

Análisis de ahorro de energía mediante un analizador trifásico de potencia eléctrica-Fluke 435 II en el ITZ

Juan Francisco Salgado Delgado

juan.sd@zacatepec.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3396-8790>

Andrés Silva López

andres.sl@zacatepec.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-3152-3096>

Enrique de Jesús Moreno Carpintero

enrique.mc@zacatepec.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-5472-1503>

Erika Darnely Rojas Ayala

erika.ra@zacatepec.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-2343-6283>

Luis Alberto Arau Roffiel

luis.ar@zacatepec.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-7795-8052>

Tecnológico Nacional de México / IT de Zacatepec
Av. Tecnológico No. 27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, C.P. 62780, México

RESUMEN

El ahorro energético implica reducir el consumo de energía consiguiendo los mismos resultados. Esto quiere decir, beneficiarse del ahorro económico y proteger el medioambiente al mismo tiempo. Los hábitos y costumbres, en torno al uso de la energía eléctrica en el sector educativo no es la excepción. En el presente trabajo se hace un análisis de consumo de energía eléctrica en el Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ), utilizando un analizador trifásico de potencia eléctrica FLUKE 435-II, con el fin de detectar oportunidades de ahorro y coadyuvar así con la meta del Sistema de Gestión Ambiental (SGA), de reducir en un 5% el consumo de energía Eléctrica. Los resultados sugieren algunas acciones cuya implementación es inmediata y, tiene un costo insignificante frente a su enorme potencial en el ahorro de energía. Además, se destacan aspectos generales de la instalación eléctrica del Instituto y, acciones que se tomaron en favor de estas.

Palabras clave: *energía; analizador; potencia eléctrica.*

Correspondencia: enrique.mc@zacatepec.tecnm.mx

Artículo recibido 15 enero 2023 Aceptado para publicación: 15 febrero 2023

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo

Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 

Cómo citar: Salgado Delgado, J. F., Silva López, A., Moreno Carpintero, E. de J., Rojas Ayala, E. D., & Arau Roffiel, L. A. (2023). Análisis de ahorro de energía mediante un analizador trifásico de potencia eléctrica-Fluke 435 II en el ITZ. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 11012-11026. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.5268

Energy Saving Analysis using a Fluke 435 II triphasic power analyzer at ITZ

ABSTRACT

Energy saving means reducing energy consumption while achieving the same results. This means improving economic savings and protecting the environment at the same time. The habits and customs around the use of electrical energy in the educational sector is no exception. In the present work, an analysis of electrical energy consumption is made at the Technological Institute of Zacatepec (ITZ), using a FLUKE 435-II three-phase electrical power analyzer, in order to detect savings opportunities and thus contribute to the goal of the Environmental Management System (EMS), to reduce electricity consumption by 5%. The results suggest some actions whose implementation is immediate and has an insignificant cost compared to its enormous potential for energy savings. In addition, general aspects of the Institute's electrical installation and actions that were taken in favor of these are highlighted.

Keywords: *energy; analyzer; electric power.*

INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica representa uno de los costos más significativos en el mercado competitivo. Por lo cual, es indispensable llevar a cabo un diagnóstico energético con el fin dar a conocer el consumo y explorar las diferentes oportunidades de ahorro, las que deben basarse en un sistema de control apropiado del consumo eléctrico (Nandwani, 2005), (*Ahorro Energético - Qué Es, Definición y Concepto | 2023 | Economipedia, n.d.*).

Las empresas pueden ahorrar energía apagando todos los ordenadores y luces de la oficina mientras no están siendo utilizados.

Igualmente, la compañía debe tener en cuenta que no se necesita la misma cantidad de iluminación en los lugares de trabajo que en los pasillos o en los baños. Así, si la intensidad energética se regula, se puede ahorrar electricidad (Superior et al., 2011), (Bustamante, 2013), (Suparyanto dan Rosad (2015, 2020), .

Al trabajar en una Institución uno puede hacerse la idea aproximada de la cantidad de energía que se puede llegar a consumir. Aunque parezca increíble este es el **tercer gasto más cuantioso** al que hacen frente cada mes los centros educativos. Si se consigue reducir un poco el gasto, no solo se lograría ahorrar el presupuesto, sino que contribuirá al cumplimiento de varios objetivos de ahorro de energía a nivel nacional (*Ahorro Energético - Qué Es, Definición y Concepto | 2023 | Economipedia, n.d.*).

En el sector educativo, el ahorrar energía es básicamente cuestión de educación (Villa & Rodríguez, 2018), y paradójicamente, es lo que más nos hace falta, en el momento de aplicar medidas elementales en favor del ahorro de energía en este sector (Superior et al., 2011), (Vargas Galván & Valverde Granja, 2017), medidas relativamente simples de implementar, algunas de ellas son:

- a) Si no se usa, lo apago.
- b) Si no se va a utilizar, lo desconecto.
- c) Si no se necesita, no lo conecto ni lo enciendo.
- d) Desconectar los circuitos de los aires acondicionados de 7pm a 7am, días festivos, fines de semana, puentes y periodos vacacionales. Al personal se le olvida y, ¡los deja encendidos!
- e) Desconectar los circuitos que no se van a utilizar: durante la noche, días festivos, fines de semana, puentes y periodos vacacionales. Muchos dejan algo conectado y, en ocasiones hasta ¡encendido!

Hoy en día resulta muy eficiente y en cierta forma económico, realizar los análisis con equipo que se pueda adquirir fácilmente en el mercado, en nuestro caso, el analizador FLUKE 435-II fue de gran apoyo para realizar un análisis del ahorro de energía en varios sectores de del ITZ, ya que permite registrar valores instantáneos RMS, registrar las tensiones de voltaje (V) monofásicas y bifásicas por cada circuito, así como registrar las corrientes (I) de fase y de línea en cada circuito, identificando el desbalance de corriente, pudiendo registrar valores de la magnitud de la distorsión armónica de tensión THDV individuales, registrar también los valores de la potencia aparente (kVA), activa (kW), reactiva (kVAR) y el factor de potencia, siendo estos puntos de vital importancia para verificar en donde podemos ahorrar energía (Suparyanto dan Rosad (2015, 2020), (*Sistema de Filtros Para Mejorar La Calidad de La Energía Eléctrica En La Planta de Producción de La Cooperativa Agropia - 2021, 2021*), (Manrique et al., 2022).

Para el análisis de ahorro de energía también se consideran diferentes factores, como verificar tuberías dañadas, cables rotos o que hayan sufrido algún calentamiento que hayan provocado algún corto. Ya que al no considerar estos y otros factores, no podríamos considerar en sí un ahorro de energía, ya que debemos considerar también la calidad de la energía en el sistema eléctrico que estemos monitoreando (Mantenimiento, 2016), (Chicaiza et al., 2018),(Titulación, 2018), (Miguel et al., 2019), (*Universidad Técnica de Cotopaxi, 2021*). Así mismo, se pueden monitorear variables eléctricas para la automatización del banco de capacitores que regulen el factor de potencia (FP), ya que la disminución exagerada del FP puede provocar aumentos de corriente, no olvidando que en una instalación eléctrica que opera con un FP menor a 1.0 tiene consecuencias en la medida que este disminuye y además afecta a la red eléctrica tanto en alto voltaje como bajo voltaje; incrementando las pérdidas por efecto Joule; sobrecarga de los transformadores y líneas de alimentación, aumento de caída de voltaje, incremento de la potencia aparente, incremento en la facturación eléctrica. (Installed & Load, 2012; Miguel et al., 2019), (GERIN, 2005)

El Analizador FLUKE 435-II es una herramienta de gran apoyo para realizar en análisis de ahorro de energía (Camacho Albán, 2015; Chávez et al., 2021; Fluke Corporation, 2012; Instrumentos, 2012; Padilla et al., 2012), ya que nos ayuda a:

- Detectar y prevenir el exceso de consumo (kWh).

- Analizar curvas de carga, las cuales nos dicen donde se produce la máxima demanda de energía.
- Detectar la necesidad de la instalación de un banco de capacitores, así como su potencia.
- Detectar fraude en los contadores de energía.

METODOLOGÍA

Se realizó un estudio detallado del consumo de energía eléctrica en las instalaciones del ITZ, con un analizador trifásico de potencia eléctrica **FLUKE 435-II**, con el levantamiento físico efectuado y la inspección física de la red eléctrica implícita, se detectaron las siguientes anomalías:

- En el transformador central ubicado entre los edificios A y B de la Institución y, que abastece a la zona suroeste de ésta, donde se localizan: Edificios A, B, C, E, N T, Biblioteca, Dirección, Servicios Escolares, Auditorio, Cafetería del sindicato, Vestidores, Alberca, Entrada principal y Paradero. En un monitoreo realizado durante las noches y fines de semana, se detectó un consumo promedio de 35kW, consumo que seguramente se repite en días festivos, puentes y periodos vacacionales.
- Las actividades prácticamente terminan después de las 20hrs y, sin embargo, además de: frigoríficos, dispensadores de refresco y, alumbrados encendidos en todas las áreas del Instituto, los aires acondicionados se quedan encendidos y, peor aún, algunos de estos, se prenden y se apagan durante la noche y la madrugada en todos los edificios de la institución. Esto, por supuesto, también ocurre en días festivos, fines de semana, puentes y periodos vacacionales.
- Muchos equipos eléctricos y electrónicos tales como: Fotocopiadoras, computadoras, ventiladores, calentadores de agua, cafeteras, etc. conectados en horas de trabajo sin que nadie los utilice.

Además de estas anomalías, en la red eléctrica actual, se detectaron circuitos derivados en baja tensión con una gran longitud y, múltiples empalmes realizados en registros subterráneos, así como cableados que datan de los años 70's y, cuya vida útil ya expiro. En la tabla 1 se muestran los circuitos derivados más críticos y, su longitud.

Tabla No. 1 Circuitos derivados con longitudes críticas

Circuito No.	Edificio al que alimenta	Longitud [m]
1	Administrativo (Dirección, Subdirecciones, Recursos humanos, recursos financieros, División de estudios)	90
2	Económico Administrativo (Edificio N)	120
3	Auditorio	150
4	Alberca, Vestidores y Sanitarios	200

Para corregir lo anterior, se realizó el proyecto de la subestación sur, que recortó estos circuitos derivados a valores establecidos por la norma y, posibilitó la alimentación de edificios futuros.

Se encontraron tuberías, cableados, cajas de conexión y empalmes totalmente obsoletos y fuera de normatividad, encontrados en la parte superior del pasillo del edificio F, ver figura 1.

Además, existen instalaciones eléctricas en muy mal estado y fuera de norma, por citar algunas: Interruptores colocados en los sanitarios del edificio administrativo, interruptores del laboratorio mecánico, interruptores y tablero del centro de información y, de algunos circuitos de los edificios F, J, K, L y LL, ver figura 2.

El tablero de distribución en la subestación de materiales, de la marca Federal Pacific, con un interruptor totalmente obsoleto de la misma marca, fuera de norma y con tres circuitos derivados diferentes conectados al mismo lado de carga, ver figura 3.

Otras anomalías son canalizaciones totalmente ensolvadas, invadidas por raíces de árboles, inundadas, rotas, expuestas al aire libre, así como registros eléctricos ensolvados, inundados, e interruptores termomagnéticos obsoletos, ver figura 4.

La mayor dificultad se presenta en la época de lluvias, donde las tuberías están totalmente inundadas.

Así mismo se detectó sobrecarga del transformador del centro de cómputo y subutilización del transformador del edificio de Química-Bioquímica.

Una propuesta a corto plazo según las condiciones que encontramos las instalaciones, son: dividir los sistemas de iluminación en varios circuitos (para descontar la parte que no esté en uso), Implementar el "Interruptor Verde" (donde se puede desconectar y conectar a una hora programada), colocar temporizadores o interruptores con sensores de presencia, utilizar vegetación para la reducción de la radiación, mantener las áreas cerradas donde se utilizan los aires acondicionados, apagar los aires acondicionados

antes de salir, desconectar las máquinas expendedoras durante la noche y periodos vacacionales, cambio de lámparas a LED, cambiar los tableros de distribución a programables, programar los mantenimientos a aires acondicionados, sustituir equipos eléctricos viejos, sustituir cableado viejo, colocar fotoceldas en alumbrado exterior, interconectar los sistemas fotovoltaicos a la red eléctrica.

Actualmente en el ITZ, cuenta con un Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) bajo la norma ISO-50001, la cual se basa en un ciclo básico para su implementación, ver figura 5.

La aplicación de este modelo SGEn, permite que la organización:

- Haga un uso más eficiente de las fuentes de energía de las que dispone.
- Mejore su competitividad.
- Disminuya sus emisiones de gases de efecto invernadero y otros impactos ambientales.

Como se podemos observar en el la figura 5, el ahorro de energía no debe ser solamente la implementación de varias medidas de ahorro, debe ser un SGEn, con miras a una mejora continua.

Así mismo, realizamos el monitoreo, medición y análisis del sistema eléctrico del ITZ por medio del FLUKE 435-II, dicho monitoreo físico del sistema se re hizo para detectar el estado real.

Una vez detectadas las no conformidades, se promueven las acciones correctivas con el propósito de mejorar el estado físico de la red, su eficiencia y lograr los ahorros de energía deseados.

En el caso de una auditoría interna, la emularemos conectando el FUK 435-II durante el periodo donde se implementen las medidas de ahorro de energía, para realizar las comparaciones en el consumo antes y después. Lo mismo se puede hacer comparando los consumos facturados por CFE en el mismo periodo de tiempo del año anterior, dando herramientas fiables de comparación para la revisión por la gerencia, y de este modo reforzar la implementación de las medidas de ahorro de energía, para lograr la mejora continua que se propone en dicha norma ISO-50001.

Por otra parte, la política energética es lograr un ahorro de al menos un 5% en el consumo de energía eléctrica.

La planificación energética, se refiere a el modo en cómo vamos a utilizar la energía de modo eficiente para lograr el objetivo planteado de ahorro de energía en el ITZ. En esta planificación esta la modernización de la red eléctrica actual, su operación adecuada, solamente dejando conectados los circuitos que se van a utilizar, por tal razón propusimos el interruptor verde, dado que la cultura del ahorro aún no está bien establecida en la institución.

La implementación y operación, corre a cuenta de todo el personal del ITZ, con especial atención de las autoridades departamentales, y de la alta dirección.

La verificación la harán los implementadores directos del sistema, los auditores internos y externos, y la alta dirección del ITZ, con el fin de documentar los logros alcanzados, y lograr la mejora continua del sistema.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En la figura No. 6 se muestra una gráfica del consumo del transformador central durante el periodo que comprende 23 horas, donde puede observarse que el consumo del transformador central fluctúa entre los 30 y los 40 mil watts de potencia, en la noche. La gráfica en rojo indica el consumo máximo, lo cual nos muestra que no hay demanda de energía debido a que los aires acondicionados no están encendidos.

A manera de comparación, en la gráfica mostrada en la figura No. 7, se aprecian las lecturas en un día festivo (5 de mayo del 2022). Donde se pueden detectar las mismas anomalías, que muestra el consumo durante la noche de un día hábil. El periodo indicado en la gráfica es de las 12:42hrs pm del día 04 de mayo del año 2022 a las 04:42hrs, del día 06 de mayo del año 2022, detectándose un consumo que va de los 17 mil watts durante el día a los 35 mil watts durante la noche. Por otra parte, la gráfica mostrada en la figura No. 8, indica las lecturas tomadas en un fin de semana, que comprende de las 11:58:15am del día 08 de mayo a las 10:50:05am del día 09 de mayo del año 2022, ¡detectándose las mismas anomalías que en las gráficas anteriores!

Por lo tanto, las mediciones tomadas con el analizador FLUKE 435-II, nos dio los parámetros suficientes para detectar las zonas en donde hay desperdicio de energía en el ITZ, y con ello generar estrategias que nos ayuden a ahorrar hasta un 5 a un 20% de energía, con la implementación de un sistema de monitoreo, medición, control y supervisión en toda la red eléctrica del ITZ.

ILUSTRACIONES, TABLAS, FIGURAS.

Figura 1. *Tuberías, cableados, cajas de conexión y empalmes totalmente obsoletos y fuera de normatividad, en la parte superior del pasillo del edificio F.*



Figura 2. *Tableros e interruptores en el centro de información, totalmente obsoletos y fuera de norma.*



Figura 3. *Tablero de distribución en la subestación de materiales, de la marca Federal Pacific.*



Figura 4. Raíz encontrada en tuberías de asbestocemento.



Figura 5. Ciclo básico del SGE en propuesto por la norma ISO-50001.



Figura 6. Registro de consumo de energía en el transformador central, en un periodo de 23 hrs.

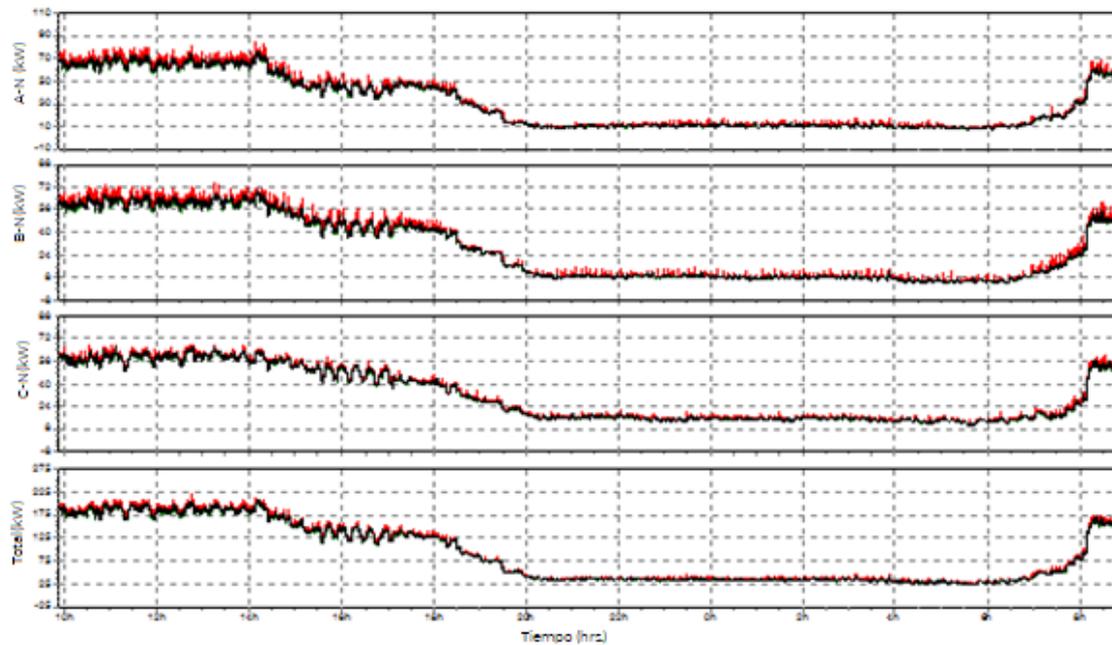


Figura 7. Registro de consumo de energía en el transformador central.

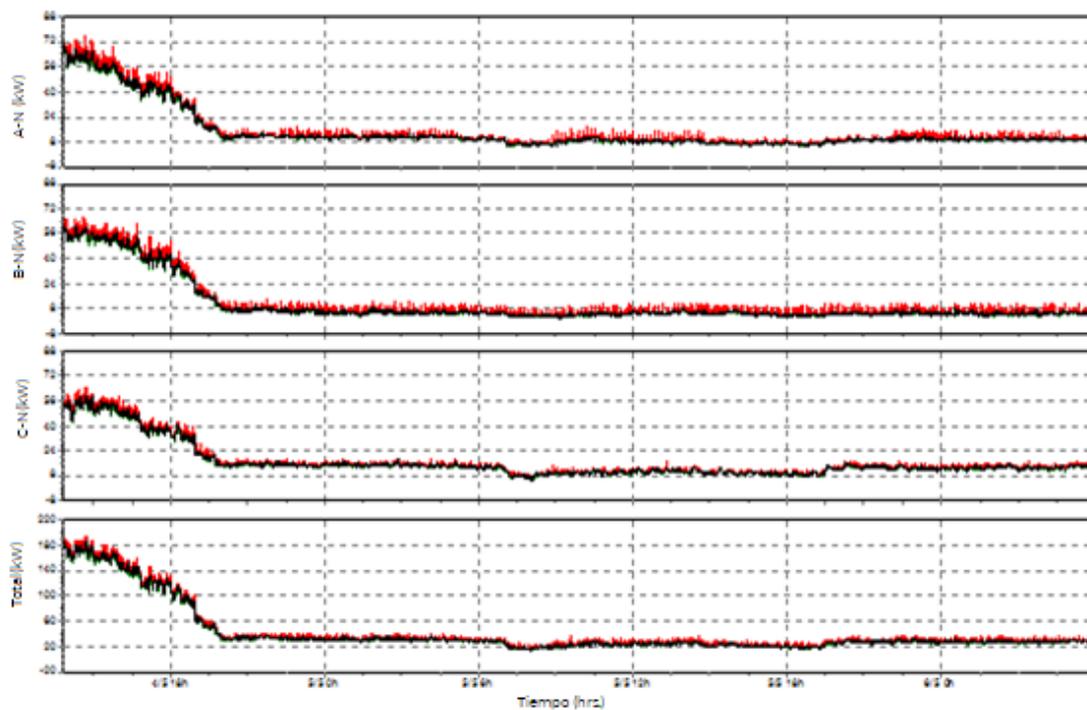
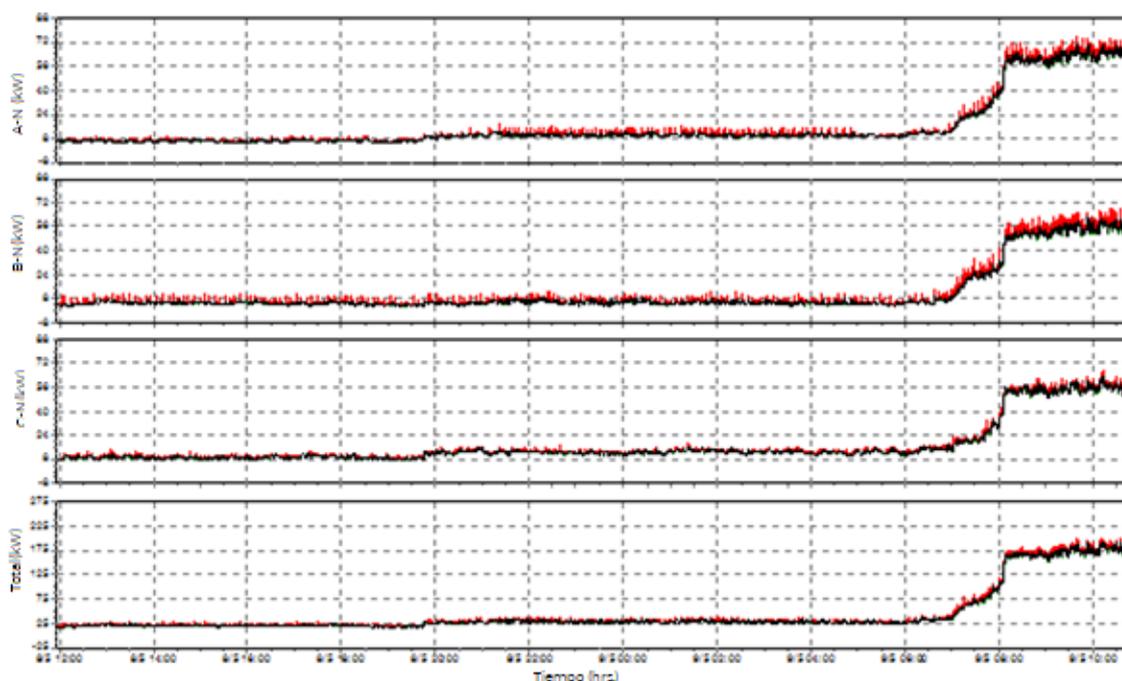


Figura 8. Registro de consumo de energía en el transformador central, durante el fin de semana.



LISTA DE REFERENCIAS

- Ahorro energético - Qué es, definición y concepto | 2023 | Economipedia. (n.d.). Retrieved February 1, 2023, from <https://economipedia.com/definiciones/ahorro-energetico.html>
- Bustamante, C. (2013). Análisis energético y propuesta de ahorro de energía. *Centro de Investigación En Materiales Avanzados S. C.*, 15–16. [https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/379/1/Tesis Claudia Bustamante Vasquez, Carlos Hernández Mosqueda.pdf](https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/379/1/Tesis%20Claudia%20Bustamante%20Vasquez,%20Carlos%20Hernández%20Mosqueda.pdf)
- Camacho Albán, J. M. (2015). *Estudio de la factibilidad para el mejoramiento de la calidad de energía eléctrica en la planta industrial Inducuerdas*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Chávez, J. D. G., Morales, L. G., Valencia, M. V. R., & Rojas, S. B. (2021). Evaluación de la calidad de energía eléctrica para un laboratorio de automatización de Industria 4.0. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 8(1), 56–67.
- Chicaiza, P., Vinicio, M., Tapia, S., & Jeovanny, B. (2018). *Universidad técnica de cotopaxi*.
- Fluke Corporation. (2012). *Catalogo Fluke 434-II/435-II/437-II*. 182. <http://www.fluke.com/fluke/coes/support/manuals/default.htm>

GERIN, M. (2005). Guía de diseño de instalaciones eléctricas (según normas internacionales CEI). *Schneider Electric de España*.

Installed, P., & Load, E. (2012). *INSTITUCIÓN PÚBLICA INTRODUCCIÓN En vista de las perspectivas de un constante aumento del consumo de combustibles fósiles para la producción de electricidad y de la amenaza creciente para el medio ambiente mundial , cabe destacar que la producción y la falta de conciencia en el uso de la energía , generan un impacto ambiental en todas las escalas . Al respecto , Venezuela no escapa de toda esta problemática , es así como basados en el hecho de que el consumo de energía en nuestro país es 14 % más alto que el promedio de América Latina y el Caribe , y que la demanda ha experimentado un crecimiento del 7 % en el año 2009 , se genera la necesidad de implantar planes de ahorro energético que conlleven a reducir , como meta inicial , al menos 20 % del consumo de energía [1] . En tal sentido , el gobierno ha creado un cuerpo de fiscalización en las filiales de la Corporación Eléctrica Nacional (CORPOELEC) que se encargan de hacer cumplir con las medidas de ahorro de electricidad . De esta manera , el 21 de diciembre del 2009 fue publicado en la Gaceta Oficial número 39 . 332 un plan de ahorro de energía para evitar un colapso eléctrico en el país ante el sensible descenso de los niveles de agua del embalse de Guri ; y pese a que la situación crítica de este descenso ya se ha solventado , en función a del resguardo del ambiente , aun se mantienen dichos planes de ahorro . En el caso de organismos públicos se encuentran las instituciones educativas , como las universidades y los institutos universitarios . Dentro de esta contextualización se encuentra la Universidad Nacional Experimental Politécnica “ Antonio José de Sucre ” (UNEXPO) , planteándole la propuesta de un programa de ahorro energético a fin de optimizar el Uso de Energía mediante procedimientos enfocados a disminuir los consumos . El origen de esta propuesta se presenta al observar la forma de utilización y consumo de energía en la institución universitaria específicamente en el Edificio Central UNEXPO Vicerrectorado Barquisimeto . Adicionalmente , se realizará una apreciación en términos de comportamiento de los empleados : personal administrativo , docentes , obreros y estudiantes frente al tema de ahorro de energía destacándose la escasa preocupación y los inadecuados hábitos de utilización de la energía eléctrica . 2(6),*

379–395.

- Instrumentos, C. (2012). El nuevo Fluke 434 Serie II: analiza y cuantifica los costos de una mala calidad de energía. *Electromagazine: La Revista Técnica Del Sector Eléctrico Del Uruguay*, 10(46), 52–54.
- Manrique, B., Sarabia, V., Elizabeth, M., & Delgado, Z. (2022). *Universidad técnica de cotopaxi*.
- Mantenimiento, E. D. E. I. D. E. (2016). *Tesis de grado*.
- Miguel, G., Jesús, B. De, & Jiménez-rivera, J. (2019). *Análisis de la calidad de energía eléctrica en una subestación de 300 kVA Analysis of the quality of electrical energy in a 300 kVA substation*. 3(11), 12–20.
- Nandwani, S. S. (2005). Energía solar. Conceptos básicos y su utilización. *Universidad Nacional, Heredia (Costa Rica)*. Jun, 1–26.
- Padilla, R. D. C. L., Montiel, S. C., & Romero, A. C. (2012). *Metrología de Calidad de la Potencia Eléctrica: armónicos y subarmónicos*.
- Sistema de filtros para mejorar la calidad de la energía eléctrica en la planta de producción de la Cooperativa Agropia - 2021*. (2021).
- Suparyanto dan Rosad (2015). (2020). 済無 No Title No Title No Title. *Suparyanto Dan Rosad* (2015, 5(3), 248–253.
- Superior, E. P., Carlos, J., & Prada, G. (2011). *Departamento de Ingeniería Mecánica Estudio y diseño del sistema de iluminación de un centro de uso general*.
- Titulación, P. D. E. (2018). *Análisis de calidad de energía y rediseño del sistema eléctrico en la planta industrial corporación de proyectos múltiples multiproyectos S.A*. *Universidad técnica de cotopaxi*. (2021).
- Vargas Galván, G. A., & Valverde Granja, A. (2017). Programa piloto para la gestión energética en instituciones educativas del departamento del Tolima. *Teknos Revista Científica*, 17(1), 47. <https://doi.org/10.25044/25392190.886>
- Villa, C. L. D., & Rodríguez, E. J. N. (2018). Estrategias ambientales para lograr un campus sostenible en las instituciones educativas. *Boletín Informativo CEI*, 5(1), 83–84.