



Evaluación de una instalación eléctrica para un proyecto de ahorro y eficiencia energética

José Gotopo

Universidad Politécnica Territorial de Falcón "Alonso Gamero"

orcid : 0000-0002-5754-619X

jvgotopo@gmail.com

Venezuela

Fecha de recepción: 08/04/2022

Fecha de aprobación: 06/05/2022

Resumen

Esta investigación tiene como objetivo principal evaluar la instalación eléctrica existente en la zona norte de la *Universidad Politécnica Territorial de Falcón "Alonso Gamero"* (UPTAG), para el establecimiento de un proyecto de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica. Para ello se estableció realizar una auditoría energética en la zona piloto. También se propuso identificar los criterios de ingeniería que conlleven al ahorro de energía sobre los equipos analizados en la auditoría, con el fin de introducir la inmótica en los recintos de la universidad, y así cambiar la forma de operar los equipos actuales. La investigación está enmarcada en un paradigma positivista, de enfoque empírico, y el diseño es cuantitativo. La evaluación de la instalación eléctrica existente en la zona norte

de la UPTAG, aplicando una auditoría energética, y además proponiendo el reemplazo de lámparas y la optimización y automatización del sistema eléctrico, permitió avalar que la implementación de dispositivos inmóticos permitirá la reducción del consumo de energía eléctrica en un 21,42 %. Es decir, se disminuiría de 61.754,40 kWh/mes a 48.525,17 kWh/mes. Dichos dispositivos serán capaces de controlar las cargas de acondicionadores de aire y de alumbrado (interno y externo) reduciendo la franja de uso horario a 12:45 hrs efectiva. Adicionalmente, se producirá una disminución en los valores de la potencia activa y la aparente del sistema, 248,62 kW y 310,78 kVA respectivamente.

Palabras clave:

Ahorro; auditoría; energética; eficiencia; inmótica





Evaluation of an existing electrical installation for an Energy Saving And Efficiency Project

Abstract

The main objective of this research is to evaluate the existing electrical installation in the northern area of the Universidad Politécnica Territorial de Falcón "Alonso Gamero" (UPTAG), in order to establish a project for saving and efficient use of electrical energy. To this end, an energy audit was carried out in the pilot area. It was also proposed to identify the engineering criteria that lead to energy savings on the equipment analyzed in the audit, in order to introduce inmotics in the university premises, and thus change the way of operating the current equipment. The research is framed in a positivist paradigm, with an empirical approach, and the design is quantitative. The evaluation of the existing electrical installation

in the northern area of UPTAG, applying an energy audit, and also proposing the replacement of lamps and the optimization and automation of the electrical system, allowed us to endorse that the implementation of inmotoc devices will allow the reduction of electrical energy consumption by 21.42%. That is, it would decrease from 61,754.40 kWh/month to 48,525.17 kWh/month. These devices will be able to control the loads of air conditioners and lighting (internal and external) reducing the hourly usage band to 12:45 hrs effective. Additionally, there will be a decrease in the system's active and apparent power values, 248.62 kW and 310.78 kVA respectively.

Keywords:

Saving; audit; energy; efficiency; inmotics

Introducción

En la actualidad, los avances tecnológicos dedicados al área de la eficiencia energética están *in crescendo*, pudiéndose encontrar gran variedad de dispositivos de control, sensores y accesorios capaces de controlar un sistema eléctrico en un hogar u oficinas, de forma automática y a distancia. En tal sentido, el uso de dichos dispositivos propone tres (3) términos novedosos, que se fusionan con los avances informáticos y comunicacionales, los cuales son domótica, inmótica y urbótica. En otras palabras, los términos referidos requieren la automatización del sistema eléctrico del recinto o área determinada en pro de la gestión energética, eso es, donde la domótica es focalizada en casas familiares, la inmótica es referida a las edificaciones del sector terciario y la urbótica es aplicada por entes gubernamentales sobre servicios públicos e infraestructuras de bien común. Lo anterior señalado es la base de la investigación del presente documento, donde se establece la evaluación de una instalación eléctrica, la cual servirá como modelo piloto, y cuya implementación puede ser adaptada a edificaciones de índole gubernamental o privado, proponiendo el uso de dispositivos inmóticos.

Las instituciones universitarias venezolanas deben dar ejemplo al momento de plantearse políticas nacionales que, tengan como fin mejorar la eficiencia del Sistema Eléctrico Nacional. Por otro lado, la publicación en el año 2011 de la *Ley de Uso Racional y Eficiente de la Energía (LUREE)*, obliga a las instituciones a nivel nacional a implementar mecanismos para gestionar el uso de la energía eléctrica en sus instalaciones. Debido a esas razones, se plantea realizar la investigación que conllevará a la evaluación de una instalación eléctrica existente, ello para un proyecto de ahorro y eficiencia energética. La propuesta a de-

sarrollar pretende evaluar una instalación eléctrica existente para proponer el establecimiento del uso de tecnologías inmóticas, esto en una zona piloto de la *Universidad Politécnica Territorial de Falcón "Alonso Gamero"* (UPTAG), la cual posee una variedad de recintos tales como: aulas, laboratorios, baños, cubículos y oficinas; esto con el fin de lograr el ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica en la institución, y en un futuro cercano extrapolar su aplicación a todas las dependencias adscritas a la universidad.

La UPTAG es una institución universitaria de larga trayectoria en el estado Falcón (Venezuela), cuya sede principal se encuentra al noreste de la ciudad capital de Santa Ana de Coro, adyacente al *Complejo Deportivo "Libertador Simón Bolívar"*. En las instalaciones de dicha casa de estudios se plantea realizar la auditoría energética correspondiente a la zona norte del instituto, cuyo recorrido este-oeste comprende desde el edificio sede de la *Coordinación de Gestión Curricular de Formación Avanzada (CGCFA)* hasta el complejo de laboratorios adscritos a la *Coordinación del Programa Nacional de Formación en Mecánica (PNFM)*, abarcando así una superficie aproximada de 1.907 m².

La investigación se organiza de la siguiente forma: primero, se muestra la introducción del estudio en el cual se presenta la investigación realizada, la problematización del objeto de estudio, su justificación y objetivo principal del trabajo; segundo, la metodología que, incluye los aspectos de población y muestra, técnica e instrumento de recolección de los datos. Tercero, se desarrolla la sección de resultados, allí se exponen los datos y las etapas propuestas para la reducción del consumo de energía eléctrica. Finalmente, y cuarto, se muestran las conclusiones derivadas del estudio.

Metodología

El estudio es una investigación no experimental cuantitativa. El problema se observará en un lapso de tiempo definido. La información que se derive de la recolección de los datos, será la requerida para lograr una evaluación del sistema de iluminación y acondicionadores de aire, para lo cual se estima realizar un plan que permita implementar un proyecto de ahorro y eficiencia energética en un futuro próximo.

Para lograr lo anterior, se decidió realizar el estudio sobre la siguiente población y muestra, que se señalan a continuación.

Población y muestra

La población estuvo representada por todos los recintos que conforman en su totalidad a la sede principal de la UPTAG, es decir, se presentan áreas físicas que corresponden a las aulas, baños, cubículos, depósitos, laboratorios, oficinas, pasillos internos, externos y plazoletas. De las áreas planteadas anteriormente, se establece como muestra al subconjunto de recintos en la zona norte de la UPTAG como se muestra en la figura N° 1. Cabe destacar que, en dicha zona se presentan los grupos de áreas físicas nombradas previamente, ésto nos permitiría tener una visión a nivel macro de la situación de la institución, ya que las luminarias, las lámparas y los equipos acondicionadores de aire presentan los mismos modelos y marcas por grupos de dispositivos y equipos.

Figura N° 1. Sede Principal de la UPTAG

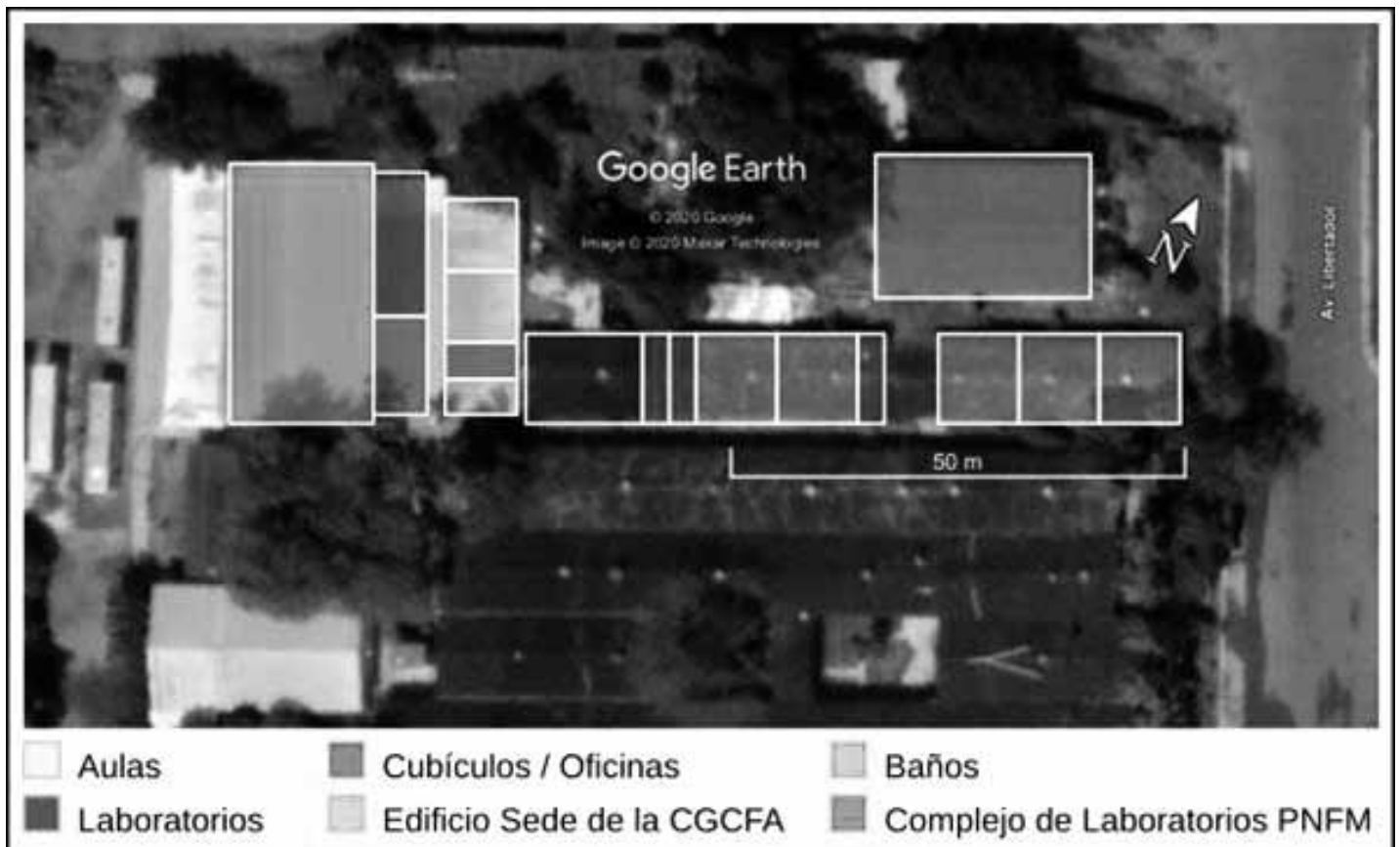


Fuente: Adaptado del programa *Google Earth Pro*, (2020).

Al establecer la muestra, se cumple lo planteado por Arias (2012), y donde expone que “una muestra representativa es aquella que por su tamaño y características similares a las del conjunto, permite hacer inferencias o generalizar los resultados al resto de la población con un margen de error conocido” (p.83). Siguiendo con la línea del autor, y para propósitos de

nuestro estudio, la muestra estuvo representada por 44 recintos agrupados de la siguiente manera: aulas, baños, cubículos, depósitos, laboratorios, oficinas, pasillos internos y externos. En la figura N° 2 se detallan la distribución de los recintos. Cabe destacar que dicha zona equivale a 1.907 m² aproximadamente.

Figura N° 2. Área física (UPTAG) para abordaje del proyecto de investigación



Fuente: Adaptado del programa *Google Earth Pro*, (2020).



Hasta ahora, hemos presentado la población y muestra del estudio. A continuación se expone la técnica empleada para la recogida de información.

Técnica

Se usó la técnica de la observación para recolectar la información del sistema eléctrico, con lo cual se generó una base de datos de la zona seleccionada. La técnica en cuestión fue la apropiada debido a que la observación es un método que “consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, a través de un conjunto de categorías y subcategorías” (Hernández Sampieri et al., 2014: p. 252). La forma en la cual se aplicó la observación en la recolección de datos, nos llevó a establecer que la misma fue del tipo estructurada, donde “además de realizarse en correspondencia con unos objetivos, utiliza una guía diseñada previamente, en la que se especifican los elementos que serán observados” (Arias, 2012: p.70).

Expuesta la técnica empleada para recabar información, veamos a continuación el instrumento de recolección de datos aplicado en el estudio.

Instrumento de recolección de datos

Arias (2012), indica que “un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p. 68). El instrumento a utilizar durante el lapso de toma de datos fue un registro específico diseñado por el autor, el cual fusiona una lista de frecuencias con una lista de características claves para la investigación.

Luego de recabados todos los datos, exponemos en las siguientes líneas los hallazgos encontrados.

Resultados

La recolección de datos e información técnica se estableció en los recintos ubicados en la zona norte de la sede principal de la UPTAG, de los cuales se formaron ocho (8) áreas de interés (aulas, baños, cubículos, depósitos, laboratorios, oficinas y pasillos externos e internos). El recorrido para la toma de la información técnica fue realizado en el lapso comprendido entre el 12 de octubre de 2019 hasta el 18 de febrero de 2020. Durante ese período se presentaron situaciones que limitaron el acceso a los recintos tales como: manifestaciones estudiantiles, autorizaciones a destiempo, personal encargado de los recintos no disponible y período vacacional. Es necesario añadir que el recorrido no fue afectado por la cuarentena social a causa de la enfermedad por *Corona Virus de 2019* (COVID-19), ya que dicha cuarentena comenzó a mediados del mes de marzo del 2020, y en posteriores verificaciones no hubo mayores inconvenientes para acceder al instituto.

A continuación, se presenta la tabla N.º 1 donde se resumen los equipos censados durante el recorrido en la zona norte de la UPTAG. Se totalizaron 861 equipos, y de los cuales el grupo de acondicionadores de aire y el de luminarias se halló que son los mayores consumidores con cargas conectadas¹ igual a 76,23 % y 10,51 % respectivamente.

1

Carga conectada: se entenderá como la sumatoria de la potencia en vatios de todos los equipos eléctricos (datos de placa) que se conectan a la red de la vivienda en cuestión. También se podrá expresar en kW o kVA según el enfoque del estudio (Penissi, 2001).

Tabla N° 1. Resumen por grupos de equipo

Tipo	Cantidad de equipos	Carga conectada [kW]	Porcentaje carga conectada [%]
aire de ventana (baja eficiencia)	4	10,40	3,87
aire de ventana (alta eficiencia)	2	2,67	0,99
aire central (baja eficiencia)	24	192,00	71,37
televisores	4	0,56	0,21
neveras (pequeña o ejecutiva)	3	0,36	0,13
microondas	3	2,55	0,95
bombas y motores eléctricos (trifásicos)	10	3,51	1,30
equipos de oficina A	56	11,10	4,13
equipos adicionales B	19	17,60	6,54
luminarias C	736	28,28	10,51
Total	861	269,02	100,00

Fuente: Elaboración del autor (2022).

Nota

Siglas específicas:

A computadoras, impresoras, fotocopiadoras grande, VHS, radio, sacapunta eléctrico

B cafetera cilíndrica, caudín grande, extractor de aire, horno eléctrico grande

C fluorescente tipo T8, luz mixta, metal halide.

Los datos obtenidos muestran el alcance de la climatización e iluminación de la zona seleccionada, a pesar de los esfuerzos realizados por la institución universitaria para mantener en óptimas condiciones las instalaciones eléctricas. Ello debido a los efectos de la imposición de sanciones económicas internacionales que han afectado a la universidad en los planes de implementar mecanismos para el mantenimiento de los sistemas eléctricos, por ende, no se han podido actualizar los equipos de climatización de

los recintos a otros de alta eficiencia, de igual manera con las lámparas.

Con base a lo anterior, algunos de los equipos estudiados presentaron condiciones no recomendadas para su uso o simplemente sobrepasaron los límites de su vida útil dejando de funcionar por fallas irreparables, ésto se pudo verificar *in situ* al realizar maniobras de encendido sobre los mismos. En la tabla N° 2 se indica la realidad de los acondicionadores de aire y de las lámparas de la zona en estudio.

Tabla N° 2. Resumen de estado de los equipos acondicionador de aire y lámparas

Tipo	Cantidad total	Condición			Carga conectada [kW]
		Buen estado	Dañados o con fallas	Sin dispositivo o eliminado	
acondicionadores de Aire	30	10	20	1	61,07
luminarias ^C	736	228	239	269	9,46
Total	766	238	259	270	70,53

Fuente: Elaboración propia del autor (2022).

La carga para los equipos referidos en la tabla N° 2, y con una condición de buen estado, a la fecha de realizado el recorrido, alcanzaron una potencia de 70,53 kW. Esta situación puede cambiar de forma progresiva al aplicar jornadas de mantenimiento y de cambio de equipos en esta institución universitaria.

El estudio presentó tres (3) etapas para producir el ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica los cuales son: la auditoría energética inicial, el reemplazo de lámparas, y la optimización y automatización de la zona norte. Otros estudios se plantean en pasos

progresivos como, por el ejemplo el trabajo de González et al., (2017) el cual se centró en: a) Condiciones iniciales del modelo, b) Estrategias de gestión, c) Composición individual de la carga, d) Combinaciones de cargas, y e) Criterios de combinaciones; lo que les produjo resultados de disminución “entre 6 % y 26 % mediante sustitución de dispositivos, 7 % y 19 % mediante cambio de hábitos de consumo, y entre 17 % y 45 % como ahorro total posible” (p. 217). El fin de una auditoría energética citando a Araya (2018) es “conocer el consumo energético... por medio de una auditoría energética para la reducción del consumo

de energía sin afectar la calidad del servicio” (p. 7), ésto respecto a la auditoría en un hospital. De igual manera se planteó en esta investigación, no interferir en gran medida en las labores propias de la institución universitaria.

La tecnología inmótica debe ser asumida como una estrategia que mejore la vida diaria y a la vez contribuya con la sostenibilidad del medio ambiente, siendo este el aporte principal de aplicar esta tecnología en edificaciones. Las funcionalidades del sistema dependen de las necesidades del usuario sin menoscabar su *confort*, solo se debe seleccionar la tecnología apropiada y que sea acorde al sistema planteado.

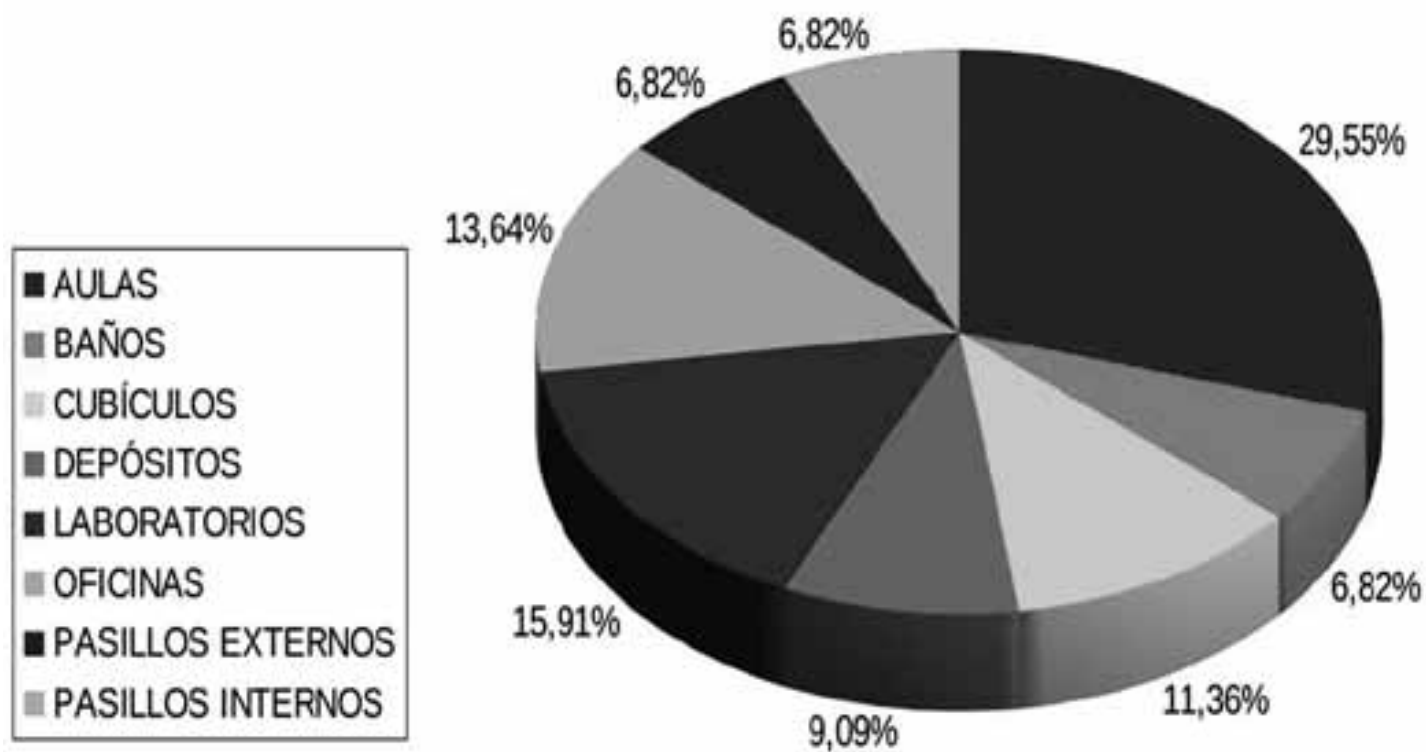
A continuación, se consideran las siguientes eta-

pas para la reducción del consumo de energía eléctrica en la zona en estudio y teniendo como premisa una auditoría energética inicial.

Auditoría energética inicial

En la figura N° 3 se indica la relación porcentual de las áreas físicas donde se recabó la información pertinente para el estudio propuesto. Se totalizaron 44 recintos específicos, organizados en ocho (8) grupos y desglosados de la siguiente manera: 13 aulas (29,55 %), 7 laboratorios (15,91 %), 6 oficinas (13,64 %), 5 cubículos (11,36 %), 4 depósitos (9,09 %), 3 baños (6,82 %), 3 pasillos externos (6,82 %), y 3 pasillos internos (6,82 %).

Figura N° 3. Relación porcentual de las áreas físicas en estudio de la UTAG



Fuente: Elaboración propia del autor (2022).

Se realizó la auditoría energética inicial de la zona, específicamente en las ocho (8) áreas previamente establecidas. La auditoría arrojó un consumo diario de 3.061,84 kWh/día y el consumo mensual de 61.754,40 kWh/mes, producido por el uso de una carga conectada igual a 269,02 kW. La mayor participación de consumo de energía por equipos es generada por los acondicionadores de aire (83,99 %) y el sistema de iluminación (11,84 %), mientras que el mayor consumo se presenta en las áreas 1 (aulas 56,42 %), 5 (laboratorios 25,62 %) y 6 (oficinas 14,45 %).

Las tres áreas auditadas de mayor consumo presentan los siguientes valores:

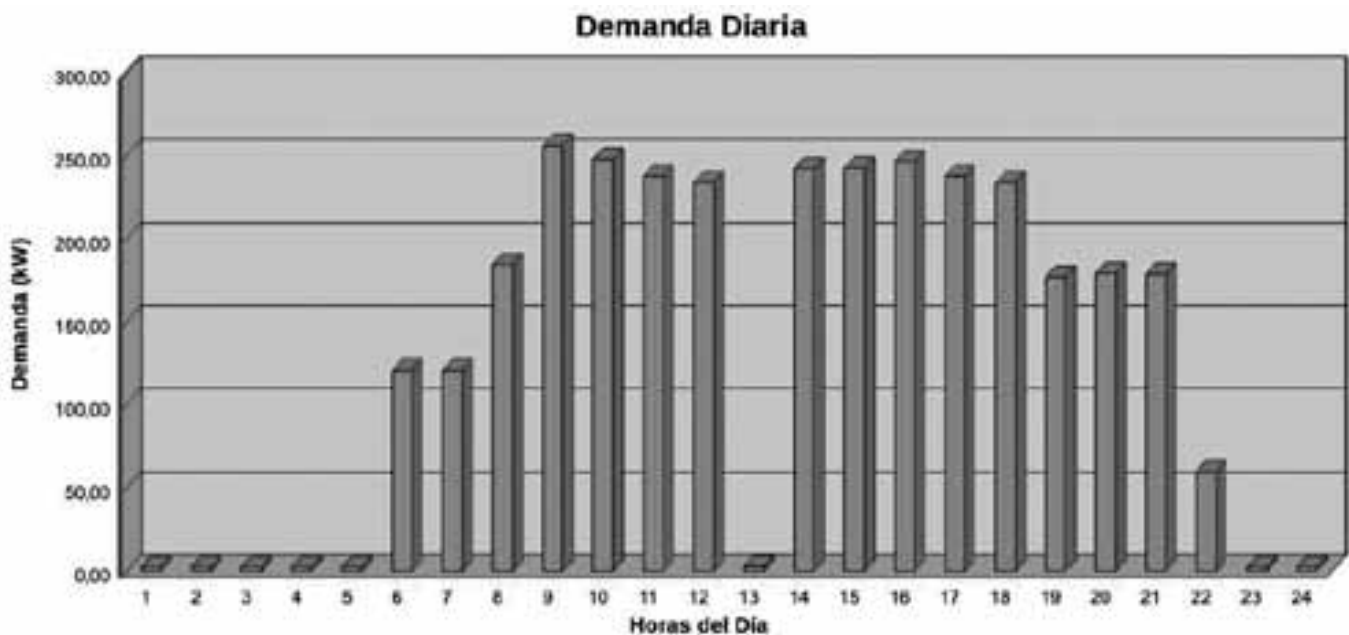
área 1: 118,74 kW carga conectada y 34.839,49 kWh/mes

área 5: 67,38 kW carga conectada y 15.818,47 kWh/mes

área 6: 73,02 kW carga conectada y 8.924,68 kWh/mes

El consumo de energía eléctrica en las ocho (8) áreas comprende dos (2) franjas horarias con mayor demanda tal como puede apreciarse en la figura N°4. La primera de éstas entre las 06:00 hrs hasta las 12:00 hrs, y la segunda franja, entre las 14:00 hrs hasta las 22:00 hrs. Ambas representan la porción horaria donde las actividades académicas, de oficina y otras actividades de la institución se desarrollan en mayor grado. De los datos suministrados por la auditoría se obtuvo que la demanda máxima es para la potencia activa 256,72 kW y para la potencia aparente 320,90 kVA. Además, en esta zona compuesta por las áreas planteadas, el sistema eléctrico en estudio arrojó un factor de potencia calculado de 0,80 y el factor de demanda² de 0,95, valores aceptables para las instalaciones eléctricas de la zona en estudio.

Figura N° 4. Demanda máxima: demanda diaria de la zona norte de la UPTAG



Fuente: Elaboración propia del autor (2022).

2

(Demand Factor). Relación entre la demanda máxima de un sistema o parte de él y la carga total conectada al sistema o la parte del sistema en consideración CEN (2004).

Luego de determinar cuáles son las áreas donde se debe reducir el consumo de energía eléctrica es necesario centrarse en qué tipo de equipos se deben focalizar los esfuerzos. En la tabla N° 3 se indica el consumo por equipos según su uso. Se halló que los equipos de acondicionamiento de aire tienen la mayor carga conectada 205,07 kW, con un consumo mensual de 51.868,48 kWh/mes, cumpliéndose lo que establece el Principio de Pareto cuyo símil se puede

establecer como pocos equipos eléctricos consumen más el 80 % de la energía eléctrica, para éste caso los acondicionadores tienen un 83,99 % de participación en el consumo total. El sistema de iluminación tiene una participación de consumo de energía igual a 7.312,43 kWh/mes (11,84 %). La sumatoria del resto de las cargas no supera los 4,17 % del consumo total, desglosado entre equipos de ventilación, refrigeración, fuerza, resistencia, de oficina y otros.

Tabla N° 3. Discriminación de equipos según su uso

Tipo	Consumo diario [kWh/día]	Consumo mensual [kWh/mes]	Carga conectada [kW]	Porcentaje [%]
acondicionamiento	2.593,42	51.868,48	205,07	83,99
ventilación	5,72	94,60	0,55	0,15
iluminación	337,97	7.312,43	28,28	11,84
refrigeración	2,86	57,12	0,36	0,09
fuerza	7,02	140,42	3,51	0,23
resistencia	33,26	665,20	17,05	1,08
oficina	79,63	1.576,92	11,10	2,55
otros	1,96	39,23	3,11	0,06
Total	3.061,84	61.754,40	269,02	100,00

Fuente: Elaboración propia del autor (2022).

La evaluación realizada al sistema eléctrico de la zona norte de la UPTAG arrojó que se puede implementar un proyecto de ahorro y eficiencia energética, haciendo énfasis sobre los acondicionadores de aire y las luminarias ya que, con base a este estudio realizado, estas cargas son los mayores consumidores energéticos de la institución.

Antes de comenzar a presentar la propuesta para esta investigación, se debe indicar que se buscará reducir el consumo de energía eléctrica en la UPTAG,

dicho consumo debería disminuir, por lo menos, un 20 % del presentado en la auditoría inicial. Se plantearán elementos de control sencillo de aplicar y con una inversión en equipos más eficientes, todo ello sin realizar modificaciones estructurales ni en los circuitos eléctricos actuales. En el caso de las luminarias se plantea solo el reemplazo de las lámparas, el resto del equipo permanecerá inalterable, es decir, no habrá modificaciones en el difusor, el disipador de calor, el reflector, partes eléctricas, ni en la armadura o carcasa.

Reemplazo de lámparas

Con base a la auditoría energética realizada y los resultados obtenidos, eso es, respecto a los mayores consumidores de energía, se propone cambiar los tubos fluorescentes (730 tubulares y 3 circulares) de los recintos bajo estudio, por sus respectivos reemplazos tipo LED. Con éstos se reducirá el consumo eléctrico mensual de 7.312,43 kWh/mes a 3.924,09 kWh/mes, y aplicará un ahorro del 46,34 % para los circuitos de iluminación.

Para contrastar con otros estudios, López et. al, (2017) en su libro titulado: *Eficiencia Energética en Luminarias: Estudio de Caso*, los autores indican que al implementar luminarias de tecnología tipo LED el ahorro económico puede alcanzar el 60 %, además de concluir que son dispositivos eficientes, capaces de disminuir emisiones contaminantes al ambiente, poseer niveles mayores de iluminación, consumir menos energía eléctrica y tener mayor vida útil. Para tal fin, se evaluó y comparó los datos técnicos, costo y distribución en el territorio nacional de los reem-

plazos tipo LED de los tubos fluorescentes referidos. Entre los fabricantes sondeados se pueden nombrar Luxrite, OEM/ODM, Philips, Romwish, SunLite, y TRLI-FE. El análisis acucioso sobre las fichas de datos técnicos de cada reemplazo tipo LED modelo T8 y T9, y considerando las peculiaridades de los presentes en la UPTAG, conllevó a plantear que las bombillas tipo LED requeridas deben poseer las siguientes características técnicas: a) Potencia de 18 W, b) Tener una capacidad entre 1.250 y 1.500 lúmenes, c) Ser reemplazos directos a los actuales (modelos T8 y T9), y d) Con un nivel de alimentación en sus conexiones de 120 Vac.

Respecto a los costos de las bombillas tipo LED, se pudo constatar que en el mercado nacional e internacional los precios de estos elementos eléctricos se encontraron con valores unitarios, y por paquetes dentro de un margen muy cercano. Por lo tanto, se tomó como referencia el correspondiente a los reemplazos del fabricante Philips. En la tabla N°4 más abajo, se indica el costo de inversión para los reemplazos propuestos, el cual alcanzaría los US\$ 3.926,75.

Tabla N° 4. Costos de inversión de reemplazo de bombillas fluorescentes ahorradoras

Cantidad	Potencia de bombillas [W]		% de Ahorro de energía	Lúmenes	Costo aprox. paquete [US\$] ^C	Costo de inversión [US\$]
	Fluorescente	Tipo LED				
3	32	18 ^A	43,75	1.250-1.500	59,00	177,00
25	32	18 ^B	43,75	1.250-1.500	149,99	3.749,75
Total de inversión						3.926,75

Fuente: Elaboración propia del autor (2022).

Nota

Siglas específicas:

A Tubo T9 reemplazo circular

B Tubo T8 reemplazo directo con alimentación doble extremo (paquete de 30 unidades)

C costos tomados de la página electrónica www.amazon.com (2020).

Otro reemplazo de equipos que se puede establecer, es el cambio de los acondicionadores de aires por otros de alta eficiencia energética. No se propone en esta ocasión porque se debe plantear un proyecto de largo plazo para tal fin, debido a que se debe analizar en detalle las especificaciones técnicas y económicas de los equipos a adquirir, y que cumplan con las normativas nacionales e internacionales que hagan referencia a la aplicación de la eficiencia energética (por ejemplo la UNE-EN 14511³). Adicionalmente, se debe tomar en cuenta los requerimientos de los recintos donde se destinará su ubicación y sin producir mayor impacto ambiental.

Optimización y automatización

Para la administración de la energía eléctrica se proponen dos (2) formas de control. La primera, estableciendo una serie de pautas para el control de demanda que deben seguir los usuarios; y la segunda, aplicar dispositivos electrónicos y analógico/mecánicos capaces de controlar la carga de alumbrado y/o de acondicionamiento de aire, aplicando temporización sobre el uso de los equipos y basado en las variables de presencia de personas y luz ambiental.

Pautas para el control de demanda

A) Acondicionador de aire

- Ajustar el termostato entre 23° y 25°C, para garantizar menos consumo de energía.
- Prohibir el uso de los equipos fuera de los rangos de horarios habilitados para las actividades de

aula y las administrativas de la institución, inclusive los fines de semana.

- Durante ausencias prolongadas o períodos vacacionales, desconectar los equipos acondicionadores de aire.
- Mantener puertas y ventanas cerradas de los recintos para evitar pérdida de climatización en el mismo.
- Realizar mantenimiento preventivo al equipo de manera bimensual, además de reducir el consumo se evitan problemas de salud, tal como las alergias.

B) Iluminación

Apagar las luminarias de los recintos, a cualquier hora del día, si realmente no se requiere su uso. Aprovechar al máximo la luz natural durante el día.

Automatizar

En este punto es importante acotar que, por las características propias de los recintos y condiciones de uso, las áreas destinadas a las aulas, cubículos, laboratorios y oficinas poseen exclusividad sobre equipos acondicionadores de aire. Por lo tanto, dichos equipos serán controlados bajo las pautas para el control de demanda ya establecidas. Sin embargo, las ocho (8) áreas establecidas para la zona norte de la UPTAG poseen circuitos de alumbrado, y el control de las mismas dependerá de la presencia de personas, y de la radiación solar que incida sobre cada recinto de la zona.

3

Normativa europea que refiere acondicionadores de aire, enfriadoras de líquido y bombas de calor para la calefacción y la refrigeración de locales y enfriadoras de proceso con compresores accionados eléctricamente.

Para establecer la automatización se propone instalar en cada recinto estudiado por lo menos dos (2) dispositivos de control. El primero de ellos para habilitar/deshabilitar las luminarias, y el segundo, para permitir el encendido/apagado de los acondicionadores de aire, teniendo en cuenta para ello la franja de uso de los recintos. Es decir, para las aulas y laboratorios (horarios académicos) se establece la franja de uso desde las 07:00 hrs hasta las 11:40 hrs, y luego desde las 13:05 hrs hasta las 21:45 hrs, eso con siete (7) lapsos de receso cortos de cinco (5) minutos cada uno (35 minutos totales). Lo anterior indica un total de 12:45 hrs efectivas para el uso de los recintos. Los fines de semana el sistema se encontrará deshabilitado, ésto a menos que se activen los permisos del sistema, y así poder cumplir con alguna actividad académica o administrativa en esos días.

Para el caso de las oficinas administrativas, cubículos y depósitos se estima un promedio de 06:00 hrs de uso. Respecto a las luces externas tendrán una sola franja de 11:00 hrs, comenzando desde las 19:00 hrs hasta las 06:00 hrs del día siguiente. Por otra parte,

las luces internas dependerán de su ubicación para asumir la franja de uso.

El dispositivo electrónico de control seleccionado para el alumbrado es el Sensky SK037 3-12 M PIR 360, el cual es un sensor de movimiento infrarrojo con interruptor de inducción de luz; dependerá de las dimensiones del recinto para la aplicación de este sensor. Así para las 13 aulas y los 7 laboratorios se establecerán dos (2) sensores, mientras que para el resto, uno (1) por recinto o dos (2) cuando el caso lo justifique. En total serían 60 sensores de este tipo.

Para el control de los acondicionadores de aire se seleccionaron dos (2) tipos de temporizadores, eso es, uno digital para las aulas/laboratorios y otro analógico/mecánico, para las oficinas y los pasillos externos e internos. Los sensores SYLVANIA SA 307 y el Intermatic HB114 poseen una programación multihoraria y pueden cumplir con los lapsos de tiempo establecidos para el control de demanda de los mismos. El total de los sensores sería de unas 36 unidades, 21 del primero y 15 del segundo tipo.

Tabla N° 5: Costos de inversión de dispositivos electrónicos para el control de la carga

Cantidad	Descripción del dispositivo	Voltaje de operación [V]	Consumo de energía [W]	Costo aprox. [US\$] ^A	Costo de inversión [US\$]
60	Sensky SK037 3-12 M PIR 360 Sensor de movimiento infrarrojo. Interruptor de inducción luz	120	0,45	14,39	863,40
15	Intermatic HB114 Temporizador enchufable para aparatos de servicio pesado.	240	-	16,43	246,45
21	SYLVANIA Modelo: SA 307 Interruptor Digital Industrial Temporizado Bipolar, vía única.	240	0,5	59,99	1.259,79
Total de inversión					2.369,64

Fuente: Elaboración propia del autor (2022).

Nota:

Sigla específica:

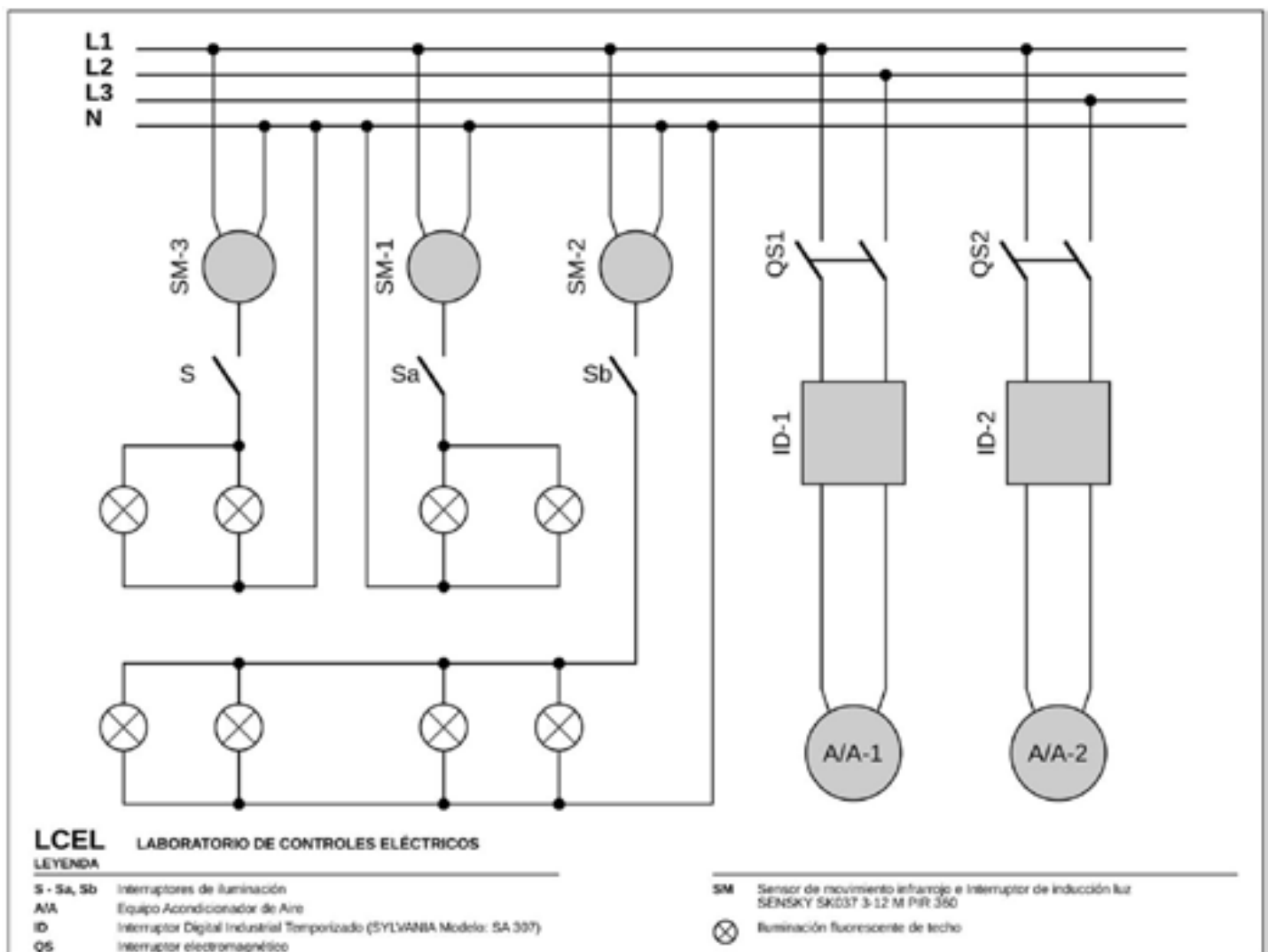
A Costos tomados de la página electrónica www.amazon.com (2020).

Es importante señalar que incorporar los dispositivos descritos en la tabla N° 5, en los recintos indicados, no generarían mayores cambios en las instalaciones eléctricas actuales. Solo bastaría con establecer su ubicación y acoplarlo a los circuitos (de iluminación o de acondicionador de aire) que le corresponda, siendo un conexionado sencillo y rápido de realizar.

en la zona norte de la UPTAG, en donde se muestra la aplicación de la propuesta planteada. En este caso particular, se utilizarían tres (3) sensores de movimiento y dos (2) interruptores digitales, esto por poseer dos (2) áreas vitales: el aula-laboratorio y el depósito del mismo. Para el resto de los recintos el esquemático sería similar.

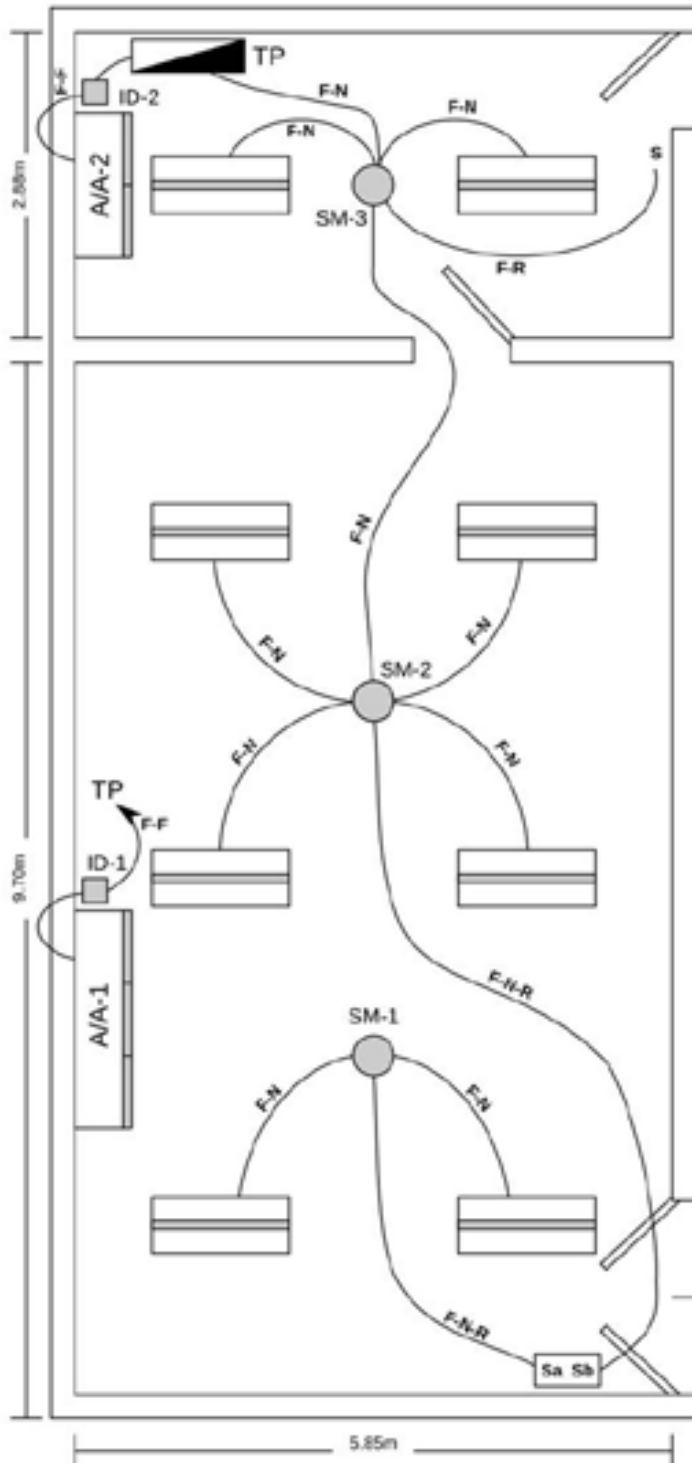
En la figura N° 5 se presenta el circuito unifilar del Laboratorio de Controles Eléctricos (LCEL), presente

Figura N° 5. Circuito unifilar del LCEL, aplicando la propuesta



Fuente: Elaboración propia del autor (2022).

Figura N° 6. Plano de las canalizaciones eléctricas del LCEL, aplicando la propuesta



La aplicación del circuito unifilar para el control de los equipos acondicionadores de aire y de los circuitos de iluminación no implica mayores gastos, debido a que éstos poseen las conexiones adecuadas para alimentar a los dispositivos que se conecten a ellos. Como ya se indicó previamente, no es necesario hacer cambios radicales en las canalizaciones eléctricas para implementar el uso de los dispositivos electrónicos y electromecánicos. En la figura N° 6 a continuación se puede detallar cómo se establecerá la distribución de los sensores en el Laboratorio de Controles Eléctricos y el cuarto de depósito del mismo. Los sensores de movimiento se ubican equidistantes, puesto que tienen un rango de visión de 360° y una distancia de detección entre 3 m a 12 m. Los interruptores digitales se ubican cerca de la consola de los acondicionadores de aire, para mayor comodidad al momento de establecer la programación de funcionamiento del equipo.

**LABORATORIO DE CONTROLES ELÉCTRICOS
LCEL**

LEYENDA

F-N-R	Fase - Neutro - Retorno
S	Interruptor de iluminación sencillo
Sa Sb	Conjunto de dos interruptores de iluminación, en un cajetín común
A/A	Equipo Acondicionador de Aire
●	Sensor de movimiento infrarrojo e Interruptor de inducción luz SENSORY SK037 3-12 M PIR 360
■	Interruptor Digital Industrial Temporizado SYLVANIA Modelo: SA 307
▭ (with lines)	Iluminación fluorescente de techo
▭ (with triangle)	TP: Tablero Principal

Fuente: Elaboración propia del autor (2022).

Para complementar el estudio, se realizó nuevamente la auditoría energética tomando en cuenta el reemplazo de lámparas y la adición de los dispositivos electrónicos, con el fin de conocer el impacto sobre el consumo de energía eléctrica con la implementación de los equipos seleccionado. Con esta nueva evaluación se puede validar o no las pautas establecidas y la selección de los elementos de control a implementar en los circuitos eléctricos de cada recinto.

La aplicación del plan propuesto permitirá reducir el consumo de energía eléctrica de 61.754,40 kWh/mes a 48.525,17 kWh/mes, es decir habrá una disminución del 21,42 % en la zona estudiada. Con respecto

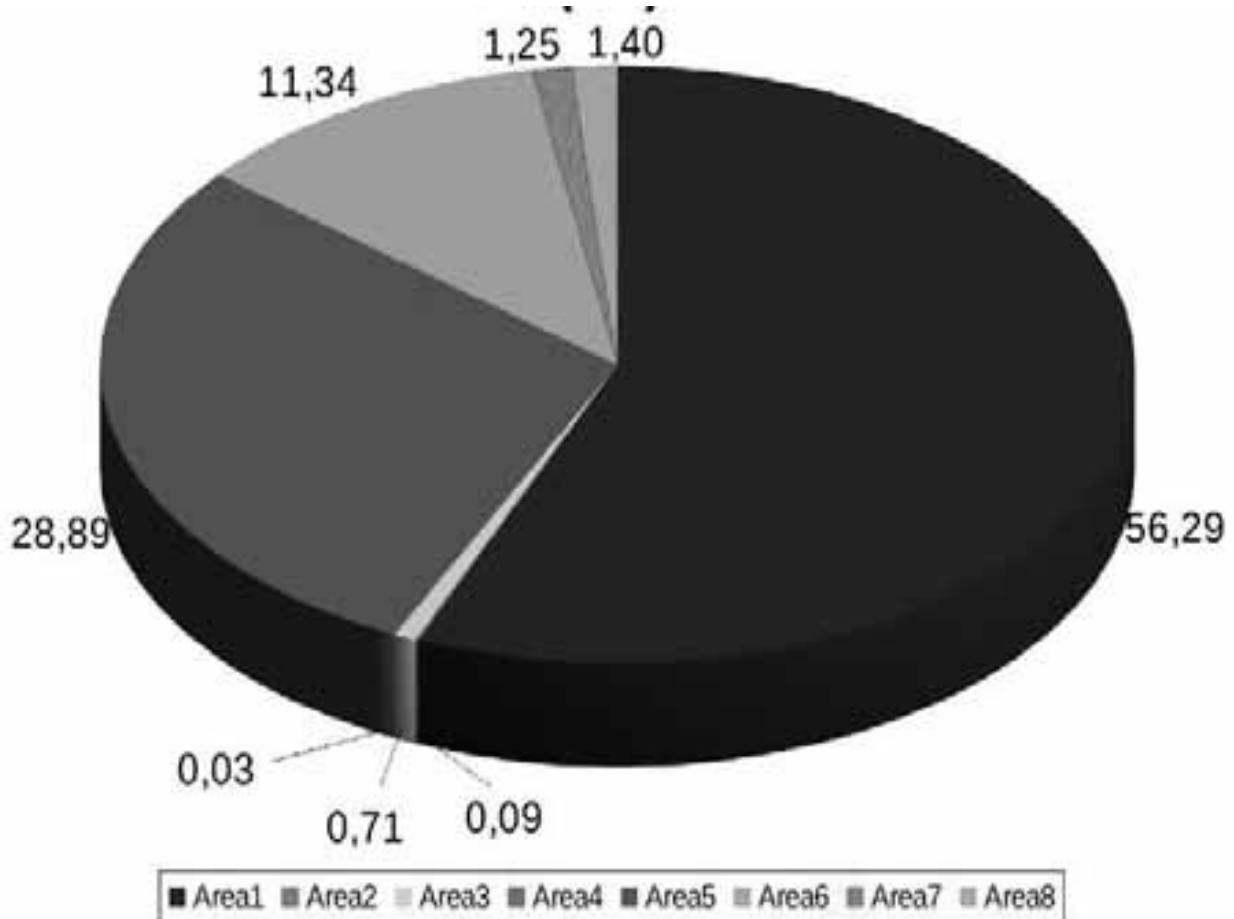
al consumo de energía por áreas los porcentajes tuvieron pocos cambios, manteniéndose como mayores consumidoras las áreas 1, 5 y 6 como se muestra en la figura N° 7 más abajo. Las áreas en referencia con mayor consumo presentan la siguiente relación de reducción en el consumo:

Área 1: 34.839,49 kWh/mes disminuye a 27.313,58 kWh/mes (21,60 %).

Área 5: 15.818,47 kWh/mes disminuye a 14.017,62 kWh/mes (11,38 %).

Área 6: 8.924,68 kWh/mes disminuye a 5.500,92 kWh/mes (38,36 %).

Figura N° 7. Porcentaje de consumo por áreas

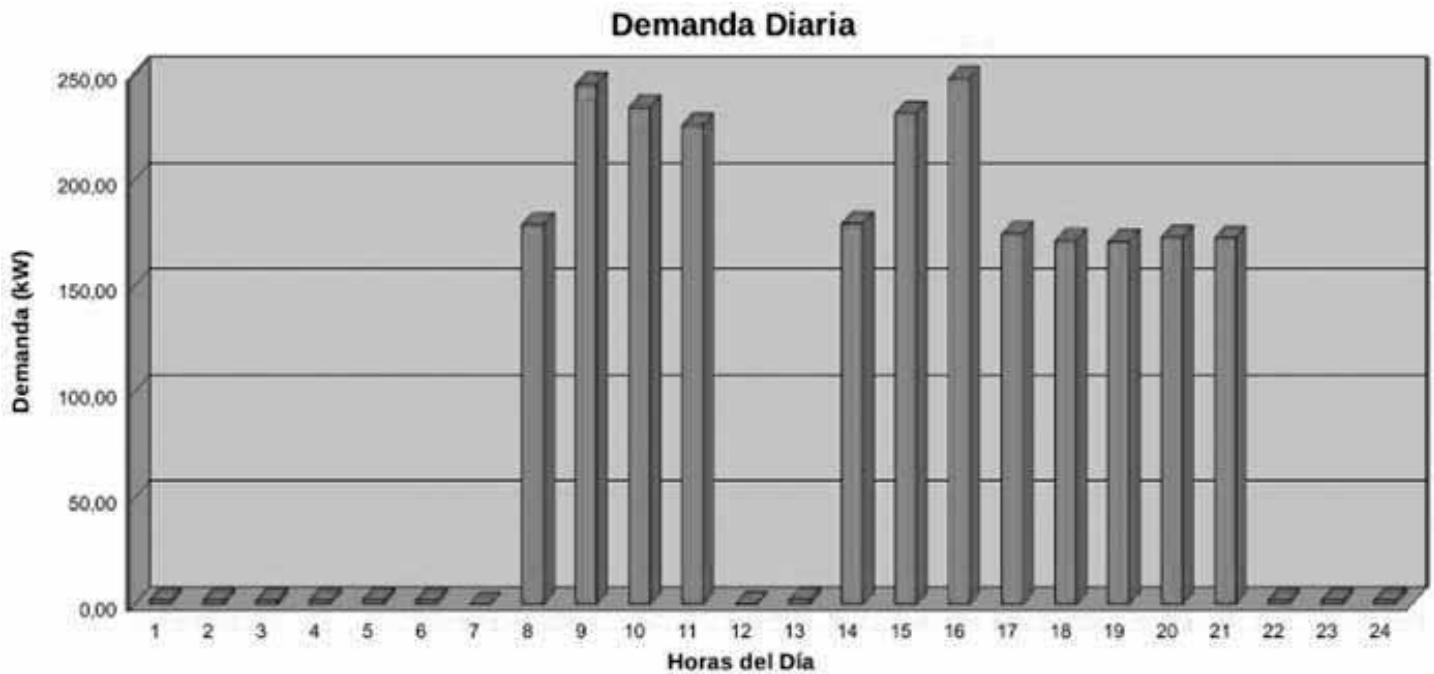


Fuente: Elaboración propia del autor (2022).

Aplicar la propuesta conllevaría a mejorar la demanda diaria de la zona norte de la UPTAG presentando cambios beneficiosos. Primero, con la implementación de los dispositivos automáticos las franjas horarias se replegarán en sus extremos quedando la

primera entre las 08:00 hrs hasta las 11:00 hrs, y la segunda franja, entre las 14:00 hrs hasta las 21:00 hrs tal como puede observarse en la figura N° 8; y segundo, la potencia activa y la aparente disminuirían sus valores a 248,62 kW y 310,78 kVA respectivamente.

Figura N° 8. Demanda máxima: demanda diaria de la zona norte de la UPTAG



Fuente: Elaboración propia del autor (2022).

En la tabla N° 6 a continuación, se presentan los consumos de energía de los equipos según su uso, y aplicando el plan de reducción, se puede notar que algunos renglones mantienen los valores de la auditoría eléctrica inicial, tales como: “refrigeración” y “fuerza”. Ésto es debido a que son cargas con lapso de uso ya definidos y no pueden reducirse más de lo establecido. En lo que concierne a la carga conectada

los cambios se pueden notar en los renglones de “iluminación” y “otros”, en ellos afectan los reemplazos de equipos y la inserción de tecnología para automatizar el sistema. De esa manera, para el primer grupo se reduce la carga en un 41,55 %, mientras que para el segundo, aumenta en un 1,28 % debido a la incorporación de los sensores y temporizadores electrónicos.

Tabla N° 6. Discriminación de equipos según su uso después de la propuesta

Tipo	Consumo diario [kWh/día]	Consumo mensual [kWh/mes]	Carga conectada [kW]	Porcentaje [%]
acondicionamiento	2.117,87	42.357,33	205,07	87,29
ventilación	4,54	70,95	0,55	0,15
iluminación	174,72	3.924,09	16,53	8,09
refrigeración	2,86	57,12	0,36	0,12
fuerza	7,02	140,42	3,51	0,29
resistencia	30,13	602,50	17,05	1,24
oficina	66,31	1.310,60	11,10	2,70
otros	2,66	62,15	3,15	0,13
Total	2.406,10	48.525,17	257,31	100,00

Fuente: Elaboración propia del autor (2022).

A pesar de la disminución considerable, acorde a la reducción del 20 % en el consumo actual, las cargas de acondicionadores de aire e iluminación siguen manteniendo los mayores porcentajes de consumo de energía, eso es, entre un 87,29 % y 8,09 % respectivamente.

Conclusión

Esta investigación permitió tener una visión detallada de la situación de la zona norte de la sede de la UPTAG. El proceso investigativo se enfocó en recolectar datos de la zona en cuestión, establecer el diagnóstico de la situación actual, y por último, una vez incorporada la propuesta de ahorro, evaluar la instalación eléctrica actual mediante una auditoría energética.

En primera instancia la recolección de datos permitió verificar cada recinto de la zona norte, se logró el censo total de la misma, se determinó además que se cuenta con 861 equipos consumidores de energía eléctrica, materializándose ello en 269,02 kW de carga conectada; y donde los mayores consumidores fueron los acondicionadores de aire (76,23 %) y las luminarias (10,51 %).

Para el diagnóstico se tuvieron la influencia de factores atípicos para una institución universitaria. Entre ellos los más resaltantes fueron: la imposición de sanciones económicas internacionales al estado venezolano, y recientemente la aparición de la enfermedad por COVID-19. Durante el recorrido se encontraron equipos con condiciones no aptas para su uso, y otros superaron sus límites de vida útil. Se contabilizaron 10 acondicionadores de aire operativos de 30 equipos revisados y solo 228 lámparas de las 736 posibles.



La evaluación de la instalación eléctrica actual de la zona norte de la UPTAG mediante una auditoría energética arrojó que, de las ocho (8) áreas establecidas para la zona, se debe hacer énfasis sobre las áreas de aulas, laboratorios y oficinas para plantear la reducción de consumo de energía eléctrica.

En esta investigación se planteó una propuesta para un proyecto de ahorro y eficiencia energética, la cual se presentó en tres (3) partes: a) la auditoría energética inicial, b) reemplazo de lámparas y c) optimización y automatización del sistema eléctrico actual.

En lo relacionado al reemplazo de lámparas, se planteó la selección de lámparas adecuadas de tipo LED con el mismo tipo de conexión eléctrica, con el fin de no producir mayores gastos por su implementación como reemplazos de los actuales. La inversión para el cambio de lámparas por otras de mayor eficiencia alcanza un monto de US\$ 3.926,75. Por la otra parte, la automatización conllevó a seleccionar dispositivos capaces de controlar las cargas basadas en presencia de personas, lapsos de tiempos establecidos o influencia a la inducción de luz solar. Y, la inversión para implementar estos dispositivos electrónicos y analógico/mecánicos sería de US\$ 2.369,64. La inversión total de la automatización de dispositivos y lámparas será igual a US\$ 6.296,39. Con esa inversión se garantizará el ahorro y eficiencia energética en la zona norte de la UPTAG.

Para avalar la propuesta planteada y con la implementación de los nuevos dispositivos, se realizó una nueva auditoría energética ingresando los nuevos valores y se estima una reducción de 21,42 % en el consumo de energía eléctrica. Es decir se disminuiría

de 61.754,40 kWh/mes a 48.525,17 kWh/mes. Adicionalmente, la demanda diaria de la zona en estudio mejoraría, presentándose un repliegue en la franja horaria general, y obteniendo una disminución en los valores de la potencia activa y la aparente, llegando a ser 248,62 kW y 310,78 kVA respectivamente.

En general, la implementación de un plan de reducción del consumo eléctrico conllevaría a usar lo justo y necesario sin afectar la productividad y los procesos establecidos. Además, los usuarios del sistema eléctrico deben entender que el aporte de ellos mismos también es significativo, solo deben seguir las pautas de uso adecuadamente, y así serán actores importantes, tal como los dispositivos electrónicos y analógico/mecánicos destinados al sistema eléctrico de cada recinto.

Referencias

Araya, O. (2018). *Auditoría Energética de un hospital*. Universidad Politécnica De Madrid, España. Trabajo fin de Máster. Recuperado el 11 de marzo de 2020 en: <https://bit.ly/3BuNtf4>

Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica*. Sexta edición Venezuela: Editorial Episteme.

González, O.; Pavas, A. y Sánchez, S. (2017). *Cuantificación del ahorro de energía eléctrica en clientes residenciales mediante acciones de gestión de demanda*. UIS Ingenierías, 16 (2), pp. 217-226, julio-diciembre 2017. Recuperado el 22 de marzo de 2020 Doi: <https://bit.ly/3ewn4mX>

Hernández-Sampieri, R.; Fernández, C. y Baptista, L. (2014). *Metodología de la Investigación*. Sexta edición. México, D.F: McGraw Hill.

Ley de Uso Racional y Eficiente de la Energía. (2011). *Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela*, Número 39.823. Venezuela. 19 de Noviembre de 2011. Recuperado el 7 de julio de 2019 en: <https://bit.ly/36JcogN>

López, J.; Álvarez, J., y Bassam, A. (2017). *Eficiencia Energética en Luminarias: Estudio de Caso*. Ingeniería. Revista Académica de la FI-UADY, 21 (3), pp. 1-12. México. Recuperado el 28 de junio de 2019 en: <https://bit.ly/3Bkly1m>. ISSN 1665-529X.

Penissi, O. (2001). *Canalizaciones Eléctricas Residenciales*. Caracas: Editorial Melvin CA. 7ma Edición.