

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v7i13.0160>

OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO MEDIANTE EL DESPLAZAMIENTO DE CARGAS SUB ESTACIÓN SANTA CLARA DE MANTA-ECUADOR

OPTIMIZATION OF ENERGY CONSUMPTION THROUGH LOAD SHIFTING AT THE SANTA CLARA SUBSTATION IN MANTA, ECUADOR

Franco-García Freddy Geovanny¹; Intriago-Cedeño María Gabriela ²;
Rodríguez-Borges Ciaddy Gina ³; Pico-Mera Gabriel Enrique ⁴

¹ Magíster en Electricidad, Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP. Ecuador.
Correo: ffranco9381@utm.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9569-9816>

² Docente de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Universidad Técnica de Manabí.
Portoviejo, Ecuador. Correo: maría.intriago@utm.edu.ec.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7040-046X>

³ Docente de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Universidad Técnica de Manabí.
Portoviejo, Ecuador. Correo: ciaddy.rodriguez@utm.edu.ec.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1097-4194>

⁴ Docente de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Universidad Técnica de Manabí.
Portoviejo, Ecuador. Correo: gabriel.pico@utm.edu.ec.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6373-2805>

Resumen

La eficiencia energética implica optimizar el consumo de energía para alcanzar niveles óptimos de confort y servicio. Esto se logra ajustando el consumo eléctrico según las necesidades reales de los usuarios o implementando mecanismos para ahorrar energía y prevenir pérdidas durante el proceso. El objetivo de este estudio es evaluar el desplazamiento de cargas como una estrategia de eficiencia energética para reducir el consumo durante las horas pico en cuatro circuitos específicos del alimentador 31 de la Subestación Manta 3. El estudio se lleva a cabo mediante un diseño de investigación de campo y documental, con un análisis cuantitativo y cualitativo. Se utilizan técnicas de análisis documental, de contenido y encuestas. La recopilación de datos se realiza a través de fuentes bibliográficas, institucionales y la aplicación de cuestionarios a una muestra de 180 clientes del sector. La información obtenida permite caracterizar el perfil de carga de los usuarios de la zona, seguido de tres simulaciones realizadas en el software PVSOL. Los resultados del estudio son positivos; al desplazar las cargas a otro horario, se logra reducir el consumo de energía en las horas pico, lo que conlleva a aliviar la carga en la red de distribución, reduciendo hasta un 50% y 75% de la demanda total durante las horas pico. En conclusión, se confirma la viabilidad de aplicar esta estrategia propuesta para reducir el consumo de energía eléctrica y aliviar la saturación de las redes de distribución.

Palabras clave: Eficiencia energética, Energía Eléctrica, Consumo eléctrico, Consumo de energía, Desplazamiento de cargas.

Abstract

Energy efficiency involves optimizing energy consumption to achieve optimal levels of comfort and service. This is achieved by adjusting electrical consumption according to the actual needs of users or implementing mechanisms to save energy and prevent losses during the process. The objective of this study is to evaluate load shifting as an energy efficiency strategy to reduce consumption during peak hours in four specific circuits of feeder 31 in the Santa Clara sector,

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 18 de octubre de 2023.

Fecha de aceptación: 19 de diciembre de 2023.

Fecha de publicación: 10 de enero de 2024.



near Substation Manta 3. The study is conducted through a field and documentary research design, with quantitative and qualitative analysis. Techniques such as documentary and content analysis, as well as surveys, are employed. Data collection is carried out through bibliographic and institutional sources, along with the administration of questionnaires to a sample of 180 customers in the Santa Clara sector. The information obtained allows characterizing the load profile of users in the area, followed by three simulations carried out in the PVSOL software. The study results are positive; by shifting loads to another schedule, it is possible to reduce energy consumption during peak hours, leading to alleviating the burden on the distribution network, reducing up to 50% and 75% of the total demand during peak hours. In conclusion, the feasibility of applying this proposed strategy to reduce electricity consumption and alleviate network saturation is confirmed.

Keywords: Energy efficiency, Electricity, Electricity consumption, Energy consumption, Load Shifting.

1. Introducción

El estudio de eficiencia energética en el sector residencial es importante, tanto para los objetivos climáticos como para la mejora de la seguridad, fomento del suministro de energía sostenible, reducción de gastos, y, progreso de la competitividad y bienestar del consumidor.

Para Sánchez & Fuquen (2014), la eficiencia energética es el cociente entre la energía requerida para desarrollar alguna actividad específica, y cantidad primaria usada para su proceso. Se considera parte esencial del futuro energético sustentable; permite la disminución del consumo, gases de efecto invernadero; y, genera oportunidades de inversión.

En la actualidad, el uso eficiente y racional de la energía ha pasado a ser algo importante dentro de la planificación energética de los países, así como de diversos sectores y tipos de usuarios que la tienen como insumo en su proceso productivo y uso cotidiano.

A nivel global, el sector de la construcción se destaca como uno de los principales consumidores de energía, absorbiendo aproximadamente el 40% de la energía primaria y siendo responsable del 40% de las emisiones de CO₂. Le sigue de cerca el sector residencial, contribuyendo con el 25% del consumo final. Aunque este porcentaje se ha mantenido constante en los últimos 35 años, en la actualidad se observa una notable

disparidad entre los países. Factores como las condiciones climáticas, la accesibilidad a los recursos, la infraestructura energética y la estructura económica influyen significativamente en estas variaciones (OECD/IEA, 2014).

El papel del sector residencial resulta fundamental en el panorama energético, ya que es poco probable que una sociedad renuncie a la comodidad que la industria eléctrica, ha brindado a través de la tecnología, la cual facilita el uso de artefactos eléctricos, que ha simplificado las tareas domésticas, contribuyendo así a hacer la vida más placentera (Reyes, 2020). Estos dispositivos no solo cumplen una función práctica en las labores cotidianas, sino que también se han convertido en herramientas indispensables para el trabajo, el entretenimiento y la diversión (Reyes, 2020).

Según Martínez (2014), el sector residencial, es un sector que puede disminuir su consumo energético, ya que presenta un gran avance en el desarrollo de estrategias de eficiencia energética desde finales del siglo XIX. Aunque fue en el siglo

XX cuando empezó a insertarse en la mentalidad colectiva, el establecimiento de normativas y regulaciones.

En Ecuador el sector residencial desempeña un papel fundamental en el actual panorama energético, destacándose por la significativa demanda energética que representa. En términos de consumo total y eléctrico, esta contribución se eleva respectivamente al 17% y al 25%. De acuerdo con información del Ministerio de Energía y Minas (MEER) en 2020, en Ecuador, se ha venido avanzando en materia de eficiencia energética a través de diversos programas y proyectos respaldados por el Gobierno. Estos enfoques abarcan desde la sustitución tecnológica hasta la gestión y la transformación de los hábitos culturales de la población, marcando un compromiso palpable con la optimización de los recursos energéticos en el ámbito residencial (MEER, 2020).

Tomando en consideración los argumentos planteados y la realidad del país, el presente estudio se centrará en llevar a cabo una investigación que contribuya al

ámbito de la eficiencia energética. Siguiendo las pautas mencionadas por Martínez (2018), que destacan que el desafío reside en la búsqueda de un desarrollo sostenible que permita mantener los niveles de actividad, transformación y progreso, sin poner en riesgo el equilibrio, ajustando estas necesidades a los recursos disponibles (Campozano-Mendoza & Rodríguez-Borges, 2022), evitando así consumos energéticos que carezcan de necesidad imperativa.

Este estudio se llevará a cabo en la ciudad de Manta, que ostenta el título de ser el primer puerto turístico, marítimo y pesquero de Ecuador, además de ser el núcleo del área metropolitana de Manabí Centro. Dada su relevancia como uno de los principales puertos para la economía del país (Villamarín-Tapia et al., 2023), Manta experimenta un rápido crecimiento demográfico y socioeconómico. Esta dinámica ha generado la necesidad imperante de una planificación constante en el sector energético, orientada a asegurar el suministro de energía a corto, mediano y largo plazo (Gad Manta, 2020).

Este requerimiento de planificación estratégica se encuentra respaldado por las reflexiones de Martínez (2014), quien subraya que el crecimiento socioeconómico, los avances tecnológicos e industriales, así como la evolución de los estilos de vida, demandan una planificación constante en el sector energético. Esta planificación es esencial para garantizar un suministro energético sostenible y adecuado a las necesidades cambiantes de la ciudad en diferentes horizontes temporales (Andrade-Cedeño et. al., 2023).

Basándose en lo expuesto, el propósito de esta investigación es evaluar los impactos derivados de la implementación de estrategias de eficiencia energética en la Subestación Manta 3, alimentador 31, específicamente en el Sector Santa Clara. Es importante mencionar que este sector ha sido seleccionado como objeto de estudio debido a que ha experimentado diversos reclamos técnicos, especialmente durante las horas pico, catalogados por la empresa distribuidora como "sin luz en el sector".

Con esta investigación se espera, que, a través del análisis bibliográfico y el diagnóstico situacional de los consumos de energía en los hogares del sector, se pueda comprender el comportamiento de los perfiles de carga de los clientes (Andrade-Cedeno, et. al., 2022), centrándose especialmente en aquellos con consumos más elevados. Al final del estudio, se busca analizar el potencial de ahorro energético que se podría alcanzar mediante la aplicación de diversas estrategias de eficiencia energética.

2. Materiales y métodos

Esta investigación se desarrolló teniendo en cuenta que el consumo de energía depende de factores sociales, eficiencia de sistemas y tecnologías utilizadas, tamaño familiar, comportamiento de ocupantes y características propias de cada vivienda. Y, con el afán de cumplir con cada uno de los propósitos propuestos para alcanzar el objetivo general, se utilizaron los métodos: bibliográfico, cualitativo y cuantitativo.

El método bibliográfico, permitió la localización, procesamiento y reconstrucción de información relevante para investigar lo relacionado a la eficiencia energética de acuerdo a su fuente, al proceso de análisis implicado y al resultado esperado (Pérez-Rodríguez et al, 2021), a fin de garantizar la obtención de la información más relevante en el campo de estudio, de un universo de documentos que puede ser muy extenso. Al respecto Arteaga (2020), expresa que ésta es cualquier investigación que requiera la recopilación de información a partir de materiales publicados.

En cuanto al método cualitativo, se empleó para recopilar información sobre el comportamiento de los usuarios en relación con su cultura energética a través de la técnica de la observación, la cual resultó fundamental para llevar a cabo un diagnóstico situacional en el sector. Los autores Stryss & Corbin (2016), señalan que este enfoque cualitativo busca obtener una comprensión completa de un tema específico para luego interpretarlo, centrándose en los aspectos culturales e ideológicos del resultado, en detrimento de las

medidas numéricas o proporcionales.

Finalmente, se implementó el método cuantitativo, respaldado por la definición proporcionada por el autor Babativa (2017), quien sostiene que la investigación cuantitativa implica la recopilación y el análisis de cantidades de datos generados a través de instrumentos aplicados, uno de ellos puede ser la encuesta con preguntas cerradas e ítems estandarizados que se cuantifican para medir variables específicas.

Dentro de este contexto, se contempló la opción de aplicar una encuesta a los usuarios, teniendo en cuenta la totalidad de la población del sector. Posteriormente, se evaluó la viabilidad de extender el

instrumento a todos los usuarios o de optar por una muestra más selectiva. El objetivo era obtener información veraz y valiosa con la utilización de menos recursos y en un lapso de tiempo más eficiente.

Al constatar que la población asciende a un total de 1493 usuarios vinculados al sector, se tomó la decisión de reducir progresivamente el número de abonados, considerando el siguiente criterio: el suministro eléctrico para este sector proviene de la subestación Manta 3, la cual cuenta con dos transformadores de 20 MVA a 69 Kv/13,8 KV (CNEL EP UN MANTA, 2019). La distribución de la energía se lleva a cabo mediante cinco alimentadores, tal como se detalla minuciosamente en la tabla 1.

Tabla 1. Distribución de los alimentadores de la Subestación Manta

Alimentador	Sector
31	San Pedro
32	IEES Manta
33	Interbarrial
34	Villas del seguro
35	Aurora

Nota: Distribución de los alimentadores de la Sub estación Manta.

El alimentador 31 tiene 291 circuitos, de estos 291, 32 circuitos pertenecen al Sector Santa Clara, que es el objeto de estudio. Por las

restricciones temporales y limitaciones de recursos, se optó por no considerar la totalidad de los 32

circuitos, sino solo 4 de ellos, abarcando en total a 180 clientes.

Conforme los resultados obtenidos aplicando la formula (1), estos 180 clientes están dentro del tamaño minino requerido que es de 173 usuarios:

$$n = \frac{(N * Z^2 * p * q)}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} \quad (1)$$

Siendo:

n = Tamaño de la muestra buscado

N = 1.493 = Tamaño de la Población o Universo

Z = 1,96 = Parámetro estadístico del nivel de confianza (corresponde al 95%)

e = 7% = Error de estimación máximo aceptado

p = 50% = Probabilidad que ocurra el evento

q = 50 % = Probabilidad que no ocurra el evento (1 - p)

$$n = \frac{(1.493 * 1,96^2 * 0,5 * 0,5)}{0,07^2 * (1.493 - 1) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5} \\ = 173,35$$

Es fundamental destacar que la encuesta utilizada fue extraída de una investigación previa llevada a

cabo por Baquero & Quesada (2016). En dicha investigación, se identificó la imperante necesidad de explorar el consumo energético en los hogares, optándose por este instrumento debido a su lenguaje accesible para la comunidad y la meticulosidad aplicada en su elaboración.

Además de la encuesta, se recurrió a otra técnica para la recopilación de información: el análisis de contenido. Este método implicó examinar registros proporcionados por la empresa distribuidora CNEL EP y las mediciones realizadas en las viviendas seleccionadas como muestra en este estudio, considerando lo siguiente: de los circuitos en referencia se agruparon por rangos de consumos, esto con la finalidad de obtener una muestra aún menor y poder contrastar la información obtenida de la encuesta aplicada. A continuación, en la tabla 2 se presenta el número de clientes por circuitos divididos por rangos de consumo:

Tabla 2. Número de clientes por circuitos divididos por rangos de consumo

Rango de consumo	Circuito 1	Circuito 2	Circuito 3	Circuito 4
0 a 150 kWh	12	17	22	21
151 a 300 kWh	19	15	11	13
301 a 500 kWh	18	9	8	1
501 a 700 kWh	3	2	2	1
Mayor a 701 kWh	2	1	2	1
Total	54	44	45	37

Nota: La tabla muestra el número de clientes por circuitos divididos por rangos de consumos. Fuente: CNEL EP.

De la tabla 2, se consideran como consumos bajos hasta 150 kWh, de 151 a 500 kWh como consumo medio y superior a los 501 kWh como consumos altos. Considerando que los clientes que consumen hasta 150 kWh mediante el uso racional de la energía podrían beneficiarse de la tarifa de la dignidad, para el caso de los consumos medios se consideró desde los 151 kWh hasta los 500 kWh puesto que los costos o valores entre los rangos intermedios no tienen mayor diferencia, para el caso de los consumos superiores a los 501 kWh, se los consideró como altos consumidores de energía, puesto que las diferencias son más significativas.

Una vez identificado el número de clientes por rango de consumo, se escogieron los 14 clientes del rango mayor a los 501 kWh para la instalación de los medidores en sus viviendas. En dichas viviendas, se instalaron medidores de energía eléctrica conforme a lo establecido en la regulación ARCONEL 001/20, específicamente en el numeral 15.4 sobre Sistemas de medición en controversia, literal b. Según esta regulación, la distribuidora debía instalar un sistema de medición temporal calibrado para comparar los valores medidos con el medidor en controversia, durante un período no inferior a ocho (8) días calendario (Regulación Nro. ARCONEL 001/20 s. f.). Con estas mediciones se

determinó cuál era el perfil de carga real de los clientes del sector.

3. Resultados y discusión

Con base a los resultados obtenidos de la encuesta, se pudo constatar que el 94% posee vivienda de hormigón armado; 43% tiene entre 11-15 años de antigüedad; 90% tiene entre 1-5 personas; 43% tiene instalada la electricidad entre 11-15 años; 76% nunca desconectan los electrodomésticos cuando están en desuso; el 74% tiene una refrigeradora que tiene de 1-5 años de antigüedad; el 88% que es importante tener los electrodomésticos que tengan característica de ahorro energético al momento de adquirirlos; el 56% que no es importante; el 77% que su vivienda es inconfortable (calurosa y fría); el 56% utiliza ventiladores para climatizar las viviendas; el 98% utiliza focos LEDs para iluminar las viviendas; el 74% utiliza focos en promedio de 3-4 horas diarias.

El 79% de los miembros de la viviendas apagan las luces al salir de cualquier habitación; el 82% de los miembros de familia abren cortinas y ventanas para aprovechar la luz

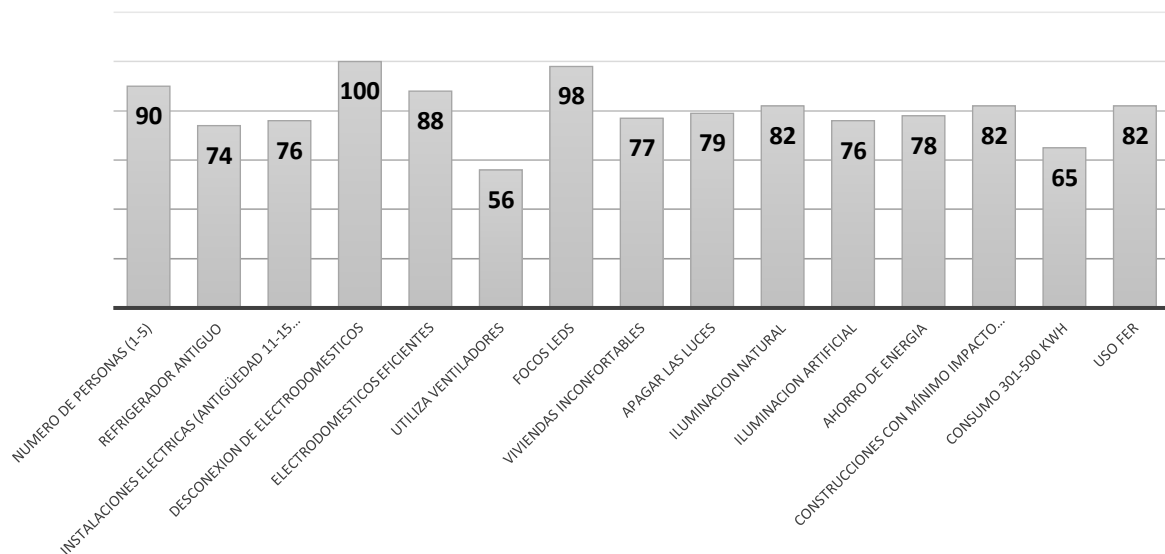
natural; el 76% de los ambientes de las viviendas necesitan encender la iluminación artificial en la mañana; el 78% menciona que es muy importante el ahorro de energía y agua en una vivienda; el 82% está dispuesto a invertir en construcciones que causen mínimo impacto ambiental; el 65% consume entre 301-500 kWh; y, al 82% le interesaría el uso de energías alternativas en su vivienda. Entre 50 y 100% de los hogares posee aire acondicionado, aspiradora, batidora, bomba de agua de ½ HP, cargador celular carga rápida, computadora, DVD, equipo de sonido, focos LEDs, impresora, lavadora, licuadora, microondas, olla arrocera, plancha eléctrica, radiograbadora, refrigeradora 2 puertas, router/ADSL/Wifi, secadora de cabello, teléfono inalámbrico, TV 32" o +, TV 50" o +, y, Waflera. Aparatos como cocina de inducción, focos ahorradores y ventilador poseen en menor porcentaje.

Y, entre el 50 y 100% no tienen aspiradoras, cocinas de inducción, focos ahorradores y ventilador; y, con menores porcentajes se tienen aires acondicionados, batidora, bomba de agua de ½ HP, cargador

celular carga rápida, computadora, DVD, equipo de sonido, focos LEDs, impresora, lavadora, licuadora, microondas, olla arrocera, plancha eléctrica, radiograbadora, refrigeradora 2 puertas, router/ADSL/Wifi, secadora de cabello, teléfono inalámbrico, TV 32" o +, TV 50" o +, y, waflera.

Finalmente, respecto a la cultura energética, el 82% utilizan la iluminación artificial en sus hogares; el 86% desconecta totalmente los electrodomésticos cuando no están en uso; y, el 79% considera que es importante el ahorro de energía en el hogar.

Figura 1. Resultados en términos de utilización de energía en el Sector Santa Clara de Manta en términos de porcentaje



La Figura 1 refleja, a partir de los resultados de la encuesta, que, en términos generales, los abonados del sector exhiben una sólida conciencia en materia de eficiencia energética. Más del 50 % de los usuarios de la zona presentan un consumo elevado de energía, posiblemente atribuible a la antigüedad de las instalaciones eléctricas, el número de personas y

al nivel de confort insatisfactorio en sus hogares.

Lo que respecta al análisis de los registros proporcionados por la empresa distribuidora CNEL EP, resultaron fundamentales para analizar minuciosamente el consumo de energía de los clientes que participaron en la encuesta. Se revisó la demanda declarada en el censo de carga, donde se pudo

evidenciar las siguientes proyecciones de consumos mensuales de las viviendas: Equipos de aire acondicionado, bomba de agua, refrigeradora, televisores, lavadora, ducha eléctrica e iluminación.

Si se compara esta información con los datos de la tabla 3, donde se presenta el consumo de una vivienda del sector obtenido de la encuesta aplicada, se evidencia que varios de los electrodomésticos coinciden con los citados anteriormente por ejemplo el aire acondicionado que representa el 54,90% del consumo total de energía, la refrigeradora un 7,80 %, la ducha eléctrica un 7.02 %, la bomba de agua que representa un 4,65 %, la lavadora 3.51 %, televisores 2.71 % , y la iluminación

(Focos ahorradores y LEDS) un 1.56 %. Sin embargo, también se identificó otro electrodoméstico que no es tan habitual en las viviendas pero que representa un significativo consumo, como lo es la cocina de inducción con un 7.48 %.

Los demás electrodomésticos como Computadora, DVD, Equipo de sonido, Horno eléctrico, Impresoras, Lámparas Fluorescentes 20 y 40 W, Microondas, Olla arrocera, Plancha eléctrica, Radiograbadora, Refrigeradora 1 y 2 puertas, Router ADSL/Wifi, Secadoras de cabello, Secadora de ropa, Teléfono inalámbrico (base), TVs de 32"-50", Ventilador, y, Waflera representan menores porcentajes de consumo eléctrico.

Tabla 3. Electrodomésticos en viviendas

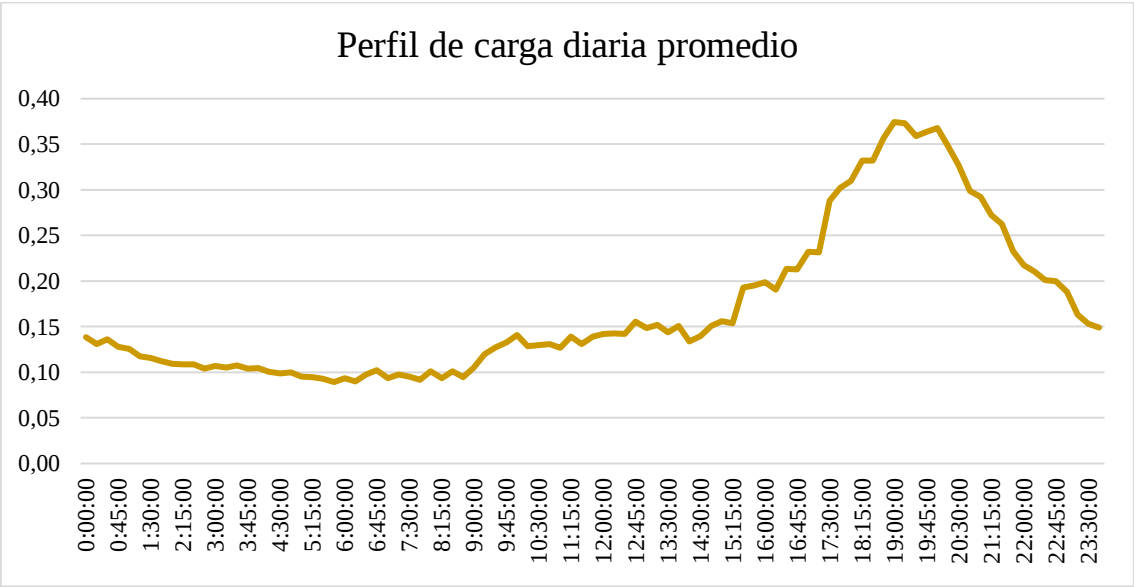
Electrodomésticos en vivienda	(X)		(-)	
	F	%	F	%
Aire acondicionado	151	83,9	29	16,1
Aspiradora	106	58,9	74	41,1
Batidora	155	86,1	25	13,9
Bomba de agua de ½ HP	172	95,6	8	4,4
Cargador celular carga rápida	180	100,0	0	0,0
Cocina inducción	24	13,3	156	86,7
Computadora	171	95,0	9	5,0
DVD	162	90,0	18	10,0
Equipo de sonido	177	98,3	3	1,7
Focos ahorradores	5	2,8	175	97,2
Focos LEDs	176	97,8	4	2,2
Impresora	166	92,2	14	7,8
Lavadora	165	91,7	15	8,3

Licuada	179	99,4	1	0,6
Microondas	142	78,9	38	21,1
Olla arrocera	173	96,1	7	3,9
Plancha eléctrica	180	100,0	0	0,0
Radiograbadora	180	100,0	0	0,0
Refrigeradora 2 puertas	180	100,0	0	0,0
Router/ADSL/Wifi	166	92,2	14	7,8
Secadora de cabello	152	84,4	28	15,6
Teléfono inalámbrico	154	85,6	26	14,4
TV 32" o +	141	78,3	39	21,7
TV 50" o +	173	96,1	7	3,9
Ventilador	22	12,2	158	87,8
Waflera	169	93,9	11	6,1

Finalmente, se exponen los resultados derivados de las mediciones realizadas en las 14 viviendas, donde se implementaron medidores de precisión 0,2 con perfiles de carga y calidad de energía. El propósito fue identificar los momentos de mayor consumo por parte de los clientes de los circuitos seleccionados. Es esencial

señalar que a partir de los perfiles de carga diarios obtenidos, se llevó a cabo el cálculo y la representación gráfica del perfil de carga promedio diario. La figura 2 ilustra este promedio, el cual exhibe un comportamiento típico del consumo de energía en el sector residencial y se mantiene constante a lo largo de la semana.

Figura 2. Perfil de carga diaria promedio obtenido mediante la instalación de equipos de medición

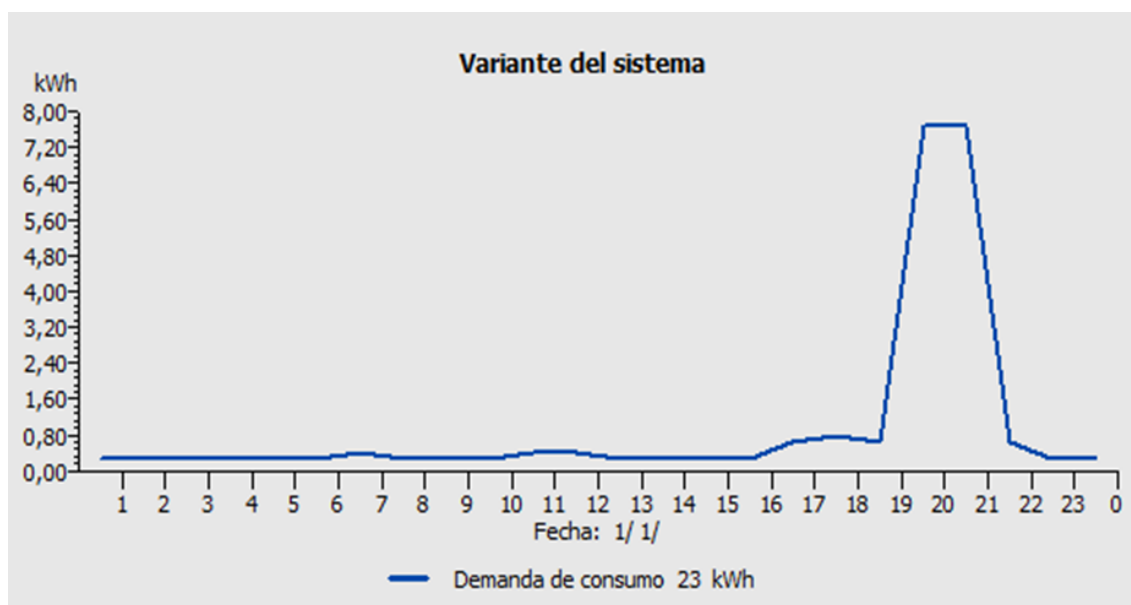


Es claro que el pico de demanda de energía eléctrica en el sector se ubica entre las 19:00 y las 21:00 horas. En contraste, el consumo mínimo se mantiene constantemente por debajo de 1 kW durante las 24 horas del día. Con estos resultados, se llevaron a cabo tres simulaciones en el programa PVSOL para determinar la eficacia del desplazamiento de cargas en las residencias de los clientes como estrategia.

La primera simulación se basó en el perfil diario de carga obtenido, calculando y representando

gráficamente el perfil de carga promedio tanto diario como semanal. Este análisis reveló que un cliente con estas características tiene un consumo diario aproximado de 23 kWh, lo que se traduce en un consumo mensual de 690 kWh. Al ser clasificado como cliente de alto consumo y compartir simultaneidad de consumo de energía con otro durante el horario crítico, esto genera saturación en la red de distribución, afectando negativamente tanto con cortes de servicio como con una calidad deficiente en la energía suministrada a otros clientes.

Figura 3. Perfil de carga eléctrica promedio.



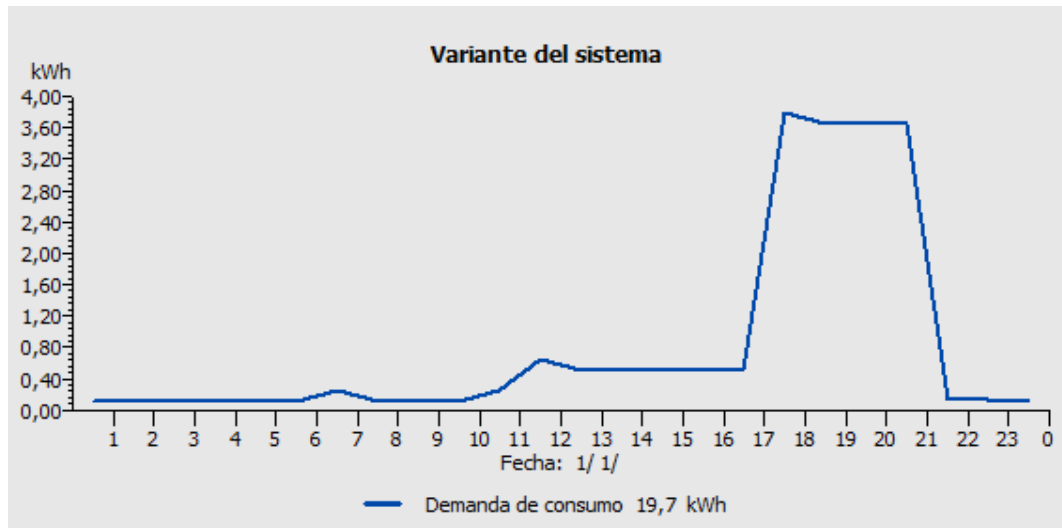
Con el propósito de prevenir la saturación en la red de distribución, como se evidenció en el caso

anterior, se llevó a cabo la segunda simulación. En esta ocasión, se generó un nuevo perfil de carga

mediante el desplazamiento de los consumos de ciertos electrodomésticos hacia diferentes horarios. En la figura 4 se presenta el perfil de carga propuesto,

destacando que el pico de consumo máximo de energía eléctrica se trasladaría al intervalo de 17:00 a 21:00, alcanzando casi los 4 kW en esta ocasión.

Figura 4. Perfil de carga eléctrica moviendo las cargas instaladas en otro horario



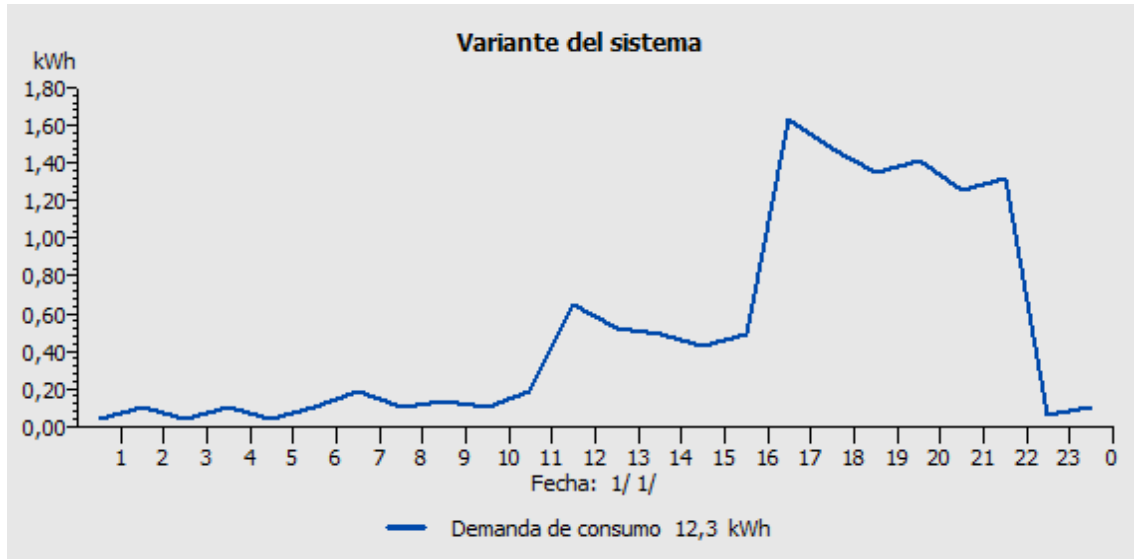
Con la implementación de esta simulación, un cliente con las condiciones mencionadas lograría mantener un consumo diario aproximado de 19.7 kWh, lo que se traduce en un consumo mensual de 591 kWh. A pesar de ser catalogado como un cliente de alto consumo, el desplazamiento de las cargas a otros horarios tiene el beneficio de aliviar la carga en la red de distribución. Esto se traduce en una reducción del 50% en la demanda durante la hora pico en comparación con el escenario inicial. Esta estrategia contribuye a prevenir cortes de servicio por problemas técnicos al

reducir la simultaneidad en el uso de energía con otros clientes durante ese horario crítico. Además, posibilita la expansión de la base de clientes en el sector sin necesidad de aumentar la capacidad de distribución

En última instancia, se llevó a cabo la tercera simulación, partiendo del perfil de carga propuesto. En esta fase, se contempló tanto el traslado de las cargas a diferentes horarios para prevenir la saturación en la red de distribución, como la sustitución de electrodomésticos por modelos más eficientes. Los resultados

obtenidos se presentan en detalle en la figura 5 a continuación.

Figura 5. Perfil de carga eléctrica propuesto reemplazando por cargas más eficientes.



Bajo esta nueva configuración, se evidenció que el pico de consumo máximo de energía eléctrica se ubicaría alrededor de las 16:30, alcanzando casi los 2 kW. De manera similar, se observó que el consumo mínimo durante las horas restantes del día se mantiene por debajo de 1 kW. Un cliente con estas nuevas condiciones registraría un consumo diario aproximado de 12.1 kWh, lo que implicaría un consumo mensual de 369 kWh. En consecuencia, este cliente pasaría a ser clasificado como un consumidor de nivel medio, con un costo por energía considerablemente menor.

Este cambio contribuye significativamente a aligerar la carga en la red de distribución, ya que reduce la demanda durante la hora pico en un 75% en comparación con el escenario inicial. Además, esta estrategia previene posibles interrupciones del servicio debido a fallas técnicas al disminuir la simultaneidad en el uso de energía con otros clientes durante el horario crítico. Asimismo, posibilita el aumento de clientes en el sector sin necesidad de incrementar la capacidad de distribución.

Discusión

Al examinar estos escenarios, el primero, que presentó el perfil de

carga promedio inicial que genera saturación en la red de distribución, el segundo que implicó el desplazamiento de cargas de la hora pico a un horario diferente, demostró que la demanda en la hora pico puede reducirse hasta en un 50% sin requerir ninguna inversión económica para obtener resultados significativos. En el tercer escenario, que se basó en los datos obtenidos del escenario dos, enfocándose en el desplazamiento de carga, pero sustituyendo los electrodomésticos por modelos más eficientes, se logró

una reducción de hasta el 75% en el consumo durante la hora pico en comparación con el perfil inicial.

Ambos casos permiten aligerar la carga en la red de distribución, facilitando el aumento de clientes con la misma potencia instalada, sin que la empresa distribuidora tenga que realizar inversiones adicionales para mejorar la calidad del servicio o ampliar su base de clientes. Los resultados detallados se presentan en la Tabla 4 a continuación

Tabla 4. Perfiles de carga simulados con la potencia instalada actual y potencia de reemplazo sugerida.

Simulación	Demanda mínima (kW)	Demanda máxima (kW)	Consumo día (kWh)	Consumo mes (kWh)	Valor (\$) mensual
Perfil de carga promedio inicial	0,35	7,8	23	690	69,65
Perfil de carga desplazando cargas a otro horario	0,35	3,8	19,7	591	59,26
Perfil de carga desplazando cargas a otro horario y reemplazando por cargas más eficiente	0,15	1,7	12,1	369	41,2

Nota: La tabla contiene los perfiles de carga simulados, con la potencia actual instalada y el desplazamiento de cargas a otro horario y la propuesta de reemplazo por otros de similares características, pero de alta eficiencia. Fuente: Perfil de carga y ARCERNR Pliego tarifario 2021.

Los datos presentados en la tabla 9 representan que, en el caso donde se alcanzó una demanda máxima de 7,8 kW donde se estimaría un

consumo mensual de 690 kWh, económicamente de acuerdo al pliego tarifario serían \$ 69,65. Luego donde la demanda en la hora pico,

se puede reducir hasta 3,8 kW, liberando 4 kW en horas pico a la red de distribución, la proyección mensual sería de 591 kWh, conforme al pliego tarifario se cancelarían \$ 59,26; y finalmente donde se obtuvo como resultado una demanda máxima de 1,7 kW, dejando una disponibilidad de la red de distribución en la hora pico de 6,1 kW, alcanzando un consumo mensual máximo de 369 kWh, conforme al pliego tarifario se tendría un valor de \$ 41,20; esto representaría un ahorro de \$ 28,45.

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos de esta investigación indican claramente que las acciones orientadas a lograr la eficiencia energética tienen un impacto significativo en la demanda de energía, ya que modifican el diagrama o perfil de carga. Esto beneficia tanto a la empresa distribuidora como a los consumidores, resultando en la reducción de la necesidad de actualizar las redes de distribución, lo que a su vez aumenta la seguridad en el suministro, minimiza los impactos ambientales y disminuye

los riesgos asociados a inversiones potencialmente no rentables. Además, estas acciones permiten una programación óptima de la producción existente, lo que conlleva a la reducción de costos marginales.

Las simulaciones realizadas respaldan la conclusión de que es posible lograr una reducción del consumo de energía de hasta un 75%, siempre y cuando se consiga desplazar los consumos del sector residencial a horas que no generen picos en los circuitos. Este impacto positivo evita la saturación en las redes de distribución, contribuyendo así a incrementar la disponibilidad de potencia en transformadores y líneas de transmisión.

Bibliografía

Andrade-Cedeno, R. J., Pérez-Rodríguez, J. A., Amaya-Jaramillo, C. D., Rodríguez-Borges, C. G., Vera-Cedeno, E. R., Quiroz-Fernández, L. S., & Llosas-Albuérne, Y. E (2022). Comparative study by numerical simulation of two methods for automatic flow control in centrifugal pumps. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*, 13(3), 1365. <https://ijpeds.iaescore.com/in>

dex.php/IJPEDS/article/view/21957

Andrade-Cedeno, R. J., Pinargote-Bravo, V. J., Amaya-Jaramillo, C. D., Palacios-López, L. A., Llor-Vera, A. T., Pérez-Rodríguez, J. A., & Rodríguez-Borges, C. G. (2023). A sustainable and efficient alternative for water pumping in electrically isolated rural areas of Ecuador. *Energy Reports*, 10, 719-733.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484723011034?ssrnid=4415066&dgcid=SSRN_redirect_SD

Arteaga, G. (2020). Métodos de Investigación:
<https://www.testsiteforme.com/investigacion-bibliografica/>

Babativa, C. A. (2017). Investigación cuantitativa (1ª. ed.). Fundación Universitaria del Área Andina.
<https://core.ac.uk/download/pdf/326424046.pdf>

Baquero, M., & Quesada, F. (2016). Eficiencia energética en el sector residencial de la Ciudad de Cuenca, Ecuador. Cuenca.
<https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/1065/934>.

Campozaño-Mendoza, S., & Rodríguez-Borges, C. G. (2022). Evaluación del proyecto de generación

fotovoltaica en el sector industrial textil ecuatoriano mediante la incorporación de empresas de servicios energéticos. *Polo del Conocimiento*, 7(5).
<https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/4010>

CNELEPUNMANTA. (2019). Consumo de energía eléctrica. Obtenido de <https://www.cnelep.gob.ec/sucursales-un-manabi/>

Gad Manta. (2020). Plan de Desarrollo y organización territorial de Manta. www.gadmanta@gov.ec

Gil, J. A. (2016). Técnicas e instrumentos para la recogida de información (1ª. ed.). UNED.

IDAE. (2011). Proyecto SECH-SPAHOUSEC: Análisis del consumo energético. Informe final, Gobierno de España, Ministerio de Industria, Energía y Turismo.
http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_Informe_SPAHOUSEC_ACC_f68291a3.pdf

Martínez, F. E. (2018). Eficiencia energética de los edificios. Sistema de gestión energética ISO 50001. España.

Martínez, J. R. (2014). Researchgate.net.

- https://www.researchgate.net/publication/273438965_Analisis_del_consumo_energetico_en_proceso
- MEER. (2020). Ecuador promueve la Eficiencia Energética a nivel nacional. Boletín informativo, Ministerio de Energía y Minas del Ecuador. www.energia.gob.ec/direccion-de-eficiencia-energetica/
- Núñez, R. (2016). Técnicas de recolección de información en Investigación Cualitativa: <https://www.gestiopolis.com/tecnicas-recoleccion-informacion-investigacion-cualitativa/>
- OECD/IEA. (2014). Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics, 387. Obtenido de <http://www.iea.org/termsandconditionsuseandcopyright/>
- Pérez-Rodríguez, J. A., Briceño, L. R. D., Albuérne, Y. L., Borges, C. G. R., & Álava, L. A. C. (2021). Aspectos Prácticos del Control PID en Procesos Industriales. Dominio de las Ciencias, 7(3), 98-120. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8229745>
- Reyes A. (2018). Eficiencia energética de los edificios. Sistema de gestión energética ISO 50001.
- Reyes, A. (2020). La importancia de la energía eléctrica en la actualidad. Cite/Energía 1(1). http://www.citeenergia.com.pe/wp-content/uploads/2020/12/Ing.-Ambar-Reyes-Zacarias_compressed.pdf
- Sánchez, C., & Fuquen, H. (2014). 1(3). https://www.researchgate.net/publication/333089139_EFICIENCIA_ENERGETICA
- Stryss, A., & Corbin, J. (2016). Bases de la investigación cualitativa: Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada. (2ª. ed.). Universidad de Antioquia.
- Villamarín-Tapia, E. R., Pérez-Rodríguez, J. A., & Rodríguez-Borges, C. G. (2023). Solar panels as an energy saving alternative in the Monteverde maritime dock, Santa Elena, Ecuador. Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies, 4(1), e23012-e23012. <https://www.journals.sapienzaeditorial.com/index.php/SIJIS/article/view/623>
- Tafur, R., & Izaguirre, M. (2022). Cómo hacer un proyecto de investigación. Colombia: Alpha.