía térmica y la energía mecánica.

Como ejemplo se tiene una bombilla de 100W (watt), y esta es encendida durante 10 horas:

$$E = 100W * 10h \rightarrow E = 1000 Wh \rightarrow 1kWh, \quad (8)$$

1.2.2 Teoría sobre la medición de la energía eléctrica en los circuitos de corriente alterna.

El contador de energía eléctrica, es un equipo que se emplea para medir la energía eléctrica suministrada a los clientes. Aplicada una tarifa establecida por el ente regulador, posibilita a la empresa realizar una facturación adecuada de la potencia y energía consumida.

La unidad de energía en el Sistema Internacional de Unidades (SI) es el joule, pero, por razones comerciales, para la energía eléctrica, la unidad utilizada es el watt-hora (Wh) o el kilowatt-hora (kWh).

Por su construcción existen dos tipos de contadores:

Contador de inducción: contador en el cual las intensidades que circulan por enrollados fijos reaccionan sobre las intensidades inducidas en el elemento conductor móvil, generalmente un disco lo cual origina su movimiento.

Contador estático: contador en el cual la intensidad y la tensión actúan sobre elementos de estado sólido (electrónicos) y producen en la salida impulsos de frecuencia proporcional a los Watts-hora.

El contador de energía eléctrica utiliza circuitos sólidos que producen señales eléctricas cuya frecuencia o fuerza es proporcional a la tensión que se está utilizando. Estas señales se convierten en medidas de energía registradas por un indicador eléctrico. Estos medidores son más caros, pero mucho más precisos. Además, permiten una evaluación del consumo eléctrico a lo largo del día para que podamos discernir cómo usamos la energía eléctrica y enfoquemos nuestros esfuerzos a hacer eficiente este consumo.



Figura 1.1: Contador de inducción y contador estático.

Existe en el área industrial sistemas de medición directa, semi indirecta o indirecta en donde se emplea como instrumento contador de energía, el contador a inducción de disco desarrollado por Schlumberger en 1888, el cual consiste en un contador que funciona al igual que un motor bifásico de inducción. Posee dos bobinas al igual que un Vatímetro, una bobina de tensión y otra de corriente, sólo que la bobina de corriente se descompone en dos bobinas en serie devanadas en diferente sentido. La bobina de tensión produce un campo magnético 90° en atraso a la tensión y las bobinas de corriente producen un campo magnético en fase y a 180° de la corriente, la que a su vez está en fase con la corriente de la carga si ésta es resistiva pura. Ya que estas bobinas están espacialmente separadas entre sí y los campos magnéticos están desfasados 90° , se producirá un campo magnético giratorio. Además se tiene un disco de aluminio entre las bobinas de tensión y corriente ocasionando corrientes parásitas en éste que interactúan con el campo magnético giratorio produciendo un torque en el mismo sentido de éste.

Además se dispone de un imán para el frenado del disco para que éste gire a rapidez constante y en estado estacionario la rapidez de giro del disco será proporcional a la potencia activa de la carga, esto permite mediante un mecanismo usar un contador para así medir la energía consumida por la carga.

Estos contadores son diseñados para trabajar con corrientes y tensiones sinusoidales a frecuencia industrial por lo cual cualquier alteración a estos parámetros producirá una indicación errónea a favor o en contra del cliente consumidor.

Estos contadores electromecánicos son empleados en las pequeñas industrias donde existen sistemas de medición trifásica directa y anteriormente se utilizaban en los sistemas de medición semi indirecta e indirecta. En la figura 2 se presenta dos fotografías. La fotografía del lado izquierdo muestra dos contadores trifásicos de directa con su respectivo totalizador trifásico cada uno y la fotografía del lado derecho muestra dos contadores uno de energía activa y el otro de energía reactiva los cuales eran empleados para sistemas de medición semi indirecta e indirecta.



Figura 1.2: Contadores de energía electromecánicos.

Estructura de los medidores electrónicos o estáticos. La potencia real se calcula a partir de la señal de potencia instantánea, la cual se genera al multiplicar las señales de corriente y tensión. Estos datos por fase son sumados 721 veces en

datos de 60 ciclos antes de ser enviado al microprocesador de registro. Un filtro de paso bajo extrae el componente de la potencia real. Este enfoque calcula la potencia real correctamente hasta en casos de ondas de corriente y tensión no sinusoidales con todos los factores de potencia. Todo el procesamiento de señales, como filtrado y multiplicación, se hace digitalmente para asegurar alta estabilidad con respecto a la temperatura y al tiempo. También dentro del chip se encuentran dos convertidores digital-a-frecuencia, uno que produce una salida de baja frecuencia; el otro con una salida de alta frecuencia, en ambos casos, la frecuencia del pulso de salida de los convertidores digital-a-frecuencia varía con el valor de la potencia real disipada en el tiempo. Aún más, el chip ofrece un rango de frecuencias de salida, seleccionables por el diseñador, para ajustarse a la mayoría de los contadores, la salida de baja frecuencia, debido a su largo tiempo de acumulación entre pulsos, tiene una frecuencia que es proporcional al promedio de la potencia real, la salida de alta frecuencia, con su tiempo de acumulación más corto, es proporcional a la potencia instantánea, como resultado, la salida de alta frecuencia es útil para calibrar el contador bajo condiciones de carga constante.

Desplazamiento inherente en los diversos circuitos análogos del contador y usa el valor en el cálculo de la energía eléctrica medida que compense los errores de desplazamiento. El contador emplea funciones de prueba iniciadas manual Automáticamente para comprobar el funcionamiento del procesador y otros circuitos críticos del contador.

La figura 1.3 ilustra conexiones para un contador estático para sistemas de medición semi indirecta o indirecta. Donde las líneas punteadas horizontales representa las bobinas de corriente y las líneas punteadas verticales representa las bobinas tensión encerradas por un círculo cada conjunto de corriente y tensión representando de esta manera la interacción que presenta el campo magnético para realizar la conversión de energía eléctrica en energía mecánica, su conexión interna entre las bobinas de tensión es una conexión en estrella ya que el neutro

es común para las tres fases, las flecha indican el flujo de las señales de corriente y señales de tensión.

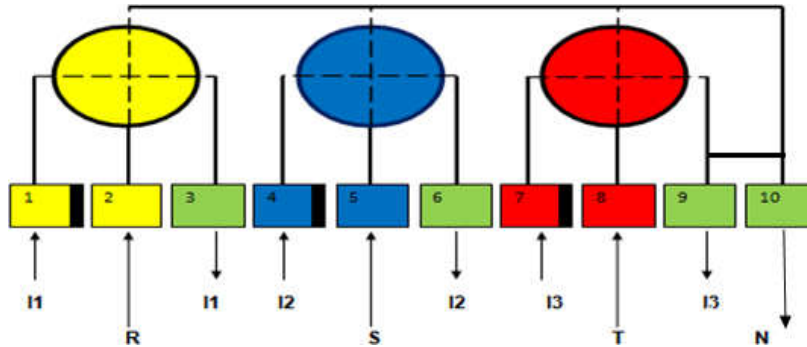


Figura 1.3. Representación esquemática de contador de energía eléctrica estático-multifuncional.

Contadores multifuncionales de energía activa y reactiva. Registran el consumo de energía activa y reactiva de clientes que presentan consumos considerables, estos contadores trabajan con señales de tensión, corriente y son utilizados en el 95 por ciento de la industria, su precisión varía entre clase 1, clase 0,5 y clase 0,5s, la clase del contador define la exactitud con que el contador registra el consumo de la energía eléctrica teniendo en cuenta que entre menor sea la clase menor es el error de medición, debido a lo mencionado los equipos de medición también son más costosos entre menor sea la clase de precisión, son utilizados en grandes clientes donde el consumo de energía es muy grande. Estos contadores pueden conectarse con sistemas de comunicación para obtener información del registro de energía sin dirigirse al sitio donde se encuentra instalado para la toma de lecturas, a este sistema se le denomina tele medida.

En la provincia Holguín existen instalados en el estatal mayor los contadores trifásicos de funciones múltiples del tipo MICROSTAR modelo P 2000-T para la medición de la energía en las empresas de producción y de servicios, estos se encuentran en su gran mayoría tele medidos brindando información a tiempo real sin necesidad de tener que trasladarse hasta donde están instalados.

Tarifas para el cobro de la energía eléctrica en las empresas e instituciones de nuestro país, conformación de la factura.

El proceso de facturación a los clientes como en todas las partes del mundo se hace a partir de las lecturas obtenidas del contador de energía y aplicando la tarifa correspondiente a las características del cliente, que en nuestro caso son aplicables según la resolución 66/2021 publicado en la gaceta oficial de la Republica de Cuba GOC-2021-347-Ex26.

Existen 8 tarifas eléctricas aplicables a los consumidores del estatal mayor pero vamos a especificar las tres más generales que abarcan 870 de nuestros clientes representando el 97,31 por ciento del total de los clientes con contadores trifásicos de funciones múltiples del tipo MICROSTAR modelo P 2000-T en la provincia de Holguín.

GRUPO M: TARIFAS PARA CONSUMIDORES EN MEDIA TENSIÓN.

Aplicación: Se aplica a todos los servicios de consumidores, excluyendo a los clasificados como de Alta Tensión, que se alimentan de una subestación o banco de transformadores exclusivo, existiendo entre el transformador de suministro y el consumidor, solo la acometida. Se clasifican los servicios según la codificación por la actividad principal que desarrollan los mismos.

M1-A, TARIFA DE MEDIA TENSIÓN CON MEDICIÓN DE TRES REGISTROS.

Aplicación: Se aplica a todos los servicios de consumidores clasificados como de Media Tensión con equipo de medición de tres registros.

\$ 94,00 mensual por cada kW de máxima demanda contratada en el horario comprendido entre las 5:00 y las 21:00 horas.

Por cada kWh consumido en el horario pico: $(3,1672 \text{ \$/ kWh} * K + 0,8595 \text{ \$/ kWh})$

* Consumo pico en kWh.

Por cada kWh consumido en el horario del día: $(1,5869 \text{ \$/kWh} * K + 0,8595 \text{ \$/ kWh})$ * Consumo día en kWh.

Por cada kWh consumido en el horario de la madrugada: $(1,0601 \text{ \$/ kWh} * K + 0,8595 \text{ \$/kWh}) * \text{Consumo madrugada en kWh}$.

Para el cálculo de la facturación del cargo fijo mensual, se considera:

- El valor de demanda máxima contratada en el horario comprendido entre las 05:00 y las 21:00 horas.
- Si la demanda máxima registrada en el horario establecido, es mayor que la demanda máxima contratada, se factura la contratada al precio de la tarifa y el exceso al triple de su valor, \$ 282,00 por cada kW.
- Solo se permite contratar dos valores de demanda al año, por períodos no menores de tres meses a los consumidores cíclicos o por períodos de alta y baja en el caso de las instalaciones hoteleras.
- Se aplican el Factor de potencia y el Factor K.

M3-B, TARIFA DE MEDIA TENSIÓN PARA PRODUCTORES AGROPECUARIOS CON TRES REGISTROS DE ENERGÍA.

Aplicación: Se aplica a todos los servicios de regadíos y producciones agropecuarias con tres registros de medición, ya sean estatales o campesinos particulares que posean esta instalación con metro independiente de la vivienda. Por cada kWh consumido en el horario pico: 3,4272 pesos por kWh consumido en horario pico de 5:00 pm a 9:00 pm. Por cada kWh consumido en el horario del día: 1,8469 pesos por kWh consumido en horario de 5:00 am a 5:00 pm (450 GACETA OFICIAL 13 de abril de 2021). Por cada kWh consumido en el horario de la madrugada: 1,3201 pesos por kWh consumido en horario de 9:00 pm a 5:00 am.

CONSIDERACIONES:

- Se considera una violación el consumo de electricidad de los regadíos y otros equipos en el horario pico (de 17:00 a 21:00 horas) y esta se penaliza facturando la cuenta del mes al doble por cada kWh consumido, si se detecta el uso de las bombas de regadío u otros equipos en el horario pico. La infracción puede ser detectada por inspección o lectura de consumo en el registro del horario pico.

- Para garantizar que pueda haber un nivel de iluminación en el pico y que no sea penalizado el servicio, se permite excepcionalmente un consumo mensual de hasta 200 kWh en ese horario.
- Si la demanda máxima real durante el mes es mayor que la contratada se factura la diferencia a \$ 282,00 por kW, según corresponda.
- Se aplican el Factor de potencia y el Factor K.

GRUPO B: TARIFAS PARA CONSUMIDORES EN BAJA TENSIÓN.

Aplicación: Se aplica a todos los servicios de consumidores cuya acometida se alimente de un circuito secundario de distribución.

Se clasifican los servicios según la codificación por la actividad principal que desarrollan los mismos.

B-1 TARIFA GENERAL DE BAJA TENSIÓN.

Aplicación: Se aplica a todos los servicios de consumidores clasificados en baja tensión, se aplica a las formas de gestión no estatal que ejercen su actividad económica fuera de la vivienda, se aplica a los servicios residenciales con las formas de gestión no estatal que realizan su actividad económica dentro de la vivienda, que de forma opcional soliciten el cambio a esta tarifa.

Por cada kWh consumido en cualquier horario: $(2,1410 \text{ \$/ kWh} * K + 0,9856 \text{ \$/ kWh}) * \text{Consumo del período en kWh}$.

CONSIDERACIONES:

- Se aplican el Factor de potencia y el Factor K.

Los períodos del día para la aplicación de las tarifas son:

- a) Día: de las 05:00 horas a las 17:00 horas.
- b) Pico eléctrico: de las 17:00 horas a las 21:00 horas.

c) Madrugada: de las 21:00 horas a las 05:00 horas del día siguiente. El símbolo * (Asterisco), utilizado en las fórmulas que aparecen en las tarifas, representa la operación de multiplicar.

Factor de Potencia: El suministro de energía eléctrica, para el racional funcionamiento del Sistema Eléctrico Nacional debe efectuarse con un Factor de Potencia de 0,90 o mayor. Valores menores implican gastos innecesarios de energía reactiva por las líneas del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), provocando pérdidas de energía. Método de cálculo del Factor de Potencia o ($\cos \phi$): Es el resultado de la aplicación del coseno ϕ , a la arco-tangente de la división entre la energía reactiva (kVArh) y la energía activa (kWh), medida en un período de tiempo mayor de veinticuatro (24) horas y/o hasta el período de facturación:

$$\text{Factor de Potencia} = \text{Cos} \left(\arctan \left(\frac{\text{kVArh}}{\text{kWh}} \right) \right) \quad (9)$$

La energía reactiva puede ser producida donde se consume, mediante bancos de capacitores por los clientes, por lo que se penaliza o bonifica, como sigue:

Bonificaciones por factor de potencia: Los clientes que registren un factor de potencia superior a 0,92 son bonificados según la siguiente ecuación donde la facturación normal no incluye penalizaciones y el factor de potencia es el real del período hasta un valor máximo de 0,96.

$$\text{Bonificación} = \text{Facturación normal} * \left[\frac{0.92 - F.Pot.Real}{F.Pot.Real} \right] \quad (10)$$

Penalizaciones por factor de potencia: Si es inferior a 0,90, el cliente es penalizado. La penalización es el importe que resulte de la siguiente ecuación donde la facturación normal no incluye otras penalizaciones y el factor de potencia es el real del período, (442 GACETA OFICIAL 13 de abril de 2021).

$$\text{Penalización} = \text{Facturación normal} * \left[\frac{0.90 - F.Pot.Real}{F.Pot.Real} \right] \quad (11)$$

- Se penaliza con un factor de potencia menor de 0,90.
- Entre 0,90 y 0,92, no habrá penalización ni bonificación.
- Se bonifica con un factor de potencia de 0,92 hasta 0,96.
- Cuando el factor de potencia sea mayor de 0,96, la bonificación se calcula utilizando el valor del factor de potencia hasta 0,96. En los casos de los cogeneradores industriales se toma para el cálculo del factor de potencia el total de energía reactiva consumida, independientemente de la cantidad de energía activa consumida o entregada al SEN. En los casos que el servicio no tenga instalado equipo de medición de energía reactiva, se toma como factor de potencia del mismo el promedio resultante de mediciones realizadas durante veinticuatro (24) horas, como mínimo.

Conclusiones del capítulo:

En este capítulo se realiza una fundamentación teórica conceptual del tema, profundizando en la teoría de la medición de la energía eléctrica en los circuitos de corriente alterna. Prestando especial atención a los contadores multifuncionales de energía.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.

Introducción:

En este capítulo se realiza una caracterización del objeto de estudio, de los centros seleccionados, así como, de los instrumentos de medición utilizados en el trabajo y se explica la metodología puesta en práctica durante la investigación.

2.1 Caracterización del objeto de estudio.

2.1.1 Caracterización del contador trifásico de funciones múltiples del tipo MICROSTAR modelo P 2000- T.



Figura 2.1: Contador de energía eléctrica multifuncional P2000-T

El Contador microstar P2000-T cumple con las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (*IEC*) estándar IEC62053-21 (Clase 1) y 22 (Clase 0,2S y 0,5S) para contadores de energía estática. Las características principales del contador P2000-T incluyen componentes de ajuste no físicos, procesamiento de señal digital, filtros digitales, corrección de error digital, calibración digital, inmunidad a la fluctuación de temperatura y excelente estabilidad. Debido a su multiplicador de sobrecarga de 10 veces. P2000-T puede registrar el uso de energía de carga extremadamente baja, sus mediciones precisas de tensiones, corrientes, factor de potencia y potencias pueden reemplazar una serie de instrumentos indicadores y transmisores.

Las funciones básicas del P2000-T incluyen energía activa, reactiva y aparente bidireccional (importación y exportación) y hasta 4 medidas de energía tarifaria e indicaciones de máxima demanda.

Este equipo, es capaz de registrar 29 parámetros hoy definidos por la Unión Nacional Eléctrica (UNE), ver anexo 16, los cuales se registran cada 15 minutos y cada tres horas se envía al servidor central de la UNE pero la información está disponible a tiempo real en la EEH disponible para los estudios y el trabajo de los energéticos, también el propio P2000-T cuenta con la información visual en varias pantallas que pueden ser observadas, escritas y utilizadas por los clientes para sus estudios propios de las entidades, los datos se pueden recuperar a través del puerto RS485 (si está disponible en el contador) o el puerto óptico, el protocolo de comunicación cumple con IEC 62056-21 y Modbus, además, los datos se muestran en la pantalla LCD en caracteres grandes con códigos OBIS compatibles con IEC 62056-61.

Datos técnicos; Especificación:

Conexión: Trifásica de 4 hilos

Entrada de tensión: 3x 57,7/100V - 240/415V

Corriente: 3x1(10) A

Frecuencia: 60Hz

Temperatura de trabajo: -25 °C a 60 °C

Consumo del circuito de tensión:

Tensión	Carga de tensión (VA)	Carga de tensión (W)
57,7 V	<1,2	<0,8
100V	<1,5	<0,9
240V	<2,8	<1,3

Específicamente para la medición de energía el instrumento presenta las siguientes características:

1. Medición de energía utilizando chips de medición digitales, por lo tanto, la precisión de medición se puede verificar digitalmente.

2. Medición de energía de multiplicador de sobrecarga alta (medición de multiplicador de 10 veces para clase 0,2S o 0,5S) mediante la aplicación de medición de ganancia variable y compensación digital multisección.

3. Energía activa de importación y exportación, energía reactiva de 4 cuadrantes y medición de energía aparente a través de datos proporcionados por chips integrados de medición de energía.

4. Presenta cuatro tarifas y medición de energía total de energía activa de importación y exportación, energía reactiva de 4 cuadrantes y energía aparente.

5. Displays de energía en ocho dígitos, puntos decimales configurables de cero a tres dígitos. El usuario puede seleccionar mostrar valores primarios o valores secundarios. Las unidades de energía también se pueden programar como 'k' o 'M', es decir, kWh/MWh, kvarh/Mvarh, kVAh/MVAh.

6. Indicación de pulsos de medición de energía usando dos LED brillantes, que indican energía activa a la izquierda y energía reactiva a la derecha. El ciclo de trabajo de la salida LED es del 50%, 6 canales de salida de impulsos, el ancho de pulso es de 80 milisegundos.

7. kWh y kvarh por Fase: P2000-T medidas por fase importan y exportan energía activa y reactiva incluyendo:

" Fase A +kWh, -kWh, +kvarh, -kvarh

" Fase B +kWh, -kWh, ++kvarh, -kvarh

" Fase C +kWh, -kWh, +kvarh, -kvarh

Caracterización de las instalaciones objeto de estudio:

-Caracterización de la sede Oscar Lucero Moya de la Universidad de Holguín.

La sede Oscar Lucero Moya (OLM) de la Universidad de Holguín cuenta con tres puntos de suministro de energía eléctrica, un punto formado por un banco de 3 transformadores monofásicos con capacidad total de 150 kVA, y tensiones 110/220 V por el lado de baja, la conexión es en estrella aterrada. Este punto alimenta todos los edificios de la Residencia Estudiantil, la cocina-comedor, la casa estudiantil, la residencia de postgrado y el bombeo de agua (lo llamamos área Residencial). Un segundo punto está formado por un banco de tres transformadores monofásicos con capacidad total de 300 kVA y tensiones 110/220 V por el lado de baja, la conexión es en estrella aterrada. Este punto alimenta al edificio Socio Administrativo, al edificio de la biblioteca y al edificio donde se encuentra el centro de estudio CAD/CAM (lo llamamos área Socio Administrativa). El tercer punto de alimentación está constituido por un banco de dos transformadores monofásicos con capacidad total de 75 kVA y tensiones de 110/220 V por baja, la conexión es en delta abierta y alimenta al edificio docente (lo llamamos área docente).

- Caracterización del edificio central de la Empresa Eléctrica Holguín.

La Empresa Eléctrica Holguín (EEH) cuenta con un banco de tres transformadores monofásicos con capacidad total de 367 kVA y tensiones 120/240 V por baja, la conexión es en delta cerrada y alimenta al edificio de la EEH ubicado en carretera central # 15 entre Martí y Holguín (lo llamamos edificio central).

- Caracterización del edificio docente de la sede José de la Luz y Caballero de la Universidad de Holguín.

El edificio docente de la sede José de la Luz y Caballero de la Universidad de Holguín, cuenta con un banco de dos transformadores con capacidad total de 125 kVA y tensiones 120/240 V por baja, la conexión es en delta abierta y alimenta al edificio de la sede José de la Luz y Caballero de la Universidad de Holguín (lo llamamos edificio docente).

2.2 Metodología seguida para el desarrollo del trabajo.

2.2.1 Desarrollo de las tareas de la investigación.

Partiendo del objetivo general de este trabajo, encaminado a enriquecer el nivel de conocimientos del personal responsabilizado con el control y uso racional de la energía en las empresas productivas y de servicios, así como de otras entidades en general, primeramente fue recopilada la información principal sobre las características técnicas del contador de energía P2000-T, su principio de funcionamiento y sobre las posibilidades que brinda como herramienta para el registro de 29 parámetros definidos por la Unión Nacional Eléctrica (UNE). Se elaboró una propuesta donde se explica cómo utilizar lo mejor posible la información del contador en pos del mejoramiento de la eficiencia energética de la entidad donde se encuentre instalado el instrumento, la propuesta contempla 5 variables fundamentales: energía, potencia activa, tensión, corriente y factor de potencia, las cuales son, entre otras, las de mayor interés para un estudio energético. Para el caso en que se requiera analizar el comportamiento de otras variables de las que registra el contador, entonces se sugiere seguir el mismo procedimiento ilustrado para las variables mencionadas, en esta propuesta se particularizó el caso que puede presentarse con un contador de energía indicando de manera permanente un factor de potencia muy próximo a la unidad, sin que exista un banco de condensadores de compensación, para este caso se desarrolló una metodología a seguir para comprobar el correcto funcionamiento del instrumento, las propuestas teóricas, tanto para el comportamiento normal de los sistemas como para el último caso mencionado, fueron avaladas mediante un trabajo práctico realizado en el edificio central de la Empresa Eléctrica, en el área socio administrativa y en el área de la residencia estudiantil de la sede Oscar Lucero Moya y en el edificio docente de la sede José de la Luz y Caballero, estas tres últimas instalaciones pertenecientes a la Universidad de Holguín, en cada una de estas instalaciones se aplicaron los pasos que deben seguirse según la propuesta del autor para una mejor explotación del contador objeto de estudio en pos del mejoramiento de la eficiencia energética, con la exposición de los

resultados obtenidos se completa la información que facilita la comprensión de la propuesta para que pueda ser aplicada en cualquier entidad.

Formulación de la propuesta para la interpretación y uso de las lecturas de las diferentes variables que registra el contador para el mejoramiento de la eficiencia energética.

El contador de energía P2000-T tiene características técnicas similares a la de un potente analizador de redes, por lo que puede registrar una gran cantidad de información sobre el comportamiento de la red eléctrica, como ya se mencionó anteriormente, de esta información la más utilizada es la referida al consumo de la energía, sin embargo, el personal encargado de esta tarea en una empresa (energético) puede explotar mucho más las posibilidades de este equipo como herramienta fundamental para el mejoramiento de la eficiencia energética de cualquier entidad, algunas de las acciones principales que pueden ejecutarse en este sentido están relacionadas con un trabajo de minería de datos con las siguientes magnitudes: energía, potencia activa, tensiones, corrientes, factor de potencia, etc. Para estas magnitudes puede tomarse una base de datos que contenga al menos 3 meses de información y a partir de la misma puede ser caracterizado, de forma gráfica, el comportamiento del sistema eléctrico de la entidad para un período diario, semanal o mensual, para una caracterización anual debe ampliarse la base de dato de manera que se incluyan los últimos tres años de funcionamiento de la entidad, tomando en consideración los períodos estacionarios, los recesos y otras situaciones particulares. El trabajo estadístico que se realice permitirá la obtención de gráficos lo más cercano a la realidad del funcionamiento del sistema para el período que se escoja y a partir de dichos gráficos se podrá realizar un análisis preciso sobre el comportamiento de cada una de las magnitudes estudiadas, esto permitirá la toma de decisiones de manera objetiva para las correcciones del sistema en pos del ahorro energético, para el procesamiento de la información, en caso de la energía, se puede trabajar compilando los registros del contador diariamente para un período determinado (mínimo tres meses), se agrupan los valores correspondientes a cada día de la

semana, se realiza un proceso de depuración de los datos y luego se procede a la estimación de los valores medios, intervalos de confianza y desviación estándar (para cada día de la semana), de manera semejante se procede para analizar el comportamiento del resto de las magnitudes, sólo que deben ser reducidos los períodos a compilar, por ejemplo, para la potencia deben tomarse períodos de 15 minutos y como máximo 1 hora, en el caso de las tensiones y de las corrientes, los períodos no deben ser mayores de 15 minutos. Estas últimas magnitudes deben ser estudiadas preferentemente para las condiciones de trabajo de la entidad normal y extremas.

Los gráficos que caracterizan el consumo de energía promedio de la entidad para cada día de la semana nos permiten evaluar los días para los cuales se producen los mayores consumos, investigar las causas y adoptar medidas conducentes al mejoramiento de la eficiencia, siguiendo los pasos explicados más arriba, fueron obtenidos los gráficos de energía de todas las áreas objeto de estudio, de ellos, se muestra como ejemplos en el capítulo 3 los obtenidos para el edificio de la Empresa Eléctrica y el correspondiente al área de la residencia estudiantil de la sede Oscar Lucero Moya. En el anexo (9) se puede apreciar la forma en que se compiló y procesó la información.

De forma semejante a los gráficos que caracterizan la demanda de potencia activa promedio de la entidad para cada día de la semana permiten evaluar la máxima demanda y el comportamiento de la demanda respecto al valor contratado, también se tiene la información necesaria para un posible desplazamiento de carga fuera del horario pico del país, para mejorar el servicio y la eficiencia, para ilustrar la propuesta, en el capítulo 3 se muestran los gráficos de potencia activa diaria obtenidos para las dos áreas objeto de estudio en la sede Oscar Lucero Moya y se realiza el comentario pertinente sobre los mismos. En el anexo (9) puede verse la forma en que fue compilada y procesada la información.

A partir de los gráficos de las corrientes pueden detectarse desbalances excesivos de las cargas que pueden conducir a caídas de tensiones inadmisibles y a altos valores de las pérdidas en una determinada fase, así como a la aparición de

sobrecargas en los transformadores, en caso de un banco trifásico formado por transformadores monofásicos. En el capítulo 3 se muestra el gráfico de las corrientes obtenido para el área de la residencia estudiantil y el correspondiente comentario.

A partir de la información que se recopile sobre el comportamiento de las tensiones puede evaluarse la variación de tensión en el circuito, aplicando la expresión (12).

Expresión para la variación de tensión:

$$\Delta V_k (\%) = \frac{V_k - V_n}{V_n} * 100 \quad (12)$$

Donde:

ΔV_k : Variación de tensión en el punto de medición, en el intervalo k de 10 minutos.

V_k : Tensión eficaz (rms) medido en cada intervalo de medición k de 10 minutos.

V_n : Tensión nominal en el punto de medición.

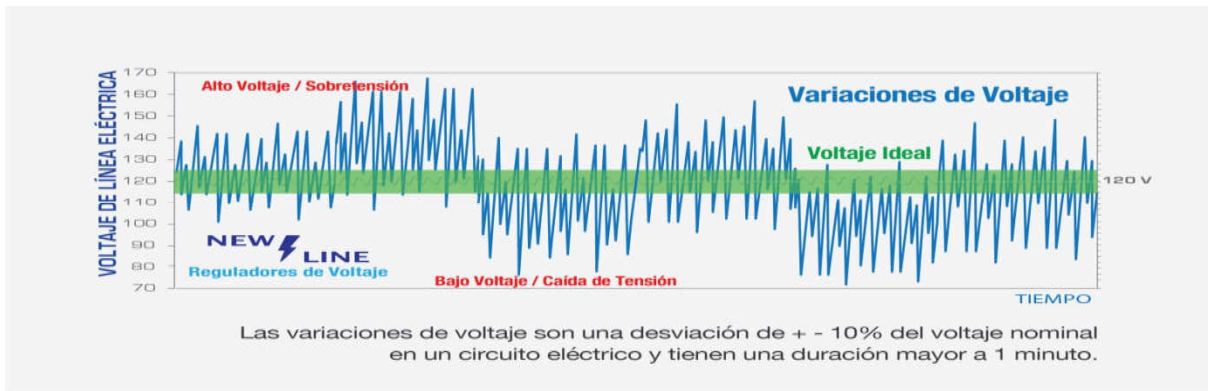


Figura (2.2): Variaciones de tensiones (tomada de <https://corpnewline.com/variaciones-de-voltaje,htm>)

Estimándose en qué medida dicho valor afecta la eficiencia de los motores eléctricos que se encuentran conectados al sistema. También puede ser evaluado el porcentaje de desbalance de las tensiones, aplicando la expresión (13).

Expresión para el desbalance de las tensiones:

La Norma NEMA (National Equipment Manufacturer's Association) define el desbalance de tensión mediante un índice conocido como "Line Voltage Unbalance Rate (LVUR)", que es la máxima desviación del voltaje de línea con respecto al valor de línea promedio, dividido entre el voltaje de línea promedio y está dado por:

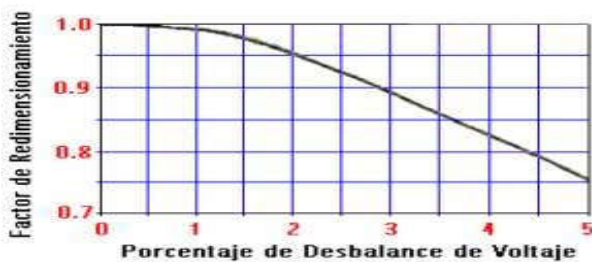
$$\%LVUR = \frac{|Desviacion\ max(V_{ab}, V_{bc}, V_{ca})|}{Pomedio\ de\ (V_{ab}, V_{bc}, V_{ca})} * 100 \quad (13)$$

Donde:

$$Pomedio\ de\ (V_{ab}, V_{bc}, V_{ca}) = \frac{V_{ab} + V_{bc} + V_{ca}}{3} \quad (14)$$

V_{ab} , V_{bc} , V_{ca} son las tensiones de línea del sistema eléctrico que alimenta a el motor. La definición NEMA asume que la tensión promedio es igual a la tensión nominal y además solo trabaja con magnitudes pues los ángulos de la tensión no son incluidos en la ecuación.

Cuando un motor de inducción es alimentado por un sistema de tensiones trifásico desequilibrado por un largo periodo (al menos la constante térmica de lamáquina), se producen en su funcionamiento efectos anormales sobre la corriente, el calentamiento, la potencia y la velocidad, respecto a su operación bajo un sistema de tensiones equilibrado,



Desbalance de voltaje	Redimensionamiento aproximado
1%	ninguno
2%	95%
3%	88%
4%	82%
5%	75%

Para evaluar motores mayores que 500 hp, Consulte al vendedor sobre el redimensionamiento.

Figura 2.3: Redimensionamiento para motores sobre el desbalance según el Estándar Nema MG1¹².

Los resultados del trabajo práctico realizado para el caso de las tensiones también en el área de la residencia estudiantil de la sede mencionada anteriormente se muestran en el capítulo 3, con el correspondiente comentario.

Los datos registrados por el contador sobre el factor de potencia, llevados a un gráfico permiten conocer rápidamente el comportamiento de esta magnitud en el tiempo y adoptar las medidas correspondientes para su corrección en caso que sea necesario, ya que un bajo factor de potencia incrementa las pérdidas en el sistema y provoca penalizaciones que afectan a la economía de la entidad. El ejemplo ilustrativo, para el mismo caso en que fueron analizadas las tensiones se muestra en el capítulo 3.

2.2.2 Metodología seguida para el desarrollo del trabajo de campo.

Para el desarrollo del trabajo de campo se hicieron lecturas en los contadores de energía eléctrica P2000-T, se descargó la información de estos, se instaló el analizador de redes Circuitor AR5-L en varios equipos para obtener los datos característicos de los mismos tomando como referencia: Computadora de mesa, UPS, Lámpara fluorescente, Refrigerador, Bombillo Led, Nevera, Ventilador, Aire Acondicionado de Ventana y tipo Split, Hornilla Eléctrica, Microwave y Laptop.

Para todos estos equipos se le hicieron mediciones de Tensión, Corriente, Potencia Activa, Potencia Reactiva (inductiva y capacitiva), Factor de Potencia y Potencia Aparente.

-Metodología seguida para determinar las causas que conllevan al caso particular cuando el contador de energía registra un factor de potencia próximo a la unidad, sin que exista un banco de compensación del factor de potencia.

Últimamente se ha detectado que los contadores de un conjunto de entidades registran un factor de potencia muy cercano a la unidad e incluso 1 de manera permanente. La carga tradicional en estas entidades ha ido de carácter resistivo-inductivo con un factor de potencia próximo al valor de 0,9 e inferior, con variaciones notables durante el transcurso del día, el nuevo comportamiento detectado conlleva a pensar en un posible error de los contadores por lo que para

estos casos particulares se desarrolló una investigación especial aplicando la siguiente metodología: se realizó el levantamiento de la potencia instalada en cada una de las entidades objeto de estudio mencionadas y caracterizadas más arriba, se realizaron mediciones de las corrientes, tensiones, potencias y factor de potencia en los circuitos alimentadores en diferentes días de la semana y en diferentes horarios, se realizaron verificaciones in situs de los contadores con el empleo de analizadores de redes y finalmente se midió el comportamiento de las variables eléctricas, incluyendo el factor de potencia, a un grupo de equipos ubicados en el interior de las instalaciones objeto de estudio. La aplicación de esta metodología permitió determinar la causa del registro de un factor de potencia muy próximo a la unidad, de manera permanente, en los contadores instalados en estas entidades, donde no existen bancos de condensadores para la compensación del factor de potencia. En el capítulo 3 se exponen los resultados obtenidos durante este estudio particular, como complemento práctico de la propuesta metodológica del autor.

- Metodología seguida para la evaluación técnico-económica y de la eficiencia energética para el caso particular en que el contador de energía registra un factor de potencia próximo a la unidad.

Evidentemente que el trabajo de una entidad con un alto factor de potencia favorece su eficiencia energética y abarata el costo de su consumo de energía eléctrica, para la evaluación técnico-económica del caso particular en que el contador indica de manera permanente un factor de potencia próximo a la unidad se propone utilizar la siguiente metodología: se debe partir de los gráficos de potencia diarios característicos de la entidad. El gráfico diario debe ser segmentado en tantos tramos como sea posible donde la demanda se mantenga con pocas variaciones, para cada tramo se calcula la corriente promedio mediante la expresión (15).

$$I_{ik} = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos \varphi} 100 \quad (15)$$

Donde,

I_{ik} : corriente promedio en el tramo i del día k , en A.

P : potencia promedio en el tramo i del día k , en kW.

U : tensión de línea promedio, V.

$\cos \varphi$: factor de potencia promedio (puede asumirse un valor entre 0,85 y 0,88)

Se calcula entonces la pérdida que se produce relacionada con cada uno de los segmentos de la curva de potencia, tomando en consideración la resistencia del alimentador, según la expresión (16)

$$p_{ik} = I_{ik}^2 R t_{ik} \quad (16)$$

donde,

p_{ik} : pérdidas de energía en el alimentador, durante el tiempo t asociado al segmento i , del día k , en Wh.

R : resistencia del alimentador, en ohm.

t_{ik} : tiempo asociado al segmento ik , en h.

De esta forma las pérdidas aproximadas para el día k en el alimentador se estiman mediante la expresión (17).

$$p_k = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{1000} \quad (17)$$

donde:

p_k : pérdidas de energía en el alimentador equivalente para el día k , en kWh.

Este procedimiento se aplica para cada día de la semana y la suma de las pérdidas en cada uno de ellos dará las pérdidas de energía que se producen en la instalación durante la semana. A partir del cálculo de las pérdidas semanales se pueden estimar las pérdidas mensuales y las anuales. Se repite el mismo procedimiento pero utilizando el factor de potencia con el que realmente está trabajando la instalación (1 ó muy próximo a 1). Se restan las pérdidas que presenta el sistema para ambos casos y se calcula el costo de esta diferencia

referida a un mes de trabajo, aplicando la tarifa que corresponde a la entidad, así queda evaluado el beneficio técnico económico que representa el trabajo de los equipos que operan con alto factor de potencia y de los que operan aportando reactivo al sistema.

2.3. Características generales de los instrumentos utilizados.

- Características generales del Contador de Energía Eléctrica P2000-T (ver Anexo 15).

Conexión: Trifásica de 4 hilos

Entrada de tensión: 3x 57,7/100V - 240/415V

Corriente: 3x1(10) A

Frecuencia: 60Hz

Temperatura de trabajo: -25 °C a 60 °C

- Características generales del analizador de redes CANDURA (ver Anexo 15).

Entrada de tensión: 3 x 100 - 600VCA

Corriente: 0,2-2500A

Frecuencia: 45 - 65Hz

Temperatura de trabajo: -20 °C a 60 °C

- Características generales del analizador de redes Circuitor AR5L (ver Anexo 15).

Entrada de tensión: 3 x 100 - 240VCA

Corriente: 3 x 0,01- 20000A

Frecuencia: 50 - 60Hz

Temperatura de trabajo: 0 °C a 40 °C

- Características generales de la Pinza Amperimétrica Digital UNI-T Modelo UT233 (ver Anexo 15).

Entrada de tensión: 3 x 15 - 600VCA

Corriente: 3 x 40-1000A

Frecuencia: 20 - 500Hz

Temperatura de trabajo: 23 °C +- 5 °C

Conclusiones del capítulo.

Se realizaron las mediciones pertinentes en el trabajo de campo que avalan la validez del uso de las potencialidades de los parámetros obtenidos por los contadores de energía eléctrica del tipo P2000-T para hacer estudios de importancias e las entidades de la producción y los servicios, permitiendo a la vez un material referencial para estudios de las magnitudes eléctricas que interfieren en los estudios de eficiencia energética de los mismos.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Introducción.

En este capítulo se muestra a través de ejemplos prácticos todo el proceso de interpretación, procesamiento y resultados de las diferentes magnitudes eléctricas que registra el contador de energía eléctrica digital P-2000T para el mejoramiento de la eficiencia energética en las entidades de la producción y/o los servicios que pudieran servir de guía a los especialistas energéticos para hacer sus propios estudios.

3.1. Ejemplos prácticos de la interpretación y uso de las lecturas de las diferentes variables que registra el contador para el mejoramiento de la eficiencia energética.

3.1.1. Ejemplo de utilización de la información correspondiente al consumo de energía eléctrica.

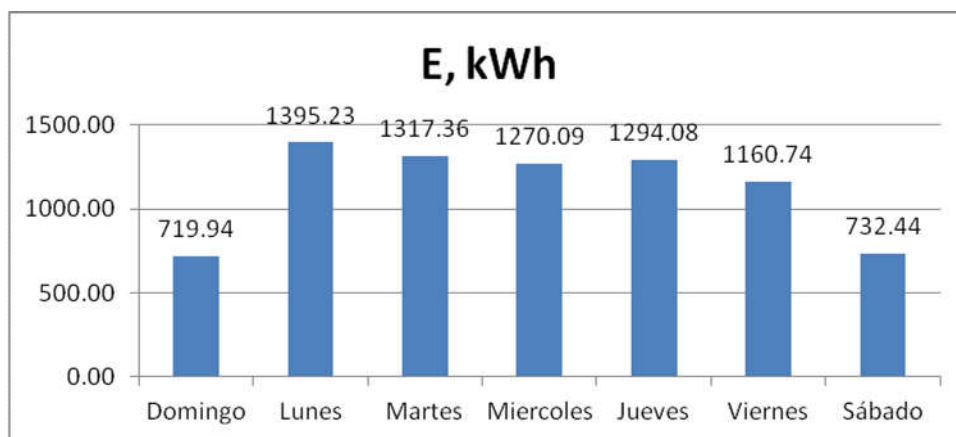


Figura 3.1. Comportamiento del consumo de energía eléctrica (kWh) total diario, en el edificio central de la EEH.

Utilizando la información registrada por el contador instalado en el edificio central de la Empresa Eléctrica de Holguín durante el período enero-junio de 2022, el trabajo de minería de datos permitió caracterizar el comportamiento del consumo de energía diario de esta entidad según se muestra en la figura 3.1. Del análisis de este comportamiento se infiere que, el máximo consumo de la semana se produce

los lunes y los menores consumos se producen los sábados y domingos que corresponden al trabajo de las áreas seleccionadas con régimen de trabajo 24 horas (Despacho, Centro Telefónico, Centro de Dirección, Área de Servicio, etc.).

De aquí se evidencia un camino a seguir para el ahorro energético, si se investigan las causas que conllevan al pico de consumo los lunes y se realizan acciones que tiendan a aproximar este consumo a los valores medios del resto de los días de la semana.

En la tabla (3.1) se muestran los valores promedios del consumo de energía en el edificio para los diferentes días de la semana así como su intervalo de variación estimado con un nivel de confianza del 95 % y la desviación estándar, la información de la tabla permite conocer en qué rango se mueve cada uno de los valores promedios estimados, avalados por un análisis de probabilidad, lo que le da veracidad y confiabilidad al uso de esta información. Por ejemplo, para el caso de los lunes, por cada 100 veces que se realice un muestreo del consumo de energía para ese día de la semana, en 95 casos el valor promedio se encontrará entre 159,62 kWh y 241,02 kWh. Por otro lado, el valor 199,18 de la desviación estándar nos indica que la media de alejamiento de los valores muestreados respecto a la media general es de un 2,0 %,

Tabla (3.1) Estimación del consumo de energía eléctrica en el edificio central de la EEH para los diferentes días de la semana.

Día de la semana	E_{promedio} , kWh	Intervalo, kWh	Desv. %
Lunes	1395	159,62	2,0
Martes	1317	151,94	1,9
Miércoles	1270	153,83	1,9
Jueves	1294	153,41	1,9
Viernes	1160	236,87	3,0

Sábado	732	101,07	1,3
Domingo	719	72,65	0,9

En la figura 3.2 se muestra la caracterización gráfica que se obtuvo del consumo de energía eléctrica en un área determinada de la sede “Oscar Lucero Moya” perteneciente a la Universidad de Holguín. Como puede apreciarse, este comportamiento es diferente al que se presenta en el edificio central de la Empresa Eléctrica, en este caso el gráfico tiene forma acampanada, de manera que el mayor consumo de energía se produce los miércoles. Aquí se puede proceder de manera semejante a como se indicó para el ejemplo anterior, es decir, se puede investigar las causas del pico de los miércoles y adoptar medidas para tratar de acercar ese valor a la media de la semana.

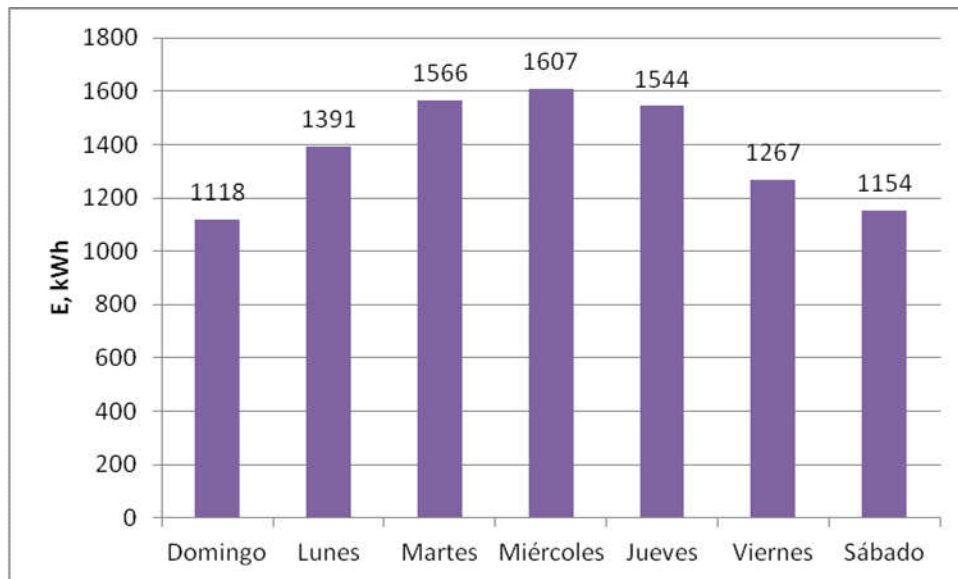


Figura 3.2 Comportamiento del consumo de energía eléctrica (kWh) para los diferentes días de la semana, en el área residencial de la sede “Oscar Lucero Moya”, en la Universidad de Holguín, (Tomado de Proyecto Energía, UHo 2020).

En la tabla (3.2) se muestra el resultado del procesamiento estadístico para este caso. Puede observarse que existe una pequeña desviación estándar, lo que indica alta regularidad del comportamiento.

Tabla 3.2. Estimación del consumo de energía eléctrica en el área residencial de la sede Oscar Lucero Moya, Universidad de Holguín para los diferentes días de la semana.

Día de la semana	E_{promedio} , kWh	Intervalo, kWh	Desv. %
Lunes	1391	198,88	1,99
Martes	1566	225,72	2,26
Miércoles	1607	243,24	2,43
Jueves	1544	228,75	2,29
Viernes	1267	323,12	3,23
Sábado	1154	199,02	1,99
Domingo	1118	140,99	1,41

3.1.2 Ejemplo de utilización de la información correspondiente a la demanda de potencia activa.

Utilizando el procedimiento propuesto en 2.4 con la información registrada por el contador instalado en el área socio administrativa de la sede “Oscar Lucero Moya”, en la Universidad de Holguín, fue caracterizado el comportamiento de la demanda de potencia activa en esa área, como se aprecia, se produce un pico en el horario comprendido desde las 10:15 a las 10:45 y otro pico menor en el horario comprendido entre las 13:30 y las 15:00, también puede observarse un valle entre las 11:45 y las 13:00. Por otro lado, la demanda permanece relativamente estable a partir de la 18:30 hasta las 7:30 del próximo día, presentando sus valores mínimos durante este período, esta caracterización permite valorar cuán cercas o

lejanos entre sí se encuentran los valores de la demanda contratada y la demanda máxima (se deben tener en cuenta el resto de los días de la semana), de esta valoración pudiera plantearse una recontractación de la demanda, para este caso en particular resultó una demanda contratada de 190.0 kW contra una demanda máxima de 86, 8 kW (el miércoles es el día de mayor carga en esta instalación), por lo tanto, a partir de este gráfico se puede realizar un estudio para el desplazamiento de carga hacia otros horarios, en caso que sea necesario, para favorecer la eficiencia energética del sistema.

En el Anexo (10) se muestra el resultado del trabajo estadístico que permite la confiabilidad para la utilización de la información contenida en el gráfico de la demanda de potencia activa, pueden apreciarse intervalos estrechos, así como una pequeña desviación estándar en todos los casos, lo que es señal de que este comportamiento de la potencia activa es estable y presenta pocas irregularidades.

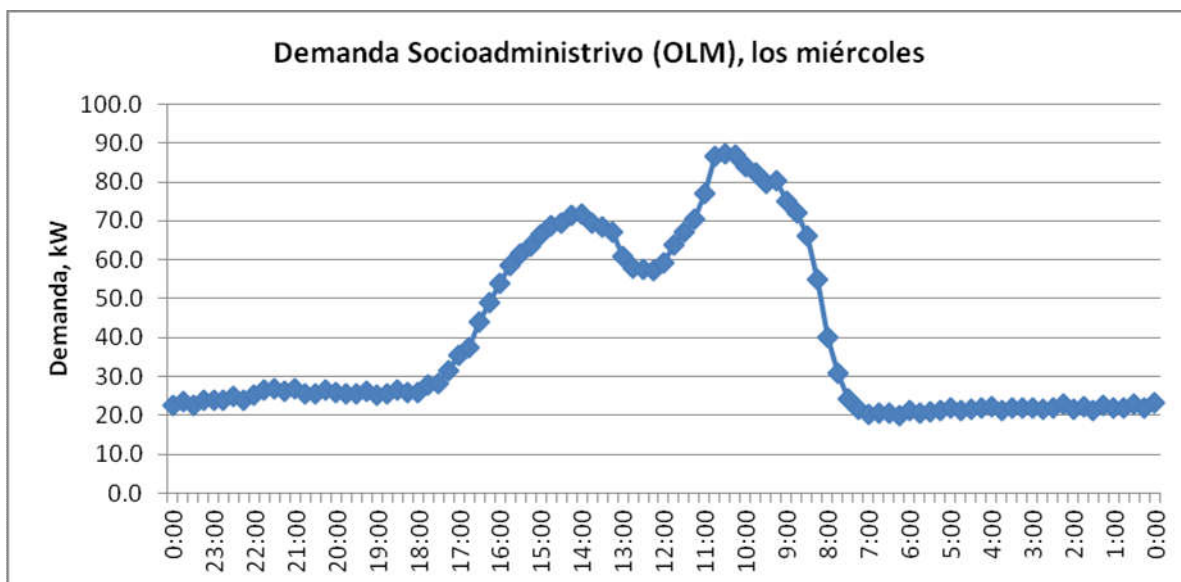


Figura 3.2 Comportamiento de la demanda de potencia activa los miércoles en el área Socio administrativa de la sede “Oscar Lucero Moya”, Universidad de Holguín, (Tomado de Proyecto Energía, UHo 2020).

Con la información registrada por el contador instalado en el área residencia estudiantil de la sede “Oscar Lucero Moya”, en la Universidad de Holguín, fue caracterizado el comportamiento de la demanda de potencia activa en esa área,

como se aprecia, se produce un pico en el horario comprendido desde las 17:30 a las 22:30, también puede observarse un valle entre las 5:45 y las 6:45. Por otro lado, la demanda permanece relativamente estable a partir de la 10:30 hasta las 14:45 horas, presentando sus valores mínimos durante entre las 2:45 y las 5:45 horas, esta caracterización permite valorar cuán cercas o lejanos entre sí se encuentran los valores de la demanda contratada y la demanda máxima (se deben tener en cuenta el resto de los días de la semana), de esta valoración pudiera plantearse una recontractación de la demanda, para este caso en particular resultó una demanda contratada de 150.0 kW contra una demanda máxima de 118,49 kW (el miércoles es el día de mayor carga en esta instalación), por lo tanto, a partir de este gráfico se puede realizar un estudio para el desplazamiento de carga hacia otros horarios, en caso que sea necesario, para favorecer la eficiencia energética del sistema.

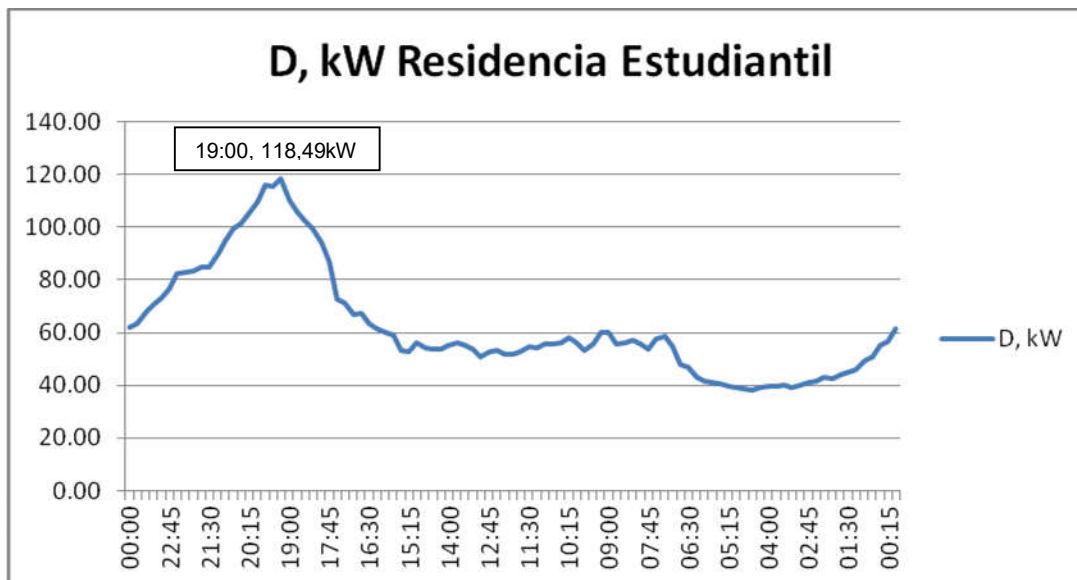


Figura 3.3 Comportamiento de la demanda de potencia activa los miércoles en el área residencia estudiantil de la sede “Oscar Lucero Moya”, Universidad de Holguín, (Tomado de Proyecto Energía, UHo 2020).

3.1.3 Ejemplo de utilización de la información correspondiente al registro de las tensiones.

Según procedimiento expuesto en (2.3) se obtuvo el comportamiento gráfico de las tensiones de fase para el horario pico, en el día más cargado (miércoles), de la residencia estudiantil en la sede “Oscar Lucero Moya”, como se aprecia en la figura 3.3 el menor valor de tensión lo presenta la fase A, aunque siempre está por encima de los 120 V, que es la tensión nominal del circuito, mientras que la fase C llega alcanzar valores próximos a los 128 V. Realizado el cálculo de la variación de tensión en el circuito según la expresión (2.1), se obtuvo un valor de 6.67 %, valor que está dentro del rango admitido por las normas cubanas NC365:2011. A partir de este comportamiento, debe ser estudiado el horario de mínima demanda (madrugada) y de demanda normal (durante el día) para detectar si las tensiones son muy altas, lo que también afectaría la eficiencia energética del sistema, la información brindada por el contador sobre el comportamiento de las tensiones permite también evaluar el grado de desbalance del circuito, según las expresiones (2.2 y 2.3). Para el caso que se analiza se obtuvo un desbalance de 0.92 %, valor que se encuentra dentro del rango establecido por las normas cubanas NC365:2011.

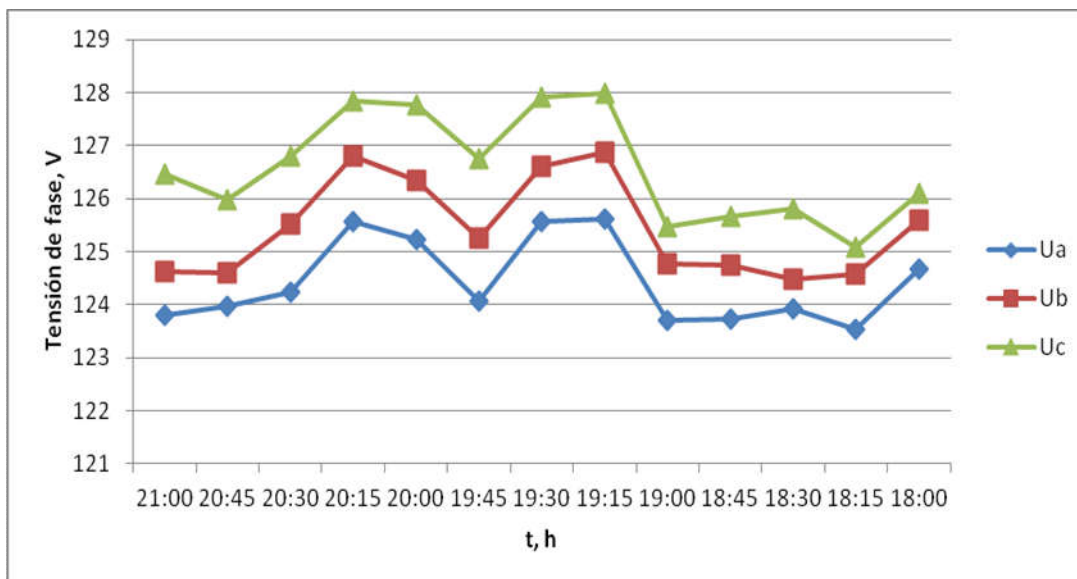


Fig. 3.4. Comportamiento de las tensiones, durante el horario pico, a la salida del banco de transformadores que alimenta el área residencia estudiantil de la sede “Oscar Lucero Moya”, Universidad de Holguín, (Tomado de Proyecto Energía, UHo 2020).

En el Anexo (11) se muestra el resultado del trabajo estadístico que permite la confiabilidad para la utilización de la información contenida en el gráfico de las tensiones. Pueden apreciarse intervalos estrechos, así como una pequeña desviación estándar en todos los casos, lo que es señal de que este comportamiento de las tensiones es estable y presenta pocas irregularidades.

3.1.4 Ejemplo de utilización de la información correspondiente al registro de las corrientes.

La figura 3,5 muestra la caracterización gráfica obtenida para las corrientes de líneas a partir de la información registrada en el contador instalado en el área de la residencia estudiantil de la sede “Oscar Lucero Moya”, que se corresponde con el horario pico nocturno. Se observa un pico a las 19:15 aproximadamente en las tres fases, siendo la fase B la más cargada. Como en este punto de suministro se utiliza un banco formado por tres transformadores monofásicos de 50 KVA cada uno, pues el gráfico sirve para estimar el coeficiente de carga de cada transformador y detectar alguna posible sobrecarga. La corriente nominal de estos transformadores es de 208.33A por lo que en este caso no se aprecian sobrecargas, no obstante es recomendable ampliar la muestra, ya que los valores máximos observados en la fase B están muy cercanos al valor nominal.

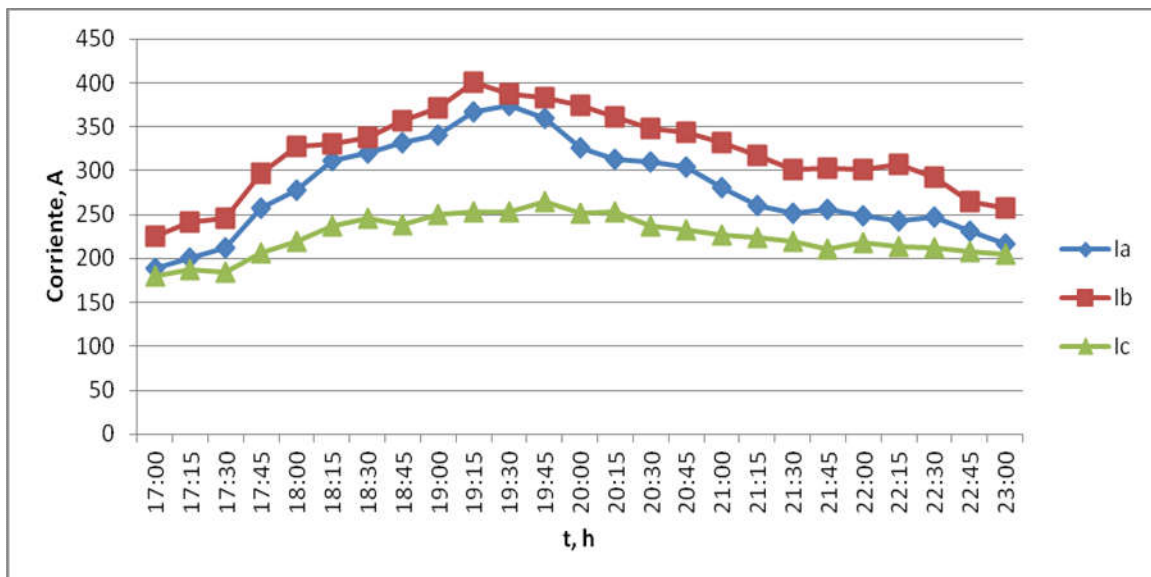


Figura 3.5. Comportamiento de las corrientes los miércoles, durante el horario pico, a la salida del banco de transformadores que alimenta el área residencial de la sede “Oscar Lucero Moya”, Universidad de Holguín, (Tomado de Proyecto Energía, UHo 2020).

A partir del gráfico obtenido también se infiere la necesidad de realizar un mejor balance de las cargas en este circuito, para ello es necesario tener en cuenta el comportamiento de la carga durante el resto del día, con ello se incide favorablemente en la eficiencia energética.

En el Anexo (12) se muestra el resultado del trabajo estadístico que permite la confiabilidad para la utilización de la información contenida en el gráfico de las corrientes. Pueden apreciarse intervalos estrechos, así como una pequeña desviación estándar en todos los casos, lo que es señal de que este comportamiento de las corrientes es estable y presenta pocas irregularidades.

3.1.5 Ejemplo de utilización de la información correspondiente al registro del factor de potencia.

Con la información brindada por el contador instalado en la misma área de los ejemplos mostrados para las corrientes y las tensiones, se realizó la caracterización del comportamiento del factor de potencia, en este caso se muestra el escenario para el cual esta magnitud exhibe sus valores más bajos, con la ayuda de este gráfico y de los otros que se obtuvieron para el resto del día y de la noche se pudo calcular la capacidad que se necesita para la compensación del factor de potencia en esta área, de modo que se eviten las penalizaciones y se reduzcan las pérdidas, de modo que, esta caracterización conduce al camino para el mejoramiento de este indicador por diferentes vías, con lo cual se incide positivamente sobre la eficiencia energética del sistema y sobre la economía de la entidad cuando se deja de recibir penalizaciones por este concepto.

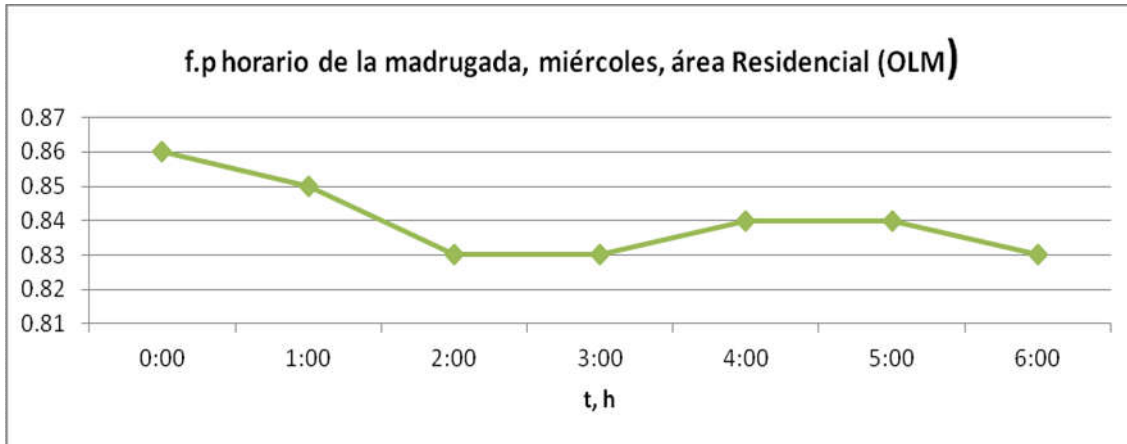


Figura 3.6. Comportamiento del factor de potencia, los miércoles, durante el horario de la madrugada en el área residencial de la sede “Oscar Lucero Moya”, Universidad de Holguín, (Tomado de Proyecto Energía, UHo 2020).

En el Anexo (13) se muestra el resultado del trabajo estadístico que permite la confiabilidad para la utilización de la información contenida en el gráfico del factor de potencia, pueden apreciarse intervalos estrechos, así como una pequeña desviación estándar en todos los casos, lo que es señal de que este comportamiento del factor de potencia es estable y presenta pocas irregularidades.

3.2 Resultados del estudio realizado para el caso particular en que el contador registra de manera permanente un factor de potencia próximo a la unidad, sin que exista un banco de compensación del factor de potencia en la entidad.

3.2.1 Registro de los contadores y análisis de la carga instalada.

En las tablas (3.3), (3.4) y (3.5) se muestran los valores de las corrientes de líneas, tensiones de fases, potencia activa y factor de potencia registrada por tres contadores de energía ubicados en diferentes instalaciones, como puede apreciarse, el comportamiento del factor de potencia en todos los casos es análogo y se mantiene en esta forma durante las 24 horas del día.

Tabla (3.3) Comportamiento del factor de potencia, para un día típico, en el banco de transformadores que alimenta el área Socio Administrativa de la sede “Oscar Lucero Moya”, Universidad de Holguín, (4 de Mayo 2022).

Hora	I _A (A)	I _B (A)	I _C (A)	U _A (V)	U _B (V)	U _C (V)	P (kW)	FP
0:00	49,44	25,12	55,20	129,11	123,73	125,48	15,87	0,99
6:00	49,12	24,32	55,36	126,59	121,65	122,47	15,37	0,99
14:00	139,68	109,76	202,24	125,14	120,34	121,50	54,35	0,99
20:00	50,72	31,84	60,89	124,42	119,58	121,33	16,83	0,99

Tabla (3.3) Comportamiento del factor de potencia, para un día típico, en el banco de transformadores que alimenta el área docente de la sede “José de la Luz y Caballero”, Universidad de Holguín, (4 de Mayo 2022).

Hora	I _A (A)	I _B (A)	I _C (A)	U _A (V)	U _B (V)	U _C (V)	P (kW)	FP
0:00	28,80	40,08	0,40	121,33	120,93	210,61	8,28	0,99
6:00	26,88	39,20	0,40	118,74	118,26	205,50	7,80	0,99
14:00	97,92	100,48	38,96	120,85	113,81	203,76	30,69	1,00
20:00	15,92	27,68	0,40	119,03	114,38	202,07	4,97	0,98

Tabla (3.4) Comportamiento del factor de potencia, para un día típico, en el banco de transformadores que alimenta el edificio de la Empresa Eléctrica Provincial, (4 de Mayo 2022).

Hora	I _A (A)	I _B (A)	I _C (A)	U _A (V)	U _B (V)	U _C (V)	P (kW)	FP
0:00	85,60	75,60	42,20	120,00	120,00	207,00	26,90	1,00
6:00	96,00	76,40	55,00	120,00	120,00	206,00	29,80	0,99
14:00	381,20	358,80	179,20	120,00	120,00	206,00	121,90	0,99
20:00	104,60	102,80	70,40	121,0	121,00	208,00	37,50	0,99

Como resultado del estudio realizado para conocer la composición de la carga instalada en cada una de las instalaciones objeto de estudio, fueron obtenidos los gráficos que se muestran en las figuras (3.7), (3.8), y (3.9). En el caso del edificio socio administrativo de la sede “Oscar Lucero Moya”, el mayor por ciento de la carga corresponde a los equipos de cómputo, seguido por los equipos acondicionadores de aire (ver figura 3.7).

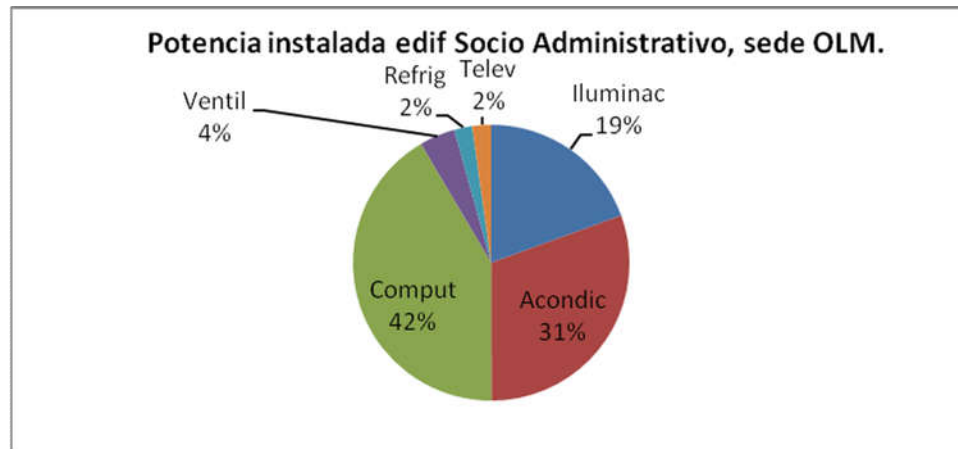


Figura 3.7 Distribución de la potencia instalada por actividad en el edificio socio administrativo de la sede “Oscar Lucero Moya”, (tomado de Informe Proyecto Energía UHo 2020).

Para el caso del edificio docente en la sede “José de la Luz y Caballero” también se observa que el mayor porcentaje de la carga instalada corresponde a los equipos de cómputo, seguida por los equipos acondicionadores de aire (ver figura 3.8).

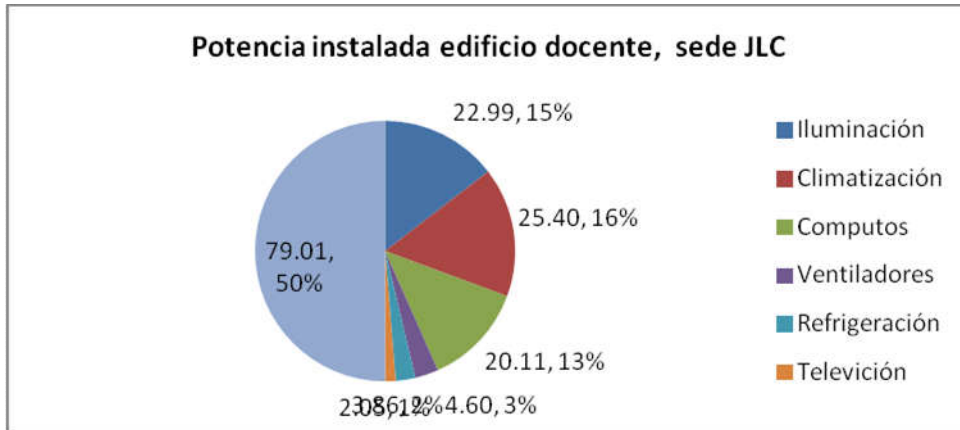


Figura 3.8. Distribución de la potencia instalada por actividad en el edificio docente de la sede “José de la Luz y Caballero”, (tomado de Informe Proyecto Energía UHo 2020).

Para el caso del edificio central de la Empresa Eléctrica Provincial, se observa que, el mayor porcentaje de la carga instalada le corresponde a la climatización seguida de equipos de cómputos, así como la iluminación. (Ver figura 3.9).

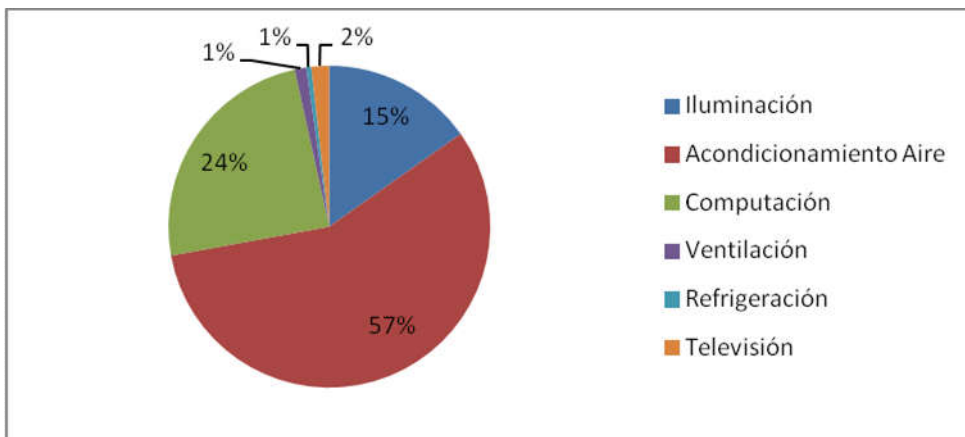


Figura 3.9. Distribución de la potencia instalada por actividad en el edificio central de la Empresa Eléctrica Provincial.

En los tres casos analizados se evidencia un componente alto de carga de carácter inductivo representada por los equipos acondicionadores de aire principalmente.

3.2.2 Mediciones en los bancos de transformadores y en los alimentadores.

En las tablas (3.5), (3.6) y (3.7) se puede apreciar el comportamiento del factor de potencia por fase a la salida del banco de transformadores que alimenta el área socio administrativa de la sede “Oscar Lucero Moya”, mediciones realizadas con un analizador de redes en un día típico de trabajo.

Tabla .3.5. Comportamiento de las tensiones, corrientes y potencias en la fase A del banco de transformadores que alimenta al área Socio administrativa, en la sede “Oscar Lucero Moya”.

Hora	I_A (A)	U_A (V)	P_A (kW)	Q_A (kVAr)	$\text{Cos}(\varphi)_A$
11:44	101,4	125	12,2	-1,7	0,98
11:49	95	125	11,5	-1,6	0,98
11:53	99,7	125	11,8	-2,4	0,98

Tabla 3.6. Comportamiento de las tensiones, corrientes y potencias en la fase B del banco de transformadores que alimenta al área Socio administrativa, en la sede “Oscar Lucero Moya”.

Hora	I_B (A)	U_B (V)	P_B (kW)	Q_B (kVAr)	$\text{Cos}(\varphi)_B$
11:46	150	120	17,8	2,34	0,99
11:50	142,3	120,3	16,6	2,40	0,99
11:54	160,9	120	18,5	2,40	0,99

Tabla 3.7. Comportamiento de las tensiones, corrientes y potencias en la fase C del banco de transformadores que alimenta al área Socio administrativa, en la sede “Oscar Lucero Moya”.

Hora	I_C (A)	U_C (V)	P_C (kW)	Q_C (kVAr)	$\text{Cos } (\varphi)_C$
11:47	67,2	119,1	7,5	-0,5	0,99
11:51	65,0	119,0	7,4	-0,3	0,99
11:55	64,0	119,3	7,5	-0,3	0,99

Como puede apreciarse, en las tres fases se presenta un factor de potencia próximo a la unidad.

Sobre los resultados que se obtuvieron de las mediciones realizadas en cada uno de los alimentadores que parten desde este banco (edificio socio administrativo, biblioteca y edificio del centro de estudio de CAD/CAM), en las tablas (3.8), (3.9) y (3.10) se muestra el caso del edificio socio administrativo, (en los anexos puede verse el comportamiento para los alimentadores de la Biblioteca y del edificio del centro de estudio de CAD/CAM).

Tabla 3.8. Comportamiento de las tensiones, corrientes y potencias en la fase A del panel general de distribución del edificio Socio administrativo.

Hora	I_A (A)	U_A (V)	P_A (kW)	Q_A (kVAr)	$\text{Cos } (\varphi)_A$
11:11	43,6	117,6	4,8	-1,5	0,95
11:15	42,2	117,1	4,6	-1,5	0,95
11:19	44,0	117,5	4,7	-0,5	0,99

Tabla 3.9. Comportamiento de las tensiones, corrientes y potencias en la fase B del panel general de distribución del edificio Socio administrativo.

Hora	I_B (A)	U_B (V)	P_B (kW)	Q_B (kVAr)	$\text{Cos}(\varphi)_B$
11:12	116	116	13,0	1,1	0,99
11:17	115	116	13,0	1,1	0,99
11:22	112	116	12,7	1,0	0,99

Tabla 3.10. Comportamiento de las tensiones, corrientes y potencias en la fase C del panel general de distribución del edificio Socio administrativo.

Hora	I_C (A)	U_C (V)	P_C (kW)	Q_C (kVAr)	$\text{Cos}(\varphi)_C$
11:13	69,3	124,2	8,3	-1,7	0,97
11:19	68,4	124,5	8,2	-1,7	0,98
11:24	55,5	125,3	6,5	-2,2	0,95

Como puede apreciarse, en cada una de las fases, aunque en no todos los casos el factor de potencia es próximo a la unidad, sí mantiene valores tan altos como ocurre en los casos que se utilizan métodos de compensación.

En la tabla 3.11 está reflejada una muestra de las mediciones que se realizaron simultáneamente con el contador de energía y con un analizador de redes en el banco de transformadores ubicado en el edificio central de la Empresa Eléctrica de Holguín,

Tabla 3.11. Mediciones realizadas con el contador de energía y con un analizador de redes en el banco de transformadores que alimenta el edificio central de la Empresa Eléctrica de Holguín.

Mediciones con contador						Mediciones con analizador				
Hora	U (V)	I (A)	P (kW)	S (KVA)	FP	U (V)	I (A)	P (kW)	S (KVA)	FP
14:28	119,0	438,0	142,6	146,4	0,98	119,4	412,8	141,6	148,8	0,96
14:30	119,0	372,0	129,5	130,9	0,99	120,0	368,6	132,0	136,4	0,96
14:32	119,0	398,0	135,1	136,7	0,98	119,6	369,6	132,0	136,4	0,96
14:34	119,0	398,0	137,2	140,8	0,99	120,1	369,6	132,0	136,4	0,96
14:42	119,0	384,0	128,9	131,9	0,98	120,2	376,2	131,8	136,4	0,96

3.2.3. Resultados de las mediciones realizadas a diferentes tipos de equipos que integran la carga instalada en las diferentes entidades objeto de estudio.

En la tabla (3.12) pueden apreciarse las características de los principales equipos que conforman la carga instalada en las tres entidades objeto de estudio, se observa que los acondicionadores de aire trabajan con un alto factor de potencia, debido a que poseen compensación individual incorporada por los fabricantes, mientras que las lámparas fluorescentes tradicionales trabajan con un bajo factor de potencia, así como los ventiladores. Por otro lado, aparece un grupo de equipos trabajando con factor de potencia en adelanto, es decir, aportando energía reactiva, entre ellos se encuentran las computadoras y las lámparas LED. La combinación de estos equipos constituye el mayor porcentaje de carga instalada en las tres entidades objeto de estudio. El reactivo que aportan compensa el reactivo de las cargas inductivas todo el tiempo, esto, unido a los resultados de todas las mediciones que se realizaron para la comprobación de los contadores,

explica el comportamiento del factor de potencia muy próximo a la unidad, de manera sostenida en todos los casos.

Tabla 3.12. Comportamiento de los principales equipos que conforman la carga instalada en las entidades objeto de estudio.

Equipo	I (A)	U (V)	P (W)	Q (VAR)	Cos ϕ
Acondicionador de aire Fujitsu	3,2	239,0	739,0	15,0	0,95
Split Fujitsu de 1 t	6,46	244,0	1502,0	342,0	0,94
Lámpara Fluorescente 20W	0,39	116,0	30,0	32,0	0,65
Microwave Daytron	5,96	118,0	650,0	45,0	0,92
Hornilla Eléctrica	6,69	118,0	762,0	0,00	1,0
Ventilador de pie	0,67	120,0	67,0	0,04	0,81
PC Celeron con UPS	0,72	121,0	81,0	21,0	-0,92
Bombillo LED, 20 W, Samsung	0,34	115,0	24,0	7,0	-0,63
Laptop GDM	0,75	119,0	51,0	8,0	-0,59

3.2.4 Resultado del análisis económico cuando existe un alto factor de potencia.

A modo de ejemplo se muestra el resultado del cálculo técnico-económico realizado para el caso del área socio administrativa de la sede “Oscar Lucero Moya”, de la Universidad, utilizando el gráfico de demanda de potencia activa que se muestra en la figura (3.2), en dicha área, parte desde el banco de transformadores un alimentador formado por dos cables por fase de sección transversal de 107 mm^2 , con una resistencia de $0,168 \text{ Ohm/km}$ que, recorren una

distancia aproximada de 50 m a partir de la cual se realiza la distribución de energía por los diferentes pisos y locales del área.

En la tabla (3.13) se muestra el resultado del cálculo de las pérdidas utilizando el procedimiento propuesto en (2.5), asumiendo un factor de potencia promedio de 0,88 y en la tabla (3.14) se muestra el resultado asumiendo el factor de potencia de 0,99, como realmente está indicando el contador.

Tabla 3.13. Estimación de las pérdidas en el alimentador del área socio administrativa en la sede “Oscar Lucero Moya”, (para el día miércoles), asumiendo factor de potencia de 0,88.

No	Intervalo	Tiempo (t), h	Potencia media, kW	pérdidas, kW
1	0:00 – 7:15	7,25	21,70	2,56
2	7:15 – 8:15	1	34,30	0,88
3	8:15 – 9:30	1,25	71,30	4,76
4	9:30 – 10:30	1	84,10	5,30
5	10:30 – 10:45	0,25	87,10	7,10
6	10:45 – 11:15	0,50	78,10	2,28
7	11:15 – 12:45	1,50	61,90	4,30
8	12:45 – 14:15	1,50	66,70	5,00
9	14:15 – 15:45	1,50	65,60	4,83
10	15:45 – 17:00	1,25	46,40	2,02
11	17:00 – 18:30	1,50	28,70	0,93
12	18:30 – 00:00	5,50	25,20	2,62

Total de pérdidas: 42,57 kW

Tabla 3.14. Estimación de las pérdidas en el alimentador del área socio administrativa en la sede “Oscar Lucero Moya”, (para el día miércoles), asumiendo factor de potencia de 0,99.

No	Intervalo	Tiempo (t), h	Potencia media, kW	Pérdidas, kW
1	0:00 – 7:15	7,25	21,70	2,02
2	7:15 – 8:15	1	34,30	0,70
3	8:15 – 9:30	1,25	71,30	3,76
4	9:30 – 10:30	1	84,10	4,18
5	10:30 – 10:45	0,25	87,10	5,61
6	10:45 – 11:15	0,50	78,10	1,80
7	11:15 – 12:45	1,50	61,90	3,40
8	12:45 – 14:15	1,50	66,70	3,95
9	14:15 – 15:45	1,50	65,60	3,82
10	15:45 – 17:00	1,25	46,40	1,59
11	17:00 – 18:30	1,50	28,70	0,73
12	18:30 – 00:00	5,50	25,20	2,07

Total de pérdidas: 33,63 kW

Evaluando ambos resultados se observa que el aporte de potencia reactiva que hacen los equipos con características de carga RC, permite un 20,99 % de reducción de las pérdidas en el alimentador, esto se traduce en un ahorro anual de esta área por concepto de reducción de pérdidas de 10011,64 CUP, con una

bonificación por mantener un alto factor de potencia en el orden 384,19 CUP anual, aplicando la tarifa M1A en esta instalación.

La reducción de pérdidas al mantenerse el factor de potencia alto contribuye con el mejoramiento del medio ambiente, representando una menor cantidad de combustible fósil a quemar y una disminución en la emisión de gases de efecto invernadero hacia la atmósfera de aproximadamente 1.51605 toneladas de CO₂.

Conclusiones del capítulo:

En este capítulo se presentaron los resultados del estudio realizado en el trabajo dando elementos suficientes para que los energéticos de las empresas de la producción y/o los servicios los tomen como referencia para hacer sus estudios internos a partir de la información que da el CEE digital P 2000-T, contribuyendo así a la eficiencia energética de sus empresas.

CONCLUSIONES GENERALES:

1.- El análisis teórico-práctico de las variables: tensiones, corrientes, potencias, energía y factor de potencia, que registra específicamente el contador de energía modelo P2000-T ha permitido resaltar la utilidad del conocimiento de estas variables como expresión de las potencialidades técnicas de los contadores de energía digitales en su uso de trabajos relacionados con el mejoramiento de la eficiencia energética de las entidades de la producción y de los servicios.

2.- El desarrollo de investigaciones prácticas, realizadas en tres bancos de transformadores diferentes, ha permitido exponer cómo debe ser el tratamiento y manejo de los datos, correspondientes a las variables mencionadas, para lograr un uso pleno de los contadores de energía digitales en los trabajos de mejoramiento de la eficiencia energética en las entidades.

3.- En el caso particular en que el contador de energía registre un factor de potencia cercano a la unidad de manera permanente, se debe proceder normalmente con los datos de las variables mencionadas anteriormente, pero se requiere de un análisis previo del comportamiento de estas variables relacionadas con los equipos de cómputo, climatización y alumbrado de última tecnología, pues ha quedado demostrado que el uso combinado de estos equipos tiene fuerte influencia sobre este fenómeno, que en cierta medida favorece la eficiencia energética de la entidad.

RECOMENDACIONES:

1.- Profundizar en el estudio en el caso puntual de cargas con comportamiento similar a bancos de condensadores con factor de potencia cercanos a la unidad.

2.- Profundizar en estudios sobre comportamiento en cuanto a calidad de la energía de estas cargas con comportamiento similar a la existencia de bancos de condensadores.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Agencia Internacional de la Energía (AIE).2017. Ecología Urbana. Disponible en: <https://la.network/la-demanda-energia-crecera-30-2040-enorme-reto-mundo/>
2. Acosta-Cuenca, Hugo A.; Torres-Rodríguez, Roberto; Velázquez-López, Alberto Ramón.2011. Mejoramiento de la eficiencia electroenergética en la Empresa Nacional de Frigoríficos Enfrigo. Ciencias Holguín, vol. XVII, núm. 4, octubre-diciembre, 2011, pp. 1-16.
3. Arévalo Navas, Cortez Franco y López Hernández, San Salvador, Febrero de 2005. “Diseño e implementación de un medidor trifásico multifunción utilizando el IC ADE7754”.
4. Aumaitre J., C. Bompard, G. Carmona, C. Gonzalez, H. Hidalgo, Y. Morillo, 2016, Instalación eléctrica y normativa de su aplicación. Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos107/instalaciones-electricas-y-normas/instalaciones-electricas-y-normas.shtml>.
5. Acosta Cuenca, H. (2011). Mejoramiento de la Eficiencia energética en los frigoríficos de ENFRIGO. Tesis de Maestría en Eficiencia Energética. Universidad de Holguín.
6. Albornas Carvajal, Y. (2015). Energía y desarrollo sostenible en Cuba. Revista “Centro Azúcar”, Vol 42, ISSN: 2223-4861. (Consultada, 2 de septiembre de 2022)
7. Borroto, A. (2013). Recomendaciones metodológicas para la implementación de sistemas de gestión de la energía según la Norma ISO 50001. Cienfuegos, Cuba: Universo Sur.
8. Balcells, J. (2016). *Eficiencia en el Uso de La Energía Eléctrica*. México: Alfaomega, Marcombo.
9. Carabaloso Granado, K., Romero Romero., O. Hartmann, M. & Rodríguez Hidalgo. R. C. (2021). Sistema de gestión de información: soporte al desarrollo

- de energías renovables en Cuba, Revista Universidad y Sociedad, 13(5), 183-192.
10. Casas Fernández, L. (2011). Sistemas Electroenergéticos. Tomo I y II, Editorial Pueblo y Educación. La Habana.
 11. Chapman García R.E.2019.Valoración del consumo de energía eléctrica en las empresas estatales con la implementación de los metro-controladores ahorradores en el municipio Holguín. Tesis de maestría en eficiencia energética. Universidad de Holguín.
 12. Claudio Marcelo Cheminet. Agosto 2018, “Energía Informativa – Smart Metering”. Universidad Buenos Aires, Argentina.
 13. Colectivo de Autores. (2016) “Gestión Energética en el Sector Productivo y los Servicios” Autores. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente Universidad de Cienfuegos, Cuba Editorial Universidad de Cienfuegos.
 14. Campos Avella, JC, Gómez Dorta, R. y Santos Macías, L. “Eficiencia Energética y Competitividad de Empresas”. ISBN 959-257-019-1. Editorial UCF.80p.1998.
 15. Colectivo de Autores. (2001). Ahorro y Eficiencia Energética. Departamento de Industrias Básicas. La Habana. Cuba.
 16. Decreto Ley No, 345,.2019. “Del desarrollo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía”. GOC-2019-1063-O95 Número: 345 Año: 2019.
 17. Eguiluz L. I. (2011) Eficiencia del consumo de la Energía Eléctrica. Criterios para su facturación. / Edit. Universidad de Cantabria. España.
 18. Francisco Casellas, Guillermo Velasco, Francesc Guinjoan y Robert Piqué .2010. "El concepto de Smart Metering en el nuevo escenario de distribución eléctrica". Departament d'Enginyeria Electrónica (DEE) – Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). *EUETIB - Compte d'Urgell 187, 08036 – Barcelona (Spain).

19. F. prototipos, «Sistema automatizado de diagnóstico de eficiencia energética.» España, 2014.
20. GACETA OFICIAL de Cuba no. 442 del 13 de abril de 2021.
21. González Sua. G.E, Ordóñez Plata. G, Barrero Pérez. J.G, Duarte. C.A, Bautista Morantes G.J. 2009. “Medición de las Magnitudes de Potencia y energía eléctrica Bajo las nuevas condiciones de los sistemas eléctricos”. UIS Ingenierías. Revista de la facultad de ingeniería fisicomecánica. Universidad Industrial de Santander.
22. Gualotuña Hidalgo, D. I. (2018). “Metodología para la evaluación de viabilidad técnica-económica de proyectos de telemedición de energía eléctrica”. Escuela Politécnica Nacional. 105 hojas. Quito: EPN. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19606>
23. G. R. Barai, S. Krishnan, y B. Venkatesh, «Smart metering and functionalities of smart meters in smart grid – a review», en *2015 IEEE Electrical Power and Energy Conference (EPEC)*, 2015, pp. 138-145.
24. Hernández A.T. 2020. “Panorama de la situación energética en América Latina”. Disponible en: <https://co.boell.org/es/2020/04/15/panorama-de-la-situacion-energetica-en-america-latina>
25. Jordi Sierra, Segunda Edición, 2008, Guía Técnica de eficiencia energética eléctrica. España. Disponible en: <http://circuitor.es/es/formacion/eficiencia-energetica-electrica/realizar-estudio-de-eficiencia-energetica-electrica>.
26. J. Zheng, D. W. Gao, y L. Lin, «Smart Meters in Smart Grid: An Overview», en *2013 IEEE Green Technologies Conference*, 2013, pp. 57-64.
27. Manual MICROSTAR modelo P 2000- T. Disponible en: <https://www.microstarelectric.com/support/download-center/>
28. Mercado Cervera, Hugo José, Fontalvo Herrera, Tomás José, de la Hoz Granadillo, Efraín.2011. Análisis comparativo entre las cadenas productivas

del sector textil-confecciones de la provincia de Jiangsu-China y el departamento del Atlántico-Colombia Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería, vol. 19, núm. 3, 2011, pp. 429-441 Universidad de Tarapacá Arica, Chile.

29. Manual Circuitor AR5-L. Disponible en: [http://docs.circuitor.com > docs](http://docs.circuitor.com/docs).
30. Ministerio de Energía y Minas (2016). Resolución 136 del 2016. (RS-136, 2016).
31. Ley Eléctrica (Ley 1287, de Enero 2, 1975, del Servicio Eléctrico). Disponible en: <https://www.unionelectrica.cu/legislacion/>.
32. Normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) estándar IEC62053-21 (Clase 1) y 22 (Clase 0,2S y 0,5S) para contadores de energía estática.
33. Norma cubana NC365:2011.
34. Norma NEMA (Nacional Equipment Manufacturer's Association) define el desbalance de tensión mediante un índice conocido como "Line Voltage UnbalanceRate (LVUR)"
35. NORMA CUBANA. NCISO 50001: 2011. SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA — REQUISITOS CON ORIENTACIÓN PARA SU USO (ISO 50001:2011, IDT).
36. Our World in Data.2021. Disponible en: <https://www.bbvaopenmind.com>
37. Olvera Ortega. J, México, D.F, Octubre del 2003. Diseño de un medidor eléctrico digital de prepago. Instituto Politécnico Nacional. Centro de Investigación en Computación (C.I.C). Disponible en: <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/6873>
38. O. Quintero y E. Gámez, "Contadores de estado sólido y digitales: Análisis de los algoritmos de medición de energía e índices de calidad de onda que se pueden evaluar", proyecto de grado UIS, 2004. Director: Gabriel Ordóñez Plata.

39. Pérez Rave, J. I. (2010). Oportunidades de mejoramiento de una línea de atención al cliente de telefonía móvil desde la perspectiva del asesor. INGENIARE Revista chilena de ingeniería, 18, 84-94.
40. Pérez, W. A., Quiroga, J. M. y Romero, O. F., Diseño e implementación de un prototipo de contador de energía trifásico utilizando un procesador de señales digitales (DSP), UIS, s.l. : Director: G. Ordóñez Plata., 2006. Tesis de grado.
41. Portal de Eficiencia y Servicios Energéticos, 2018, Monitorización energética ante la revolución digital: precisión, eficiencia y seguridad en instalaciones eléctricas. Disponible en: <https://www.eseficiencia.es/2018/07/27/monitorizacion-energetica-ante-revolucion-digital-precision-eficiencia-seguridad-instalaciones-electricas>.
42. Periódico cuba debate publicación 13 diciembre 2020. Disponible en: <http://www.cubadebate.cu/noticias/2020/12/13/ordenamiento-monetario-tarifas-consumos-y-el-nuevo-calculo-de-la-electricidad/>
43. Periódico Juventud Rebelde publicación 13 diciembre 2020. Disponible en: <https://www.juventudrebelde.cu/cuba/2020-12-13/electricidad-en-cuba-entre-el-coste-y-la-tarifa>.
44. Periódico Ahora publicación 2021. Disponible en: <http://ahora.cu/es/holguin/11881-holguin-ahorra-energia-en-el-2021>
45. Publicación de La Agencia Internacional de Energía y la Organización Latinoamericana de Energía. Disponible en: <https://www.bbvaopenmind.com/economia/economia-global/energia-y-desigualdad/>
45. Revista científica *Nature Energy* Universidad de Leeds.2020. Disponible en: <https://www.climatica.lamarea.com> >
46. Resolución 66/2021 publicado en la gaceta oficial de la Republica de Cuba GOC-2021-347-Ex26.

47. Sistema Internacional de Unidades. Disponible en:
http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_Internacional_de_Unidades. Consultado 26 de agosto 2022.
48. Torres Quijje, A. I., Pisco Vanegas, J. C., Pérez Parraga, & Vera García, I. G. (2020). Monitoreo en tiempo real del consumo de energía eléctrica residencial que permita su apropiada gestión. *Universidad y Sociedad*, 12(2), 218-222.
49. Torres Rodríguez, R. y Acosta Cuenca, H. (2013). Mejoramiento de la Eficiencia Energética en los frigoríficos de ENFRIGO. Editorial Academia de España. ISBN 978-3-8473-5986-9. (Consultada, 25 de Agosto 2022)
50. Veloz Vigil, O. (2013). Evaluación de la Gestión Energética en la Empresa Muebles LUDEMA de Las Tunas. Tesis de Maestría en Eficiencia Energética. Universidad Central de Villa Clara. Cuba.
51. Wikipedia. ``Eficiencia energética``. Wikipedia, la enciclopedia libre. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia_energ%C3%A9tica
52. Web consultada 25 de agosto 2022. Disponible en:
<https://corpnewline.com/variaciones-de-voltaje.htm>
53. X. Hao, Y. Wang, C. Wu, A. Y. Wang, L. Song, C. Hu, y L. Yu, «Smart meter deployment optimization for efficient electrical appliance state monitoring», en *2012 IEEE Third International Conference on Smart Grid Communications (Smart Grid Comm)*, 2012, pp. 25-30.
54. Yosvani Orlando Lao León, Fernando Marrero Delgado, Milagros Caridad Pérez Pravia y Elisa Leyva Cardeñosa (2016): "Mejoras en el servicio al cliente en la comercialización. Caso de estudio cubano", *Revista Caribeña de Ciencias Sociales* (febrero2016). Disponible en:
<https://www.eumed.net/rev/caribe/2016/02/servicio.html>

ANEXOS:

Anexo1. Resumen de los datos obtenidos en ambos contadores de los centros seleccionados.

Nombre del Contador	Tiempo de captura	FP	VA	VB	VC	IA	IB	IC
Empresa Eléctrica Holguín	22/06/2022 12:45	1	120,0	120,0	206,0	153,6	154,0	64,4
Empresa Eléctrica Holguín	22/06/2022 04:15	1	120,0	120,0	207,0	74,2	77,8	53,0
Empresa Eléctrica Holguín	22/06/2022 00:45	1	121,0	121,0	209,0	81,2	69,6	44,4
Empresa Eléctrica Holguín	21/06/2022 19:45	1	118,0	118,0	205,0	86,0	87,6	46,4
Empresa Eléctrica Holguín	21/06/2022 19:30	1	119,0	118,0	205,0	87,4	96,8	55,0
Centro Cálculo Universidad	21/06/2022 16:45	1	128,8	122,9	124,0	67,2	53,0	94,2
Centro Cálculo Universidad	21/06/2022 16:15	1	124,7	119,0	120,0	78,1	69,0	119,5
Centro Cálculo Universidad	21/06/2022 16:00	1	128,5	122,4	123,8	87,5	72,8	133,3
Centro Cálculo Universidad	21/06/2022 15:45	1	129,9	123,7	125,1	86,9	78,7	137,3
Centro Cálculo Universidad	21/06/2022 15:30	1	129,2	122,7	124,5	95,7	90,4	154,1

Anexo 2. Resumen de la potencia instalada por tipo de actividad en el edificio Socio Administrativo de la sede Oscar Lucero Moya.

No	Denominación	Cantidad de equipos	Potencia total(kW)
1	Iluminación	617	20,77
2	Acondicionamiento aire	65	32,58
3	Computación	384	44,31
4	Ventilación	76	4,46
5	Refrigeración	13	2,25
6	Televisión	28	2,38
Total		1183	106,75

Anexo 3. Resumen de la potencia instalada por tipo de actividad en el edificio central de la Empresa Eléctrica Holguín.

No	Denominación	Cantidad de equipos	Potencia total(kW)
1	Iluminación	1473	29,467
2	Acondicionamiento aire	99	99,103
3	Computación	725	42,529
4	Ventilación	33	2,055
5	Refrigeración	6	0,858
6	Televisión	24	3,120
Total		2360	177,132

Anexo 4. Mediciones en el área Socio administrativa, sede OLM, PGD, 18 de marzo de 2022

Anexo 4.1. Comportamiento de las tensiones, corrientes y potencias en la fase A de la PGD del edificio de la Biblioteca.

Hora	I_A (A)	U_A (V)	P_A (kW)	Q_A (kVAr)	$\text{Cos } (\varphi)_A$
11:50	15,4	123,5	1,84	-1,20	0,87
11:58	19,9	124,0	2,08	-1,23	0,86
12:03	10,6	124,5	1,22	-1,40	0,86

Anexo 4.2. Comportamiento de las tensiones, corrientes y potencias en la fase B de la PGD del edificio de la Biblioteca.

Hora	I_B (A)	U_B (V)	P_B (kW)	Q_B (kvar)	$\text{Cos } (\varphi)_B$
11:53	18,9	118,0	2,0	0,73	0,94
11:57	29,4	118,2	3,2	0,81	0,97
12:04	19,2	118,4	2,1	0,70	0,94

Anexo 4.3. Comportamiento de las tensiones, corrientes y potencias en la fase C de la PGD del edificio de la Biblioteca.

Hora	I_C (A)	U_C (V)	P_C (kW)	Q_C (kVAr)	$\text{Cos } (\varphi)_C$
11:55	17,3	119,7	1,9	-0,74	0,93
12:00	17,4	119,7	1,9	-0,73	0,93
12:05	27,2	119,3	3,2	-0,40	0,99

Anexo 5. Edificio del Centro de Estudio CAD/CAM (14 de marzo).

Anexo 5.1. Comportamiento de las tensiones, corrientes y potencias en la fase A de la PGD del edificio del centro de estudio de CAD/CAM.

Hora	I_A (A)	U_A (V)	P_A (kW)	Q_A (kVAr)	$\text{Cos}(\varphi)_A$
9:42	25,9	119,5	3,0	-0,47	0,98
9,47	26,7	119,6	3,0	-0,46	0,98
9:54	26,9	119,5	3,1	-0,47	0,98

Anexo 5.2. Comportamiento de las tensiones, corrientes y potencias en la fase B de la PGD del edificio del centro de estudio de CAD/CAM.

Hora	I_B (A)	U_B (V)	P_B (kW)	Q_B (kVAr)	$\text{Cos}(\varphi)_B$
9,44	68,5	121,3	7,7	3,0	0,93
9:49	67,0	121,6	7,6	2,5	0,94
9:54	70,9	121,4	7,9	2,9	0,93

Anexo 5.3. Comportamiento de las tensiones, corrientes y potencias en la fase C de la PGD del edificio del centro de estudio de CAD/CAM.

Hora	I_C (A)	U_C (V)	P_C (kW)	Q_C (kVAr)	$\text{Cos}(\varphi)_C$
9:43	60,6	125,8	7,4	-1,04	0,98
9:51	61,1	125,6	7,5	-1,03	0,99
9:56	62,4	124,3	7,6	-1,04	0,99

Anexo 6. Edificio central de la Empresa Eléctrica Holguín.



Anexo 7. Edificio socio administrativo de la Universidad de Holguín, Oscar Lucero Moya.



Anexo 8. Instituto Pedagógico Holguín, José de la Luz y Caballero.



Anexo 9. Comportamiento de la demanda los miércoles en el área Residencia Cocina comedor (P, kW). Tomado de descarga realizada al CEE.

t	03-ene	10-ene	17-ene	24-ene	31-ene	07-feb	14-feb	21-feb	28-feb	07-mar	14-mar	21-mar
00:00	34.0	60.8	65.6	65.2	58.5	59.7	51.3	60.0	62.3	61.5	66.3	70.9
23:45	33.0	59.2	62.0	66.8	63.2	63.4	56.1	69.2	60.7	59.7	65.5	73.2
23:30	29.7	65.1	70.1	73.9	69.2	67.6	53.6	72.0	68.4	58.9	74.6	75.1
23:15	37.5	58.8	69.3	74.3	70.4	76.2	52.4	81.1	63.7	63.7	84.8	85.6
23:00	37.4	67.4	88.5	74.6	62.3	76.0	48.6	76.0	79.6	70.5	84.2	78.7
22:45	38.4	73.1	83.5	79.1	72.4	79.5	56.9	81.5	74.0	79.9	84.1	77.4
22:30	37.1	76.4	94.4	79.9	74.6	89.6	59.8	85.9	80.4	84.7	90.6	89.5
22:15	35.4	69.6	97.8	81.2	76.5	84.1	61.3	87.4	90.2	89.1	88.9	83.7
22:00	34.9	65.4	79.6	74.4	78.6	86.7	61.7	87.5	91.8	90.3	92.2	110.2
21:45	39.0	73.0	82.8	88.6	73.7	78.8	65.1	87.8	87.7	88.9	97.7	107.9
21:30	39.4	62.2	87.5	91.1	85.1	81.9	74.9	86.3	85.6	89.6	97.7	89.3
21:15	33.3	79.7	83.6	87.5	94.7	95.5	67.8	94.2	92.4	91.5	105.1	95.8
21:00	38.5	91.8	92.6	101.5	92.5	95.4	79.3	95.4	92.3	96.9	108.8	99.5
20:45	43.3	90.5	97.0	97.4	95.5	112.1	86.2	89.2	104.3	100.5	116.1	103.1
20:30	44.1	94.8	90.3	99.5	101.6	108.1	82.4	99.3	105.1	107.7	119.4	109.4
20:15	43.9	92.7	92.5	105.0	100.4	100.3	92.7	104.5	108.8	108.3	139.6	118.7
20:00	45.8	97.2	93.4	105.6	96.5	117.3	92.9	98.4	117.2	119.7	146.9	119.5
19:45	50.9	110.2	106.8	104.9	118.4	130.9	83.8	112.2	128.9	125.6	145.0	110.0
19:30	44.4	100.9	114.1	107.1	124.3	127.0	93.1	123.1	118.4	120.8	133.5	108.9
19:15	40.7	113.6	119.6	114.6	114.1	124.4	88.9	135.2	131.2	127.9	123.5	110.2
19:00	38.8	105.5	115.2	104.2	103.4	119.8	94.1	110.5	125.0	132.0	108.8	95.1
18:45	44.9	105.5	108.5	106.5	107.2	106.9	87.3	105.8	112.7	127.2	108.0	88.3
18:30	41.9	107.7	114.2	102.4	111.2	99.6	81.6	92.5	109.4	114.6	103.2	89.5
18:15	40.8	118.7	112.3	97.3	110.3	99.8	76.1	88.6	100.8	109.6	99.2	82.8
18:00	46.2	114.1	103.1	86.9	107.1	101.3	71.6	90.6	91.8	89.7	90.7	86.9
17:45	37.9	98.5	94.1	84.6	92.8	82.7	72.9	89.3	76.0	84.0	79.5	100.2
17:30	35.8	87.0	79.6	69.1	76.0	59.7	66.4	76.1	64.0	68.2	69.1	84.9
17:15	41.8	76.5	68.7	61.5	78.6	64.3	63.1	69.6	67.6	66.7	78.5	89.0
17:00	34.0	70.0	72.9	67.5	71.5	61.4	57.5	69.8	58.5	62.9	66.1	78.6
16:45	34.4	65.6	69.4	72.5	71.6	69.7	57.5	76.4	55.1	58.6	77.7	65.8
16:30	34.2	59.4	75.5	60.5	63.9	52.6	51.0	67.5	52.4	66.4	80.2	69.3
16:15	28.1	53.8	63.6	68.8	67.9	49.1	49.1	72.6	44.6	70.4	81.1	53.2
16:00	34.1	55.7	72.5	72.5	63.9	48.6	53.3	59.2	47.5	46.2	83.6	56.6
15:45	30.0	50.1	79.7	71.0	61.3	50.2	55.6	58.7	47.5	44.3	76.6	53.0
15:30	31.2	55.4	44.0	72.4	47.0	51.2	54.5	60.4	31.4	47.0	64.5	56.5
15:15	37.3	46.2	42.1	62.3	51.6	50.1	56.9	48.9	42.2	51.3	71.4	55.1

15:00	31.7	50.4	39.6	62.9	56.0	58.0	58.8	46.9	45.1	50.1	90.5	57.9
14:45	33.9	40.3	43.3	61.9	57.7	42.6	59.9	53.9	42.0	41.6	93.2	58.4
14:30	29.2	48.3	39.4	57.9	47.8	43.8	65.1	56.6	39.9	38.3	99.4	55.5
14:15	32.5	43.4	48.9	56.1	45.7	48.9	65.2	49.4	42.8	38.7	86.5	62.8
14:00	28.4	42.2	52.2	60.6	47.9	50.8	63.4	51.0	40.3	42.6	91.2	66.3
13:45	32.4	45.7	54.4	63.0	51.5	53.6	62.5	56.2	35.3	42.4	91.3	61.7
13:30	29.1	45.1	50.0	57.0	47.5	54.4	45.5	55.2	43.3	46.5	100.0	61.7
13:15	34.5	47.7	47.3	57.5	56.8	50.7	43.8	59.6	40.1	46.9	86.1	51.7
13:00	36.9	44.5	50.9	48.6	54.0	48.8	43.4	62.2	41.8	42.2	70.3	50.6
12:45	36.9	46.0	51.8	46.4	58.8	47.3	46.9	64.9	46.0	43.5	78.1	49.8
12:30	25.4	46.8	59.5	52.7	58.4	56.7	47.7	57.9	45.9	39.1	67.3	52.8
12:15	32.3	48.0	52.5	41.6	53.8	48.4	49.2	62.9	48.4	38.7	64.7	58.6
12:00	38.6	44.1	56.1	52.8	59.7	43.8	55.5	57.7	42.2	42.5	61.4	55.4
11:45	41.5	45.2	59.6	52.4	58.5	50.6	51.4	49.6	41.9	51.7	62.6	58.3
11:30	44.8	40.2	65.5	51.2	57.3	50.9	54.7	48.2	51.7	51.6	73.7	58.3
11:15	44.2	38.0	61.9	50.4	63.3	52.6	52.3	48.9	56.3	51.1	68.9	50.1
11:00	39.7	44.7	55.1	48.4	67.4	50.2	53.2	48.7	56.3	57.9	60.6	71.1
10:45	42.0	41.2	59.1	56.1	64.4	49.9	74.8	47.2	54.8	45.8	57.4	61.4
10:30	42.0	43.4	56.7	58.9	63.9	51.3	74.3	46.6	52.8	51.7	60.3	59.5
10:15	42.9	45.1	63.1	53.1	65.3	54.9	73.8	48.9	60.4	49.5	60.9	64.1
10:00	44.2	39.8	63.7	48.1	67.0	47.4	73.8	47.7	53.6	48.1	64.7	61.4
09:45	42.1	40.6	57.7	51.4	49.6	44.8	69.7	45.8	52.1	55.9	63.8	55.2
09:30	40.7	48.8	59.0	62.8	48.1	49.1	75.8	53.1	52.2	51.4	52.3	60.0
09:15	39.5	53.4	57.2	78.1	50.4	68.1	77.6	47.1	53.2	42.8	58.4	73.0
09:00	27.5	58.3	53.3	82.4	47.5	65.6	80.6	45.8	53.9	44.9	59.3	71.0
08:45	23.7	39.6	48.9	80.7	50.5	65.1	48.6	46.7	53.4	53.9	54.0	72.3
08:30	24.1	41.1	48.5	71.0	52.0	67.6	48.5	57.6	57.4	49.2	58.0	68.7
08:15	25.9	60.3	70.8	61.8	47.6	62.6	49.7	64.1	49.8	48.3	52.5	58.3
08:00	21.9	61.2	57.3	61.9	59.0	59.2	52.9	58.9	43.1	47.5	56.9	53.8
07:45	38.8	58.3	63.5	54.0	47.1	56.7	51.9	57.0	46.4	41.1	59.0	55.2
07:30	26.2	65.4	59.4	53.1	56.9	56.8	53.4	56.1	57.2	52.1	56.4	68.3
07:15	18.6	41.6	70.9	64.7	53.2	47.2	62.4	64.4	45.7	54.2	64.5	76.0
07:00	21.5	53.2	52.0	53.5	50.1	52.2	60.3	71.1	44.7	51.6	58.1	56.8
06:45	21.2	46.8	44.3	48.0	47.2	55.0	37.9	57.1	45.9	40.3	50.0	56.2
06:30	17.9	40.0	47.7	52.7	43.4	43.8	44.4	46.8	49.9	40.7	49.0	56.5
06:15	19.9	41.3	42.3	42.4	36.6	40.6	43.4	45.6	43.9	43.2	44.8	50.0
06:00	19.7	38.9	38.9	47.5	39.3	38.5	42.5	46.4	35.0	39.1	44.6	48.4
05:45	18.9	33.2	38.6	43.2	40.0	39.1	43.4	45.9	34.7	39.2	43.4	50.0
05:30	20.2	32.3	39.7	46.2	38.0	40.4	39.7	45.8	37.4	35.7	43.8	49.8
05:15	20.8	34.2	38.5	45.0	39.4	39.0	38.1	42.4	32.7	35.4	41.3	47.3
05:00	20.4	32.9	35.0	38.8	39.7	40.8	42.4	41.2	37.2	34.9	41.9	45.0

04:45	20.3	35.6	40.4	38.8	41.2	38.5	38.2	39.1	37.7	33.3	40.4	42.1
04:30	20.8	35.3	36.1	43.5	40.6	36.1	36.8	40.0	38.0	32.0	39.7	40.7
04:15	20.4	35.3	39.3	44.8	41.8	36.2	42.6	38.4	37.7	34.1	40.2	40.9
04:00	20.3	35.6	41.0	43.2	40.1	41.8	38.2	38.8	37.9	37.7	40.7	41.5
03:45	20.5	35.7	37.2	44.1	40.9	44.8	39.1	39.4	37.6	36.2	40.6	41.4
03:30	21.2	36.8	43.4	42.7	37.0	44.8	37.0	40.4	38.4	36.4	41.8	40.8
03:15	21.8	40.9	38.8	45.7	37.6	37.6	38.1	40.0	37.0	36.5	40.7	39.3
03:00	21.0	37.9	42.3	43.3	37.6	42.1	40.4	40.7	38.7	35.2	41.8	41.0
02:45	21.4	38.5	41.7	45.0	38.1	43.3	42.8	41.2	40.0	37.2	41.2	41.8
02:30	21.5	39.0	43.6	45.3	42.4	41.2	39.0	41.5	40.7	38.5	41.9	46.6
02:15	21.4	42.3	45.4	48.0	38.9	38.3	43.8	44.3	42.9	39.8	41.8	46.8
02:00	21.6	42.4	40.2	47.8	38.8	45.6	43.8	42.4	41.3	35.5	42.0	47.3
01:45	22.6	43.1	44.4	48.5	45.7	41.6	48.2	43.4	42.2	37.0	43.4	47.6
01:30	21.6	43.1	48.8	49.7	41.1	48.7	42.8	45.7	46.5	38.7	41.9	48.6
01:15	22.5	43.9	49.5	52.9	45.2	46.8	44.9	44.8	45.2	38.6	43.9	51.5
01:00	22.5	48.7	56.3	53.2	49.2	48.9	52.0	47.7	46.1	42.6	47.1	49.5
00:45	22.9	50.7	53.1	53.8	50.6	48.8	49.7	48.6	47.8	46.7	53.0	54.6
00:30	23.8	50.2	57.5	59.4	56.7	53.7	59.5	54.2	51.6	52.3	52.3	57.7
00:15	26.1	52.2	59.6	58.9	61.2	59.4	55.9	56.0	55.3	50.4	52.5	64.0
00:00	26.4	58.8	60.0	65.1	62.5	60.8	56.5	55.9	61.4	58.3	61.3	73.9

Anexo 10. Desviación estándar de la demanda los miércoles en el área Residencia Cocina comedor (P, kW). Tomado de descarga realizada al CEE.

t	P, kW	Desv. Est	Error	Error %
00:00	62.01	5.10	2.89	4.66
23:45	63.54	4.89	2.77	4.35
23:30	68.06	6.70	3.79	5.57
23:15	70.93	10.71	6.06	8.54
23:00	73.31	10.98	6.21	8.48
22:45	76.49	7.60	4.30	5.62
22:30	82.35	9.75	5.52	6.70
22:15	82.70	10.29	5.82	7.04
22:00	83.50	13.62	7.71	9.23
21:45	84.72	12.00	6.79	8.02
21:30	84.65	9.36	5.30	6.26
21:15	89.79	9.94	5.63	6.27
21:00	95.09	7.29	4.12	4.34
20:45	99.28	9.27	5.25	5.29
20:30	101.60	10.09	5.71	5.62
20:15	105.77	13.81	7.81	7.39
20:00	109.51	16.49	9.33	8.52
19:45	116.07	16.30	9.22	7.94
19:30	115.56	12.06	6.82	5.91
19:15	118.49	12.61	7.13	6.02
19:00	110.31	11.85	6.70	6.08
18:45	105.81	10.81	6.12	5.78
18:30	102.37	10.72	6.07	5.93
18:15	99.59	13.05	7.38	7.41
18:00	93.98	11.67	6.60	7.03
17:45	86.78	8.97	5.08	5.85
17:30	72.73	8.69	4.92	6.76
17:15	71.28	8.36	4.73	6.64
17:00	66.97	6.48	3.67	5.48
16:45	67.25	7.55	4.27	6.35
16:30	63.52	9.51	5.38	8.47
16:15	61.31	11.85	6.71	10.94
16:00	59.97	11.98	6.78	11.31
15:45	58.90	12.01	6.79	11.53
15:30	53.13	10.98	6.21	11.69
15:15	52.56	8.68	4.91	9.35

12:00	51.93	11.07	6.26	0.01
11:45	39.57	31.51	17.83	45.06
11:30	40.48	32.29	18.27	45.13
11:15	43.41	34.02	19.25	44.34
11:00	55.79	11.07	6.26	11.22
10:45	39.57	31.51	17.83	45.06
10:30	40.48	32.29	18.27	45.13
10:15	43.41	34.02	19.25	44.34
10:00	47.60	36.20	20.48	43.03
09:45	48.89	36.61	20.72	42.37
09:30	49.18	38.49	21.78	44.28
09:15	53.65	41.40	23.43	43.67
09:00	54.62	41.95	23.74	43.46
08:45	58.70	44.39	25.12	42.79
08:30	58.25	44.72	25.31	43.45
08:15	55.49	43.26	24.48	44.11
08:00	59.15	46.25	26.17	44.24
07:45	60.46	48.68	27.54	45.55
07:30	63.33	50.51	28.58	45.13
07:15	66.47	52.73	29.83	44.88
07:00	71.55	56.14	31.76	44.39
06:45	74.65	58.05	32.85	44.00
06:30	77.21	59.99	33.94	43.96
06:15	74.58	59.06	33.42	44.81
06:00	77.31	61.26	34.66	44.84
05:45	70.70	56.29	31.85	45.05
05:30	67.13	53.60	30.33	45.17
05:15	63.51	50.18	28.39	44.70
05:00	60.93	46.92	26.55	43.57
04:45	56.97	43.54	24.64	43.24
04:30	53.63	42.24	23.90	44.56
04:15	45.62	35.20	19.92	43.67
04:00	46.31	36.07	20.41	44.07
03:45	41.92	33.00	18.67	44.53
03:30	41.97	32.82	18.57	44.24
03:15	42.34	32.06	18.14	42.84
03:00	41.35	30.92	17.49	42.31

15:00	56.02	13.38	7.57	13.52
14:45	54.05	15.48	8.76	16.20
14:30	53.83	17.44	9.87	18.33
14:15	53.49	13.68	7.74	14.47
14:00	55.32	14.71	8.32	15.04
13:45	56.15	14.56	8.24	14.67
13:30	55.11	15.97	9.04	16.40
13:15	53.48	12.37	7.00	13.09
13:00	50.67	8.84	5.00	9.87
12:45	52.68	10.58	5.99	11.37
12:30	53.17	7.89	4.46	8.39
12:15	51.53	8.14	4.60	8.93

02:45	38.38	28.42	16.08	41.91
02:30	37.00	26.76	15.14	40.93
02:15	34.25	24.92	14.10	41.16
02:00	34.50	25.78	14.59	42.28
01:45	38.17	28.45	16.10	42.17
01:30	38.41	28.35	16.04	41.76
01:15	38.97	29.18	16.51	42.37
01:00	37.02	27.50	15.56	42.04
00:45	38.54	28.82	16.31	42.31
00:30	38.11	28.81	16.30	42.78
00:15	40.38	30.24	17.11	42.38
00:00	37.10	27.74	15.70	42.32

Anexo 11. Comportamiento de las tensiones en el área residencial, horario pico.

t	Ub	Ua	Uc
21:00	123.79	124.63	126.47
20:45	123.96	124.61	125.97
20:30	124.23	125.53	126.79
20:15	125.57	126.81	127.85
20:00	125.22	126.34	127.76
19:45	124.06	125.24	126.76
19:30	125.57	126.61	127.91
19:15	125.61	126.88	127.99
19:00	123.7	124.77	125.48
18:45	123.72	124.74	125.66
18:30	123.92	124.48	125.82
18:15	123.53	124.57	125.09
18:00	124.68	125.59	126.09

Anexo 12. Comportamiento de las corrientes en el área residencial, horario pico.
Tomado de la descarga del CEE.

t	10-ene	17-ene	24-ene	31-ene	07-feb	21-feb	28-feb	07-mar	14-mar	21-mar	Prom.	Desv.	Error	%
23:00	160.08	253.52	186.32	176.8	213.28	207.68	214.72	201.2	230.24	209.92	205.38	26.58	16.49	8.0
22:45	161.28	229.04	193.52	196.16	229.36	216	194.32	218.24	246.88	198.08	208.29	24.49	15.19	7.3
22:30	182.96	228.4	189.36	189.52	221.76	209.84	212.88	249.92	232.32	202.48	211.94	21.53	13.35	6.3
22:15	200.96	230.48	208.24	212.64	212.24	205.76	216.64	224.72	238.64	187.52	213.78	14.82	9.19	4.3
22:00	193.44	181.76	199.28	222.16	222.56	213.52	213.52	229.12	274.8	230.48	218.06	25.50	15.81	7.3
21:45	181.52	186.56	206.48	218.72	214.48	201.36	199.2	214.96	244.48	232.96	210.07	19.44	12.06	5.7
21:30	186.72	187.92	245.76	243.52	237.52	204	205.28	203.92	266.56	215.44	219.66	27.04	16.77	7.6
21:15	177.28	199.04	228.8	233.76	252.64	236.32	195.44	221.84	262.56	233.52	224.12	26.44	16.40	7.3
21:00	198.72	228.24	245.6	235.36	255.12	204.8	193.04	206.64	275.12	229.28	227.19	26.64	16.53	7.3
20:45	221.28	233.84	234	267.12	249.84	211.2	197.44	206.24	281.44	220.08	232.25	26.98	16.73	7.2
20:30	229.12	211.04	254.56	260.4	234.56	216.56	207.52	246.88	260.64	255.84	237.71	20.79	12.90	5.4
20:15	260.56	221.12	266.96	252.4	226.32	253.12	220.56	219.92	303.6	312.24	253.68	33.65	20.87	8.2
20:00	213.84	223.2	268.72	248.32	254.96	219.52	234.08	258.64	331.68	268.72	252.17	34.38	21.32	8.5
19:45	245.92	253.36	287.28	290.8	266.4	245.36	246.08	295.52	297.6	220.24	264.86	26.68	16.55	6.2
19:30	265.84	234	269.52	289.52	250.56	239.04	236.72	273.2	257.92	214.96	253.13	22.30	13.83	5.5
19:15	238.88	239.36	264.4	269.76	274.24	300.32	249.04	251.28	242.4	197.76	252.74	27.22	16.88	6.7
19:00	234.96	237.92	264.64	276.88	256.08	261.68	265.44	291.44	224.08	187.44	250.06	29.86	18.52	7.4
18:45	236.96	219.68	281.44	278.8	225.6	224.16	236.88	258.96	227.28	201.84	239.16	26.00	16.13	6.7
18:30	272.48	241.2	281.28	293.44	240.72	241.76	223.92	229.92	221.76	217.2	246.37	26.72	16.58	6.7
18:15	270.72	236.72	242	289.52	256.96	214.8	225.76	236.72	215.52	184	237.27	30.20	18.73	7.9
18:00	271.6	218.32	201.76	266.32	250.88	204.72	194.64	217.44	170.32	198.16	219.42	33.20	20.59	9.4
17:45	221.2	216.72	198.48	219.84	197.6	193.76	194.96	194	166.96	255.6	205.91	23.72	14.71	7.1
17:30	183.68	170.48	187.84	194.08	162.8	175.92	188.24	168.24	165.92	242.72	183.99	23.23	14.41	7.8
17:15	169.84	162	160.48	209.12	163.92	171.2	218.56	174.8	188.8	249.12	186.78	29.63	18.38	9.8
17:00	155.2	211.2	187.52	192.96	171.04	167.52	180.16	173.04	169.68	197.76	180.61	16.72	10.37	5.7

Anexo 13. Comportamiento del factor de potencia en el área residencial, horario pico. Tomado de la descarga del CEE.

t, h	f.P	f.p	f.p	Promedio	Desv.	Error	Error, %
00:00	0,87	0,87	0,85	0,86	0,014	0,016	1,56
01:00	0,85	0,86	0,84	0,85	0,010	0,011	1,09
02:00	0,84	0,84	0,82	0,83	0,007	0,008	0,79
03:00	0,84	0,84	0,82	0,83	0,012	0,014	1,38
04:00	0,85	0,84	0,83	0,84	0,010	0,012	1,16
05:00	0,84	0,83	0,84	0,84	0,004	0,005	0,46
06:00	0,84	0,84	0,81	0,83	0,014	0,016	1,64

Anexo 14. Comportamiento de las mediciones realizadas en los centros seleccionados. Tomado de mediciones simultaneas en los Contadores Digitales vs Analizador de Redes.

Edificio Central Empresa Eléctrica Holguín										
Mediciones con contador						Mediciones con analizador				
Hora	U (V)	I (A)	P (kW)	S (KVA)	FP	U (V)	I (A)	P (kW)	S (KVA)	FP
14:28	119,00	438,00	142,60	146,40	0,98	119,40	412,80	141,60	148,80	0,96
14:30	119,00	372,00	129,50	130,90	0,99	120,00	368,60	132,00	136,40	0,96
14:32	119,00	398,00	135,10	136,70	0,98	119,60	369,60	132,00	136,40	0,96
14:34	119,10	398,00	137,20	140,80	0,99	120,10	369,60	132,00	136,40	0,96
14:42	119,00	384,00	128,90	131,90	0,98	120,20	376,20	131,80	136,40	0,96
Edificio Socio Administrativo sede Oscar Lucero Moya										
Mediciones con contador						Mediciones con analizador				
Hora	U (V)	I (A)	P (kW)	S (KVA)	FP	U (V)	I (A)	P (kW)	S (KVA)	FP
08:13	124,00	80,00	29,88	30,35	0,99	124,00	75,84	27,48	26,94	0,98
08:15	124,00	80,00	30,17	30,03	0,99	124,00	79,70	28,66	28,10	0,98
08:17	124,00	81,60	30,01	30,57	0,99	124,70	82,16	29,51	28,92	0,98
08:19	124,00	80,00	34,57	35,56	0,98	124,50	81,94	29,64	29,06	0,98
08:21	124,00	107,2	37,61	37,60	0,99	124,20	101,30	35,84	34,98	0,97
Edificio docente de la sede José de la Luz y Caballero										
Mediciones con contador						Mediciones con analizador				
Hora	U (V)	I (A)	P (kW)	S (KVA)	FP	U (V)	I (A)	P (kW)	S (KVA)	FP
10:30	115,00	70,40	22,29	22,28	0,99	115,40	66,35	22,64	21,69	0,96
10:32	116,00	68,80	22,48	21,82	0,98	115,60	66,40	22,78	21,8	0,95
10:34	115,00	68,80	23,86	21,74	0,98	115,60	67,24	23,57	22,44	0,96
10:36	115,00	67,20	21,74	21,65	0,99	115,50	64,17	22,89	21,72	0,96
10:38	115,00	70,40	21,85	21,74	0,99	115,50	65,40	22,54	21,48	0,96

Anexo 15. Analizadores de Redes utilizados en las mediciones.



↑
Circuitor AR5-L
T



↑
Candura EnergyPro



↑
UNI-T UT 233



↑
MICROSTAR P2000-T

Trabajos de campo:



Anexo 16. Valores Óptimos definidos por la UNE

No.	OPTIMO
1	Total import active energy(ACQ_9010)
2	T1 import active energy(ACQ_9011)
3	T2 import active energy(ACQ_9012)
4	T3 import active energy(ACQ_9013)
5	Total export active energy(ACQ_9020)
6	T1 export active energy(ACQ_9021)
7	T2 export active energy(ACQ_9022)
8	T3 export active energy(ACQ_9023)
9	Total import reactive energy(ACQ_9110)
10	Q1 reactive energy SUM(ACQ_9130)
11	Q4 reactive energy SUM(ACQ_9140)
12	Q2 reactive energy SUM(ACQ_9150)
13	Q3 reactive energy SUM(ACQ_9160)
14	T1 import active max demand(ACQ_A011)
15	T2 import active max demand(ACQ_A012)
16	T3 import active max demand(ACQ_A013)
17	T1 export active max demand(ACQ_A021)
18	T2 export active max demand(ACQ_A022)
19	T3 export active max demand(ACQ_A023)
20	Phase A voltage(ACQ_B611)
21	Phase B voltage(ACQ_B612)
22	Phase C voltage(ACQ_B613)
23	Phase A current(ACQ_B621)
24	Phase B current(ACQ_B622)
25	Phase C current(ACQ_B623)
26	Import active power(ACQ_B639)
27	Export active power(ACQ_B63A)
28	Sum power factor(ACQ_B650)
29	Meter No.(ACQ_C032)

Recoge Datos cada 15 min en el metro
Manda Datos cada 3 horas para el TMR