



**Viabilidad económica y disminución de gases de efecto invernadero GEI de las
medidas de eficiencia energética propuestas en el PAI PROURE 2022-2030 en el
sector residencial en Colombia**

YORGOS JOFFREY RAMÍREZ PÉREZ

GERMÁN RODRIGO VARGAS CASTRO

WILSON ALBEIRO BARÓN BENAVIDES

Universidad EAN

Facultad de Ingeniería

Maestría en Gerencia de Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos

Bogotá D.C., Colombia

20/05/2024

**Viabilidad económica y disminución de gases de efecto invernadero GEI de las
medidas de eficiencia energética propuestas en el PAI PROURE 2022-2030 en el
sector residencial en Colombia**

YORGOS JOFFREY RAMÍREZ PÉREZ

GERMÁN RODRIGO VARGAS CASTRO

WILSON ALBEIRO BARÓN BENAVIDES

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Magister en Gerencia de Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos

Director (a):

LINA MARÍA RIVERA CHACÓN

Modalidad:

Monografía

Universidad EAN

Facultad de Ingeniería

Maestría en Gerencia de Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos

Bogotá D.C., Colombia

20/05/2024

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Ciudad, día/mes/año

Dedicatorias

Dedico este gran esfuerzo, a mi esposa
quien es mi inspiración y cómplice y a mis
hijos que son el motor y mi razón de vida,
quienes me impulsan a ser mejor persona.

Yorgos Ramírez.

A Dios que me guía en el camino, a mi
familia que me motiva constantemente
y a la vida que me ha permitido soñar.

Germán Vargas.

A Dios, por la vida, la salud y bienestar, a
mi madre por su apoyo incondicional y mi
amada esposa quien me anima y apoya a
seguir siempre sin importar los tropiezos.

Wilson Barón.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento a Dios, fuente de sabiduría y guía constante en este arduo proceso de investigación. Su infinita bondad y providencia han sido fundamentales para mantenernos firmes y enfocados a lo largo de este camino académico. Agradecemos por su luz y por habernos dado la fortaleza necesaria para perseverar en cada paso, así como por brindarnos la claridad mental para analizar e interpretar los resultados obtenidos. Sin su amor y protección, este logro no habría sido posible.

A la Universidad EAN, nuestro más sincero y profundo agradecimiento por brindarnos el entorno académico y los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación. Gracias a su compromiso con la excelencia académica y su apoyo continuo, hemos podido profundizar las labores científicas del estudio propuesto. La Universidad EAN ha sido un faro de conocimiento y un espacio de aprendizaje invaluable, donde hemos tenido la oportunidad de crecer profesional y personalmente. Agradecemos especialmente a los profesores y al cuerpo administrativo por su orientación y dedicación, que han enriquecido nuestra experiencia educativa de manera significativa.

A nuestra respetada directora de tesis, Lina María Rivera Chacón, le expresamos el más sincero agradecimiento por su orientación experta, paciencia y dedicación a lo largo de este proyecto de investigación. Sus consejos sabios y su liderazgo académico han sido fundamentales en cada etapa del proceso, desde la formulación de la hipótesis hasta la interpretación de los resultados. Gracias a su compromiso con nuestro crecimiento académico y profesional, hemos podido desarrollar más habilidades críticas y analíticas que serán de gran valor a futuro. Estamos agradecidos por haber tenido el privilegio de trabajar bajo su dirección.

Resumen

El estudio aborda la necesidad de mejorar la eficiencia energética en los hogares colombianos para promover el ahorro económico y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, teniendo en cuenta la relevancia de la crisis energética global y la conveniencia de desestimular el uso de combustibles fósiles, por lo que se destaca la importancia de implementar medidas eficientes a corto y largo plazo.

El propósito es determinar la viabilidad económica y disminución de gases efecto invernadero GEI de la implementación de las medidas propuestas en el Plan de Acción Indicativo Programa de Uso Racional y Eficiente de la energía PAI PROURE para el sector residencial. Se plantean objetivos como analizar las medidas propuestas, evaluar su beneficio - costo, determinar el impacto económico y ambiental, y establecer su conveniencia para la implementación.

La metodología es cuantitativa, con diseño no experimental y un enfoque descriptivo-correlacional. Se utilizan técnicas de recolección de datos como encuestas, y se analizan estadísticamente para evaluar relaciones causa-efecto y medir variables específicas. El estudio se lleva a cabo en varias fases, incluyendo la fase empírica de recolección y limpieza de datos, la fase analítica de evaluación de medidas de eficiencia energética, la fase de interpretación de resultados y la fase de difusión de conclusiones. La población objetivo incluye hogares colombianos de diferentes regiones del país.

El proyecto contribuye a la ampliación del conocimiento especialmente dentro de la industria energética, promoviendo la oportunidad de adopción de medidas eficientes y sostenibles, con impacto significativo en la sociedad y contribuyendo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU.

Palabras clave: Eficiencia energética, cambio climático, viabilidad económica, emisiones CO₂, etiquetado, tecnologías eficientes, consumo energético, sostenibilidad.

Abstract

The study addresses the need to improve energy efficiency in Colombian households to promote economic savings and reduce greenhouse gas emissions, considering the relevance of the global energy crisis and the importance of discouraging the use of fossil fuels. Therefore, it highlights the importance of implementing efficient measures in the short and long term.

The purpose is to determine the economic viability and GHG reduction of the implementation of the measures proposed in the Indicative Action Plan Rational and Efficient Use of Energy Program PAI PROURE for the residential sector. Objectives include analyzing the proposed measures, evaluating their cost-effectiveness, determining their economic and environmental impact, and establishing their suitability for implementation.

The methodology is quantitative, with a non-experimental design and a descriptive-correlational approach. Data collection techniques such as interviews and questionnaires are used, and statistical analysis is employed to assess cause-effect relationships and measure specific variables. The study be conducted in several phases, including the empirical phase of data collection and cleaning, the analytical phase of evaluating energy efficiency measures, the phase of interpreting results, and the phase of disseminating conclusions. The target population includes Colombian households from different regions of the country.

The project contributes to expanding knowledge, especially within the energy industry, promoting the adoption of efficient and sustainable measures with significant societal impact and contributing to the UN Sustainable Development Goals.

Keywords: Energy efficiency, climate change, economic viability, CO₂ emissions, labeling, efficient technologies, energy consumption, sustainability.

Tabla de Contenido

	Pág.
Lista de Figuras	11
Lista de Tablas.....	12
Tabla de Ecuaciones	12
Introducción.....	13
Antecedentes	14
Descripción Del Problema	18
Objetivos	20
Objetivo general	20
Objetivos específicos	20
Justificación.....	21
Marco Conceptual y Teórico	23
Marco Conceptual	23
<i>Demanda De Energía Y Consumo Energético.....</i>	<i>23</i>
<i>Eficiencia Energética</i>	<i>24</i>
<i>Uso Racional Y Eficiente De La Energía.....</i>	<i>25</i>
<i>Emisión De Gases De Efecto Invernadero.....</i>	<i>25</i>
Marco Teórico	25
<i>Crecimiento De La Población Y Desafíos Energéticos.....</i>	<i>25</i>
<i>Relación Entre Demanda De Energía Y Eficiencia Energética.....</i>	<i>26</i>
<i>Transición Energética Con Enfoque En La Eficiencia Energética Del Usuario</i> <i>Residencial.....</i>	<i>27</i>
<i>Hábitos De Consumo De Energía.....</i>	<i>28</i>
<i>Del Poder Adquisitivo Y Condiciones De Pobreza En Colombia.....</i>	<i>29</i>
<i>Evaluación Beneficio Costo De Medidas De Eficiencia Energética</i>	<i>30</i>
Estado del Arte.....	31
<i>Desempeño De La Tecnología Y La Relación Con La Eficiencia Energética</i>	<i>31</i>
<i>De Las Medidas Y Prácticas De Gestión De La Energía.....</i>	<i>32</i>
<i>El Etiquetado En Equipos Electrodomésticos</i>	<i>34</i>
<i>Medidas De Eficiencia Energética Del PAI PROURE 2022-2030.....</i>	<i>35</i>
Hipótesis	37

Metodología.....	38
Enfoque y Diseño De La Investigación	38
Alcance y Tipo de Investigación	38
Variables	39
Fases De La Investigación	42
Población y Muestra.....	45
Diseño Del Instrumento y Validación	48
Procedimientos y técnicas de análisis de la información	50
Trabajo de Campo.....	54
Procesamiento De Los Datos	54
<i>Sistemas De Información Y Aplicaciones Diseñadas</i>	<i>54</i>
<i>Aplicación De Instrumento Diseñado.</i>	<i>55</i>
Análisis De Resultados	58
<i>Análisis Descriptivo De Variables</i>	<i>58</i>
Características De Las Viviendas.....	59
Composición De Los Hogares.....	60
Ingresos familiares..	61
Carga Eléctrica Instalada..	61
Consumo De Energía.....	63
Costos De La Energía	65
Grado De Adopción Medidas De Eficiencia Energética	66
Energéticos En Uso.....	68
Costos De Implementación..	69
Incentivos y Programas.....	76
<i>Análisis Inferencial De La Hipótesis Planteada</i>	<i>79</i>
Propuesta De Solución A La Problemática.....	84
<i>Evaluación Económica Y Disminución De GEI De Las Categorías De Medidas De</i> <i>Eficiencia Energética.....</i>	<i>84</i>
Categoría Reemplazo De Electrodoméstico.....	84
Categoría Sustitución De Energético.....	92
<i>Análisis De Beneficio – Costo y de conveniencia.....</i>	<i>102</i>
Análisis De Beneficio - Costo Simple De Reemplazo De Electrodoméstico....	102
Conveniencia De Reemplazo De Electrodoméstico.....	103

Análisis De Beneficio - Costo Simple De Sustitución De Energético	105
Conveniencia De Sustitución de Energético.....	105
<i>Aplicación de Usuario Para Determinar La Viabilidad Económica Y Disminución</i>	
<i>De GEI</i>	<i>108</i>
Modelo De La Aplicación.....	108
Desarrollo E Implementación Del Aplicativo Web.....	110
Pruebas, Validación y Despliegue Del Aplicativo Web.	112
Discusión	115
Conclusiones y Trabajo Futuro	121
Conclusiones.....	121
Trabajo futuro.....	125
Referencias	127
Anexo 1. Guía De Buenas Prácticas Para El Uso Eficiente Y Racional De Energía En	
El Hogar	135

Lista de Figuras

Figura 1 Comportamiento sectorial en ahorros de consumo energético.....	34
Figura 2 Relación entre fases, actividades y objetivos	46
Figura 3 Fórmula cálculo de muestra infinita.....	47
Figura 4 Cálculo de muestra.....	49
Figura 5 Instrumento para recolección información.....	51
Figura 6 Procedimiento de aplicación de instrumento	52
Figura 7 Procedimiento análisis de los datos	44
Figura 8 Diagrama Entidad-Relación SurveyDB	55
Figura 9 Aplicación web Survey-PaiProure	56
Figura 10 Caracterización general de la población encuestada	58
Figura 11 Características de las viviendas de la población encuestada.....	60
Figura 12 Composición demográfica viviendas población encuestada.....	60
Figura 13 Ingresos familiares viviendas de la población encuestada	61
Figura 14 Carga instalada viviendas de la población encuestada	63
Figura 15 Consumos de energía viviendas población encuestada.....	64
Figura 16 Costos energía consumida viviendas población encuestada.....	66
Figura 17 Grado de implementación de medidas de eficiencia viviendas.....	67
Figura 18 Energéticos en uso en viviendas población encuestada	69
Figura 19 Costos de neveras según características técnicas.....	72
Figura 20 Costos de aires acondicionados según características técnicas	73
Figura 21 Costos de ducha eléctrica según características técnicas.....	74
Figura 22 Costos de estufa eléctrica según características técnicas.....	75
Figura 23 Costos de lavadora según características técnicas.....	76
Figura 24 Gráfica de correlación de las variables de estudio	82
Figura 25 Modelo MVC en Visual Studio .Net	108
Figura 26 Clases del modelo de Datos para Calculadora	109
Figura 27 Estructura del proyecto - Backend y FrontEnd – MVC	111
Figura 28 Interfaz de aplicación mihogareficiente	113

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Clasificación de medidas de eficiencia energética.....	32
Tabla 2 Variables de Estudio	40
Tabla 3 Distribución de la ubicación geográfica de la muestra.....	57
Tabla 4 Flujos económicos del proyecto cambio nevera	87
Tabla 5 Flujos económicos del proyecto cambio nevera con financiamiento.....	90
Tabla 6 Flujos económicos del proyecto cambio de energético	95
Tabla 7 Flujos económicos proyecto cambio energético con financiamiento.....	99

Tabla de Ecuaciones

	Pág.
Ecuación 1 Ecuación de cálculo emisiones evitadas reemplazo nevera	91
Ecuación 2 Ecuación de cálculo emisiones calentador gas.....	101
Ecuación 3 Ecuación de cálculo emisiones ducha eléctrica.....	101
Ecuación 4 Ecuación de cálculo emisiones evitadas ducha por calentador	102

Introducción

En la actualidad, la eficiencia energética y la sostenibilidad ambiental se han convertido en dos aspectos fundamentales para el desarrollo y bienestar de la sociedad. La implementación de medidas orientadas a mejorar la eficiencia energética en el sector residencial en Colombia y sugeridas en el Plan de acción indicativo Programa de Uso Racional Y Eficiente de la Energía PAI PROURE (UPME, 2022b) no solo promueve el ahorro económico a largo plazo para los hogares, sino que también contribuye a la reducción de emisiones de gases efecto invernadero (GEI) y no menos importante, se alinea con la constitución colombiana en sus artículos 80 y 95 con los deberes del Estado y los ciudadanos respectivamente, en la preservación, conservación y uso más responsable de los recursos naturales (Corte Constitucional , 2015).

Sin embargo, la viabilidad de la implementación de estas medidas en hogares donde los ingresos pierden hoy poder adquisitivo plantea desafíos significativos. La mayoría de los hogares colombianos suelen tener limitaciones económicas, lo que podría dificultar la adopción de tecnologías y prácticas que inicialmente requieren una inversión alta o media. Además, es fundamental considerar las particularidades de cada región y comunidad en términos de condiciones climáticas, estructuras de vivienda y patrones o hábitos del consumo energético.

El presente trabajo se ubica en la línea de investigación relacionada con la eficiencia energética vista desde una manera integral donde es necesario considerar factores económicos, sociales y ambientales, examinando la información que permite identificar los elementos que conducen a la utilización de estrategias a la medida para cerrar las brechas en ineficiencia energética e impacto negativo ambiental, especialmente en el sector residencial.

En este trabajo, primero se desarrolla un análisis enmarcado en un amplio marco teórico y conceptual sobre la eficiencia energética y su relación con diversos aspectos socioeconómicos y ambientales, en segundo lugar, un trabajo de campo enfocado en recolección de datos en el sector residencial, para realizar el tratamiento y análisis estadístico descriptivo e inferencial de datos que permita entender y caracterizar el consumo de energía, los costos asociados y el desempeño energético y ambiental de los hogares, en tercer lugar, una evaluación económica y la disminución de gases efecto invernadero GEI de las medidas de eficiencia energética propuestas en el PAI-PROURE 2022-2030 para evaluar la conveniencia y el impacto de adoptarlas en estos hogares, apoyado en la relación beneficio - costo y el contexto encontrado. Por último, se desarrolla una herramienta al alcance del usuario de energía en el hogar que le permita a partir de ingresar la información conocida técnica y socioeconómica, obtener la viabilidad económica y las emisiones evitadas de GEI al implementar las medidas de eficiencia energética sugeridas por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) y conocer la conveniencia o no de implementarlas en su hogar.

Antecedentes

El mundo enfrenta un desafío crucial en cuanto a la inversión insuficiente para garantizar el suministro energético futuro, lo que plantea un escenario de incertidumbre y volatilidad en los mercados energéticos. Aunque se observa una leve recuperación en el gasto relacionado con la transición hacia fuentes de energía más sostenibles, esta tendencia aún no alcanza los niveles necesarios para abordar la creciente demanda de servicios energéticos de manera sostenible. Esta brecha de inversión se hace evidente en todos los sectores y regiones, lo que subraya la necesidad urgente de medidas más sólidas y coordinadas a nivel global. Mientras tanto, el gasto continuo en petróleo y gas

natural, influenciado por dos caídas de precios significativas en los años 2014-15 y 2020, reflejó un panorama de demanda estancada o incluso en declive para estos combustibles fósiles (Agencia Internacional de Energía IEA, 2021).

En estos tiempos, la crisis energética global, exacerbada por los conflictos internacionales, ha llevado a un aumento en los precios del gas y el carbón, beneficiando a los productores de combustibles fósiles, pero amenazando con una recesión. Esta situación ha resaltado la necesidad de mejorar la eficiencia energética y abordar los desafíos que plantea la crisis energética global (IEA, 2022).

A pesar de los avances en tecnologías renovables y la electrificación, así como el aumento significativo de las ventas de vehículos eléctricos, la transformación energética aún enfrenta desafíos significativos, ya que se prevé que la nueva economía energética será más electrificada, eficiente, interconectada y limpia, impulsada por políticas y avances tecnológicos, y respaldada por la reducción de costos. Sin embargo, la recuperación económica desigual de la pandemia ha ejercido presión sobre el sistema energético actual, con aumentos en los precios del gas, carbón y electricidad, y un repunte en el uso de carbón y petróleo en 2021 (IEA, 2021).

A pesar de los compromisos climáticos a nivel mundial, el progreso hacia el escenario de Cero Emisiones Netas para 2050 de la IEA está lejos de ser suficiente. Se necesitan medidas adicionales para cerrar la brecha y limitar el calentamiento global a 1.5 °C, incluyendo una mayor electrificación, eficiencia energética, reducción de emisiones de gases efecto invernadero (GEI) y apoyo a la innovación en energías limpias (IEA, 2021).

En la mayoría de los países de Latinoamérica, en la década pasada se han realizado mejoras significativas en torno a la publicación de leyes específicas y la creación de instituciones dedicadas a la eficiencia energética. Esto incluye leyes y

programas de eficiencia energética en varios países como Colombia (Cepal, Olade y BID, 2017).

Los gobiernos de la región marcan la pauta como los principales promotores de la eficiencia energética, aunque hay un incremento en la participación de entidades financieras públicas y privadas que apoyan proyectos de eficiencia energética, y aunque la calidad de las estadísticas e indicadores de desempeño sigue siendo insuficiente, se siguen desarrollando esfuerzos para mejorarlos. Precisamente La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) en coordinación con la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), vienen desarrollando indicadores específicos para evaluar la eficiencia energética como los indicadores de intensidad energética final, el índice de renovabilidad de la matriz energética, el Índice de autarquía energética (si el país es autosuficiente energéticamente), las emisiones de CO₂ asociadas a la matriz energética y los factores de emisión de CO₂ anuales (Cepal, Olade y BID, 2017).

Sin embargo, en la región persisten desafíos como la falta de continuidad en el avance de las acciones de las instituciones de eficiencia energética, bajo conocimiento masivo sobre acciones de ahorro energético y precios elevados de tecnologías eficientes. Además, se requieren más regulaciones efectivas para inducir a la acción (Cepal, Olade y BID, 2017).

En 2010, el Ministerio de Minas y Energía de Colombia, adoptó la primera versión del Plan de Acción Indicativo Programa de Uso Racional y Eficiente de la energía PAI PROURE 2010 – 2015, destinado a desarrollar el mercado de eficiencia energética (EE) en Colombia. Este plan se ha actualizado periódicamente, y el plan vigente es el PAI PROURE 2022-2030 Versión 4.

El PAI PROURE representa un compromiso integral con la optimización de los recursos energéticos de Colombia. A través de metas claras y acciones concretas, se

busca fomentar una cultura de eficiencia energética que beneficie tanto a la economía como al medio ambiente. Este plan no solo aspira a alcanzar objetivos cuantitativos en términos de ahorro y eficiencia, sino que también busca impulsar una transformación estructural hacia un modelo energético más sostenible y resiliente del país. En última instancia, el éxito del PAI-PROURE dependerá del compromiso y la colaboración de todos los actores involucrados, desde el gobierno y el sector privado hasta la sociedad civil, en aras de construir un futuro energético más próspero y sostenible para Colombia (UPME, 2022b).

En 2012, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible promulgó la Resolución 0186, estableciendo metas ambientales, de ahorro y de eficiencia energética conforme al PROURE.

Actualmente, se están llevando a cabo varios proyectos clave. Uno es la evaluación de costo-efectividad de programas de eficiencia energética para los sectores de transporte, residencial, terciario e industrial. Otro es la promoción de medidas de eficiencia energética inclusive en departamentos como Vaupés, Guainía y Vichada, contribuyendo a los esfuerzos de la implementación de programas regionales. Además, se han organizado diversas actividades, como seminarios y cursos, relacionados con eficiencia energética en edificaciones (Cepal, Olade y BID, 2017).

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) aprobó un préstamo para apoyar financieramente el Programa de Gestión Eficiente de la Demanda de Energía en zonas no interconectadas. Este programa incluye un plan piloto en el archipiélago de San Andrés, con un presupuesto total de 10 millones de dólares, financiado por el Clean Technology Fund (Cepal, Olade y BID, 2017).

En 2001, se creó el Programa Colombiano de Normalización, Certificación y Etiquetado de Equipos de Uso Final de Energía, con el objetivo de optimizar el

desempeño energético de estos equipos y fomentar una cultura de eficiencia energética entre los ciudadanos. Sin embargo, fue en 2015, tras una extensa negociación con la industria y trámites ante la Organización Mundial del Comercio, que el Ministerio de Minas y Energía emitió el Reglamento Técnico de Etiquetado RETIQ. Este reglamento establece para electrodomésticos y equipos eléctricos rangos de eficiencia, hace obligatoria la rotulación y define sus condiciones. En agosto de 2016, se estableció que todas las neveras, lavadoras, aires acondicionados, balastos eléctricos y motores industriales, tanto nacionales como importados, deben llevar una etiqueta amarilla visible con información sobre consumo de energía y otros indicadores de eficiencia. En 2017, esta exigencia se amplió a equipos a gas como estufas, hornos y calentadores de agua (Cepal, Olade y BID, 2017).

Descripción Del Problema

En Colombia, se han propuesto herramientas estratégicas como el Plan Energético Nacional PEN 2020-2050 (UPME, 2022a) y el mencionado PAI PROURE 2022-2030 (UPME, 2022b) para enfrentar los desafíos relacionados con dar continuidad a las políticas y regulaciones efectivas que induzcan a la acción de la implementación de medidas de eficiencia energética.

Pero el país tiene una eficiencia energética promedio de solo el 31%, con una ineficiencia particularmente alta en los sectores de transporte y residencial (UPME, 2022b). A pesar de que la innovación tecnológica ofrece oportunidades para mejorar la eficiencia energética, su implementación es costosa y presenta desafíos económicos y de comprensión.

Por lo tanto, la política pública desempeña un papel fundamental en la eliminación de barreras, la resolución de externalidades y la promoción de la eficiencia energética,

con el PROURE como objetivo central para identificar medidas concretas y acciones que fomenten la eficiencia energética, incluyendo incentivos tributarios tal cual como esta en el artículo 2 de la Ley 1715 de 2014 (DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO FUNCION PUBLICA DAFP, s.f.) y todas las normas y regulaciones complementarias.

Además, aunque el control de la inflación en Colombia se realiza mediante políticas monetarias locales (Banco de la República Colombia, 2023), la situación actual no es la mejor, lo que afecta la implementación efectiva de soluciones, especialmente en el sector residencial. Las cifras del DANE muestran que la inflación ha tenido un fuerte impacto, ya que para el pasado mes de julio de 2023 la variación mensual del IPC fue 0,50%, la variación año corrido fue 6,68% y la anual 11,78%, lo cual implica una disminución significativa en la capacidad de gasto en los hogares. (DANE, 2023).

Este estudio aborda aspectos cruciales, como el retorno de la inversión de la implementación de las medidas de eficiencia energética a lo largo del tiempo y su efecto en las facturas de energía de los hogares, así como los beneficios ambientales de la reducción de emisiones de CO₂, asociados a medidas como el cambio de electrodomésticos o sustitución de energéticos y sus consecuencias en el medio ambiente.

Acorde a este reto, ¿Es viable o no es viable en términos económicos y ambientales la implementación de las medidas incorporadas en el Plan de Acción indicativo programa de Uso Racional y Eficiente de la energía PAI PROURE 2022-2030 aplicándolas en el sector residencial en Colombia para hacer uso eficiente y sostenible de la energía?, conocer esta respuesta, permite orientar integralmente a los hogares colombianos sobre el conocimiento, análisis y la pertinencia en la adopción de medidas de eficiencia energética disponibles.

Objetivos

Objetivo general

Determinar la viabilidad económica y la disminución de gases de efecto invernadero GEI de la implementación de las medidas de eficiencia energética propuestas en el PAI PROURE 2022-2030 para el sector residencial en Colombia y su contribución al desarrollo sostenible y la transición energética justa.

Objetivos específicos

- Analizar las variables relevantes que afectan el consumo energético, los costos asociados y el desempeño energético y ambiental para comprender su comportamiento y caracterización actual en el sector residencial.
- Calcular la viabilidad económica y la disminución de GEI de la implementación de las medidas de eficiencia energética en el sector residencial mediante la evaluación de indicadores financieros y ambientales específicos, con el fin de determinar los factores clave que influyen en su adopción por parte de los hogares.
- Estimar la relación beneficio - costo de la implementación de medidas de eficiencia energética para comprender la conveniencia de la adopción en los hogares colombianos.
- Desarrollar un aplicativo web para usuarios de hogar que permita evaluar la viabilidad económica y la disminución de GEI de las medidas de eficiencia energética del PAI PROURE, con el propósito de promover su adopción.

Justificación

La eficiencia energética es esencial para el desarrollo sostenible y la mitigación del cambio climático. Colombia enfrenta un desafío significativo con una eficiencia energética promedio muy baja (UPME, 2022b), lo que indica una gran pérdida de recursos energéticos y un impacto negativo en el medio ambiente. Aunado a eso, la crisis energética global y la inestabilidad en el suministro de combustibles fósiles resaltan la urgencia de mejorar la eficiencia energética como una estrategia para garantizar un suministro de energía más estable y reducir la dependencia de fuentes no renovables.

Desde el punto de vista social, la mayoría de la población se clasifica como de bajos ingresos en Colombia y es especialmente vulnerable a las fluctuaciones en los costos energéticos. La implementación de medidas de eficiencia energética puede reducir las facturas de energía y mejorar la calidad de vida de los hogares colombianos, lo que tiene un impacto directo en el bienestar social y económico.

La investigación tiene el potencial de identificar medidas concretas primero que contribuyan a la generación de ahorros significativos en los costos de la energía de los hogares colombianos, liberando recursos para otras necesidades básicas lo que mejora la calidad de vida y segundo que permitan estas medidas la contribución a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, siendo relevante para que Colombia cumpla con sus compromisos de mitigar el cambio climático a nivel global.

Esta investigación proporcionará información valiosa sobre la viabilidad económica y disminución de GEI de las medidas de eficiencia energética en un contexto específico, contribuyendo al conocimiento teórico en el campo de la eficiencia energética y la sostenibilidad ambiental.

Los métodos y enfoques utilizados en esta investigación pueden servir como modelo para futuros estudios similares en otros contextos o regiones, proporcionando

una base metodológica sólida para abordar problemas relacionados con la eficiencia energética y la sostenibilidad. Este estudio de investigación se enmarca en lo previsto por la Universidad EAN para la construcción colectiva de argumentos y reflexiones académicas en el campo de la investigación de la Ciencia, tecnología e innovación, dentro del grupo de investigación INDEVOS y en la línea de investigación EREE Energías Renovables y Eficiencia Energética.

Marco Conceptual y Teórico

Marco Conceptual

Demanda De Energía Y Consumo Energético

Para poder comprender el concepto amplio de la eficiencia energética es importante conocer dos conceptos claves previos como el caso de la demanda de energía y consumo energético.

La demanda de energía es la cantidad de energía que se necesita para realizar diferentes actividades en un determinado momento y lugar. La demanda de energía depende de varios factores, como el uso de la tecnología, el clima, el crecimiento poblacional y el desarrollo económico (Centro Nacional de Control de Energía, 2018). La demanda de energía es importante para el progreso de las regiones, pero también implica un mayor consumo de recursos y una mayor emisión de contaminantes. Por eso, es necesario promover el uso racional y eficiente de la energía.

En cuanto al concepto de demanda energía térmica, este se refiere a la cantidad de energía necesaria para mantener unas condiciones específicas de confort térmico en el interior de un edificio. La magnitud de la demanda de energía térmica está en parte influenciada por elementos pasivos asociados a la arquitectura de la edificación como la envolvente (que incluye aspectos y materiales usados en la fachada), ventanas, cubiertas, suelos, paredes interiores, divisiones en contacto con espacios no habitables y la hermeticidad del edificio.

Del buen diseño de estas medidas pasivas hay un impacto positivo en la reducción de la demanda y las pérdidas energéticas. Un ejemplo de esto es que cuanto mayor sea la hermeticidad en un espacio habitable, menor será la demanda energía térmica, lo que subraya la importancia de considerar estos factores en el diseño y la gestión de

edificaciones que buscan una mayor eficiencia energética y sostenibilidad (A2estudio, 2022).

El consumo de energía se define como la cantidad de energía requerida para alimentar los dispositivos y sistemas de un edificio o vivienda con el fin de satisfacer una demanda específica. Este consumo está estrechamente relacionado con el “rendimiento de los equipos y las instalaciones; a mayor eficiencia en su funcionamiento, menor será el consumo energético” (A2estudio, 2022).

Es evidente que, como lo indica la propia definición de consumo de energía, este está intrínsecamente vinculado a la demanda. Por lo tanto, si se logra reducir el consumo de energía, inevitablemente se obtendrá una disminución significativa en la demanda de energía. La eficiencia energética en los sistemas y la adopción de prácticas que reduzcan la necesidad de energía son cruciales para avanzar hacia un uso más sostenible y responsable de los recursos energéticos en edificaciones y viviendas.

Eficiencia Energética

De acuerdo con UPME (2022) el concepto de eficiencia energética se puede definir de tres formas claves, la primera como la capacidad de reducir el consumo de energía manteniendo los mismos niveles de producción y confort, mediante la optimización de procesos, el uso de tecnologías más eficientes, la sustitución de energéticos y la adopción de buenas prácticas. Así mismo, una segunda forma de conceptualizar la eficiencia energética es como un recurso valioso que contribuye al abastecimiento energético, la competitividad de la economía, la mitigación del cambio climático y la recuperación económica.

Una tercera forma de definir la eficiencia energética es entenderla como un objetivo de política pública que requiere la intervención de los estados para superar las

condiciones de inadecuado uso de los recursos, lo cual permite promover las inversiones en proyectos de gestión de la energía. (UPME, 2022a).

Uso Racional Y Eficiente De La Energía

El uso racional de la energía se refiere a la gestión responsable y eficiente de los recursos energéticos inclusive en los hogares, con el objetivo de reducir el consumo innecesario y minimizar el impacto ambiental. Esto implica utilizar la energía de manera más eficiente y sostenible, a través de prácticas como la conservación de energía, la eficiencia energética y el uso de fuentes de energía renovable. (Ministerio Nacional de Energía y Minería, 2017).

Emisión De Gases De Efecto Invernadero

Los gases de efecto invernadero son gases que atrapan el calor en la atmósfera y contribuyen al cambio climático. El dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso y los fluorocarbonos, son el mayor aporte de este concepto. La mayoría de estas emisiones provienen de la quema de combustibles fósiles para la producción de energía. La eficiencia energética puede disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero al evitar el uso innecesario de energía y favorecer el empleo de fuentes renovables. La eficiencia energética es una medida clave para mitigar el cambio climático y mejorar la seguridad energética (Gutiérrez, 2019).

Marco Teórico

Crecimiento De La Población Y Desafíos Energéticos

El crecimiento de la población urbana y el desarrollo de las ciudades están estrechamente relacionados y no pueden separarse fácilmente debido a su interdependencia. El fenómeno de la migración a las zonas urbanas ha experimentado un crecimiento exponencial en las últimas décadas, llegando a un punto crítico en la actualidad. Más del 56% de la población mundial reside en zonas urbanas, según datos

del Banco Mundial en 2020, una cifra que sigue en constante aumento. Paralelamente, aunque las ciudades ocupan una fracción mínima de la superficie terrestre, aproximadamente el 1%, su impacto en el escenario global es innegable. Estas urbes son responsables de aproximadamente el 60% de las emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂) en el mundo y consumen alrededor del 78% de la energía producida a nivel mundial (Muñoz et al., 2023).

La energía tanto para la industrialización y la maquinaria de una ciudad moderna, con sus sistemas eléctricos, industrias en constante dinámica de la producción y la expansión urbana, son vitales para el funcionamiento de las urbes. Sin embargo, este progreso desenfrenado tiene un alto costo ambiental. Estas actividades son los motores detrás del alarmante aumento de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) de origen antropogénico en la actualidad. Según “registros del World Resources Institute en 2017, el sector de la energía solo fue responsable de aproximadamente el 70.79% de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) en el mundo entre 1990 y 2014. Los procesos industriales contribuyeron con un 4.64%, la agricultura con un 12.00%, los residuos con un 3.34%, y el cambio de uso de suelo y la silvicultura generaron un 9.22% de estas emisiones” (Muñoz et al. 2023, p. 53). Con esas cifras hay una contundente necesidad de abordar la sostenibilidad y la gestión inteligente de nuestras ciudades en un mundo en constante cambio.

Relación Entre Demanda De Energía Y Eficiencia Energética

El control de la demanda de energía se erige como un pilar fundamental de eficiencia energética en la búsqueda de la sostenibilidad y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Este enfoque esencial, implica la reducción del consumo energético sin comprometer los niveles de producción y confort, y se basa en la optimización de procesos y la adopción de tecnologías más eficientes. Un aspecto clave

de esta estrategia es la evaluación y, en su caso, el reemplazo de electrodomésticos, con la condición de llevar a cabo un análisis técnico y económico exhaustivo que permita comparar las distintas alternativas disponibles y evaluar sus efectos a lo largo de todo el ciclo de vida de estas tecnologías (UPME, 2022b).

El ciclo de vida de las tecnologías es un factor determinante en este proceso, abarcando las etapas de desarrollo, crecimiento, madurez y eventual saturación o límite tecnológico. La acelerada evolución de la sociedad moderna ha acortado estos ciclos, lo que conlleva una depreciación tecnológica acelerada y una necesidad constante de renovación. Sin embargo, la vida efectiva de estas tecnologías también está influenciada por su uso y mantenimiento, lo que se define como el control adecuado de la relación entre la vida útil y la utilización anual. Aumentar la vida efectiva no solo implica una mayor rentabilidad de la inversión, sino que también puede limitar la adopción de avances tecnológicos futuros. Por esta razón, es imperativo alinear la vida efectiva con la vida tecnológica de la intervención. (Balbas-Garcia et al., 2015).

Transición Energética Con Enfoque En La Eficiencia Energética Del Usuario

Residencial

De acuerdo con Recalde et al. (2018) la eficiencia energética inclusive en el sector residencial puede contribuir a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y del impacto ambiental del sector energético, así como a generar cobeneficios económicos y sociales. Asimismo, puede ayudar a mejorar el acceso a la energía moderna y limpia, tanto en los hogares como en el sector productivo, y a reducir las necesidades de inversión futuras en infraestructura energética. También puede favorecer una transición energética justa, que reconcilie las necesidades materiales de los sectores más pobres con los objetivos de mitigación del cambio climático, y que asegure la sustentabilidad ambiental, social y económica.

Hábitos De Consumo De Energía

Los hábitos en el consumo de energía están estrechamente relacionados con los patrones de conducta del individuo, pero estrechamente relacionados con factores sociales y económicos. De acuerdo con Konrad (2015), a partir de su estudio que se basa en un método llamado STAVE, que consiste en la deliberación grupal sobre diferentes escenarios relacionados con el uso de la energía en el hogar, los resultados muestran que los participantes perciben el consumo de energía como un factor clave para el medio ambiente y el cambio climático, y que tienen motivos y barreras para ahorrar energía, así como limitaciones económicas y sociales para adoptar estilos de vida sostenibles.

Se identificaron como elementos de motivación para hacer eficiencia energética y uso racional de la energía a partir de los hábitos, la preocupación por el medio ambiente y el cambio climático, así como el deseo de contribuir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. También el interés por ahorrar dinero en las facturas de energía y mejorar su calidad de vida.

Mientras que se identificó que las barreras más importantes para tener hábitos a favor de la eficiencia energética son la falta de información y conocimiento sobre las medidas y su aplicación, la comodidad que otorga la zona de confort, la inercia por el desarrollo de los hábitos inconscientes, la resistencia al cambio, la influencia social y la falta de incentivos. Además, se identifican como barreras las dificultades técnicas, legales y administrativas para implementar medidas de eficiencia energética en sus hogares. Para el caso de las limitaciones, los participantes del estudio reconocieron que tenían limitaciones económicas y sociales para adoptar estilos de vida sostenibles, tales como el alto costo de las tecnologías verdes, la baja rentabilidad de las inversiones, la dependencia de los proveedores de energía, la falta de apoyo político y social, y la falta de conciencia y educación ambiental (Konrad, 2015). El método STAVE fue la

herramienta útil para investigar los razonamientos y comportamientos de los ciudadanos sobre el consumo de energía.

Del Poder Adquisitivo Y Condiciones De Pobreza En Colombia

El poder adquisitivo se puede entender como la capacidad de compra de los ingresos de las personas, que depende del nivel de precios y de la inflación. De acuerdo con (Vallejo Zamudio L. , 2022), en donde usa el índice de precios al consumidor (IPC) y el salario mínimo legal (SML) para analizar la evolución del poder adquisitivo en Colombia entre 1990 y 2018, el poder adquisitivo ha tenido una tendencia decreciente, debido a que el SML ha crecido menos que el IPC, lo que implica una pérdida de capacidad de compra para los trabajadores y que sus razones se deben a factores que han afectado el poder adquisitivo, como las políticas económicas, los choques externos, la productividad y el mercado laboral.

Con base en el análisis de la encuesta nacional de hogares que se realiza cada 10 años, se encontró que “los hogares no vulnerables ocupan un poco menos de la mitad de sus gastos en alimentos (13,3%) y vivienda (13,1% en servicios públicos y 22,7% en arrendamiento), mientras que en los hogares más vulnerables estos gastos básicos representan entre el 56% (vulnerables con ocupados) y el 66% (desocupados) de sus gastos totales.” (Cortes et al., 2021, p. 157).

Asimismo, a partir del análisis de Cortés et al. (2021) se encuentra que el gasto en servicios públicos domiciliarios (SPD) representa una carga significativa e inclusive, en algunos casos el gasto más alto para los hogares colombianos en condiciones de vulnerabilidad. Esto dado que el gasto en servicios públicos representa entre el 13.9% (vulnerables con ocupados) y el 18.2% (desocupados) del gasto total mensual, comparado con los gastos en alimentación que se encuentran entre el 17.3% (desocupados) y el 18.3% (vulnerables con ocupados). En este escenario planteado es

necesario implementar políticas públicas que garanticen no solo el acceso universal y asequible a los SPD, sino también un enfoque en los incentivos y programas de eficiencia energética y una adecuada focalización y distribución justa y equitativa de los subsidios al consumo de energía para los hogares más vulnerables.

Evaluación Beneficio Costo De Medidas De Eficiencia Energética

La eficiencia energética en viviendas consiste en reducir el consumo de energía sin afectar el confort y el bienestar de los habitantes. Esto se puede lograr mediante el uso de tecnologías, materiales y diseños que optimicen el aprovechamiento de la energía y minimicen las pérdidas. La evaluación económica de inversiones relacionadas con medidas de eficiencia energética adoptadas para viviendas tiene como objetivo determinar si estas inversiones son rentables, es decir, si los beneficios que generan son mayores que los costos que implican (Hernández H. , 2017). Para ello, se deben considerar los siguientes aspectos:

Costos. Los costos de inversión, que son los gastos iniciales necesarios para implementar las medidas de eficiencia energética, como la compra e instalación de equipos, materiales y sistemas. También, los costos de operación y mantenimiento, que son los gastos recurrentes asociados al uso y conservación de las medidas de eficiencia energética, como el consumo de energía, los repuestos y las reparaciones (Patiño, 2012)

Beneficios. Los beneficios de ahorro de energía, que son la diferencia entre el consumo de energía antes y después de implementar las medidas de eficiencia energética, multiplicada por el precio de la energía. Los beneficios ambientales, que son la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes derivados del menor consumo de energía, valorados según el precio del carbono o el daño ambiental evitado. Los beneficios sociales, que son la mejora de la calidad de vida,

la salud, la seguridad y el confort de los habitantes derivados de las medidas de eficiencia energética, valorados según la disposición a pagar o el valor social.

Comparación. Para comparar los costos y beneficios a lo largo del tiempo, se deben aplicar métodos de evaluación financiera que actualicen los flujos futuros a un valor presente, usando una tasa de descuento adecuada (Hernández H. , 2017). Algunos métodos comunes son:

- El valor actual neto (VAN), que es la suma de los flujos actualizados de costos y beneficios. Si el VAN es positivo, la inversión es rentable.
- La tasa interna de retorno (TIR), que es la tasa de descuento que iguala los flujos actualizados de costos y beneficios. Si la TIR es mayor que el costo de oportunidad del capital, la inversión es rentable.
- El periodo de recuperación (PR), que es el tiempo que tarda en recuperarse la inversión inicial mediante los flujos netos de beneficios. Si el PR es menor que un plazo máximo establecido, la inversión es rentable.

Además, se debe realizar un análisis de sensibilidad para verificar la robustez de los resultados ante posibles cambios en las variables clave, como los precios de la energía, las tasas de descuento, el rendimiento de las medidas, etc.

Estado del Arte

Desempeño De La Tecnología Y La Relación Con La Eficiencia Energética

Para llevar a cabo este tipo de evaluación técnica y económica de medidas de eficiencia energética, por ejemplo, Balbas-Garcia et al (2015) proponen una metodología que incluye la recopilación de datos, la determinación de la vida efectiva, el cálculo de las amortizaciones, la representación gráfica de las alternativas y la selección de aquellas medidas que son económicamente más rentables. Esta metodología no solo simplifica el

proceso de toma de decisiones, sino que también lo hace más objetivo y riguroso al comparar diversas alternativas tecnológicas y operativas. En un mundo en constante evolución y con la creciente necesidad de gestionar eficazmente nuestros recursos energéticos, esta metodología se convierte en una herramienta esencial para avanzar hacia un futuro más eficiente y sostenible.

De Las Medidas Y Prácticas De Gestión De La Energía

Existen diferentes formas de categorizar las medidas de eficiencia energética y por supuesto el análisis de la relación de beneficio-costos y la priorización son claves para garantizar la efectividad en el impacto global. De acuerdo con UPME (2022), el análisis y la evaluación de la costo-efectividad de las medidas deben identificar la relación beneficio-costos en tres niveles: privado, sistémico y social. El beneficio-costos privado se refiere a los beneficios directos percibidos por el usuario de la energía; el beneficio-costos sistémico, a los beneficios percibidos por los agentes de la cadena de suministro del servicio; y el beneficio-costos social, a los beneficios percibidos por las externalidades y la política pública.

Según Trianni et al. (2014), las medidas de eficiencia energética se pueden categorizar de acuerdo con un marco novedoso y completo, basado en atributos agrupados según seis categorías, tales como se muestra en la tabla 1:

Tabla 1

Clasificación de medidas de eficiencia energética

CATEGORIA	ATRIBUTOS
Económicos	➤ Tiempo de recuperación ➤ Costos de implementación.
Energéticos	➤ Tipo de recurso energético ➤ Cantidad de energía ahorrada.
Ambientales	➤ Reducción de emisiones ➤ Ahorro de agua

	➤ Minimización de residuos.
Relacionados con la producción:	➤ Impacto en el proceso central
	➤ Tipo de modificación
	➤ Alcance del impacto
	➤ Vida útil de la medida de eficiencia energética
	➤ Beneficios no energéticos.
Relacionados con la implementación	➤ Costos de transacción
	➤ Conocimiento necesario para la planificación y ejecución
	➤ Progreso de la difusión.
Indirectos	➤ Interacción con otros sistemas
	➤ Aplicabilidad sectorial.

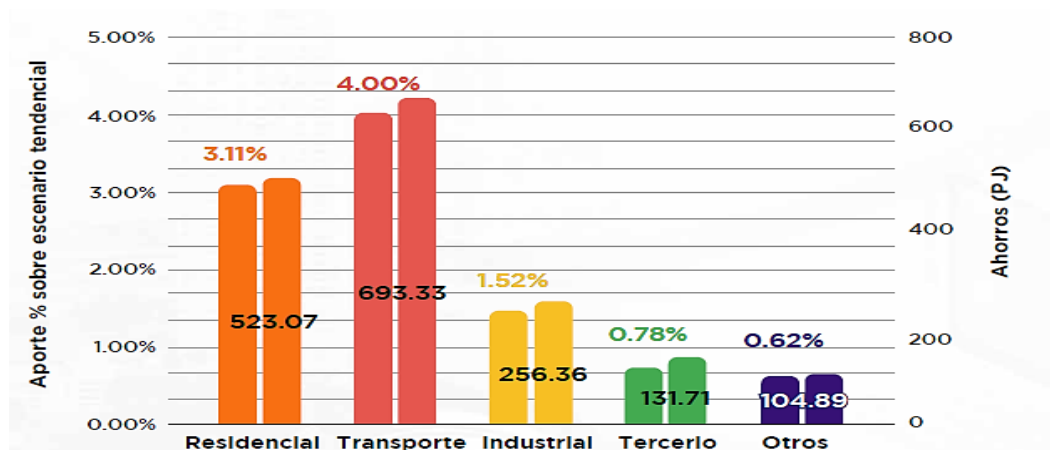
Nota. La tabla presenta una metodología de clasificar y caracterizar las medidas de eficiencia energética. Elaboración propia a partir de Trianni et al. (2014).

Otra forma de categorizar las medidas de eficiencia energética de acuerdo con UPME (2022) es agrupando por factores como: el recambio tecnológico que se refiere a la actualización o reemplazo de tecnologías obsoletas o ineficientes por tecnologías más nuevas y eficientes, a la adopción de buenas prácticas que promueven el uso eficiente de la energía en los diferentes sectores del uso final de las energías, a la sustitución de combustibles fósiles por fuentes de energía más limpias y eficientes, al aprovechamiento de la energía con el uso de técnicas y métodos que reduzca las pérdidas y la digitalización que también puede mejorar la eficiencia energética al permitir un mejor seguimiento y gestión del consumo de energía.

Es clave reconocer que la eficiencia energética puede variar significativamente dependiendo del sector económico donde se implementa, porque se encuentran sectores como el terciario donde la eficiencia es moderadamente alta mientras en sectores como el residencial puede ser baja.

Figura 1

Comportamiento sectorial en ahorros de consumo energético



Nota. Reducción de consumo energético sobre escenario tendencial de las medidas analizadas en el PAI-PROURE 2022-2030 por sector. Tomado de (UPME, 2022b)

La Figura 1, muestra la correlación de sectores económicos modelados en el estudio del Plan de acción indicativo del Programa de uso racional y eficiente de la energía (UPME, 2022b) contra el potencial de ahorro y gestión de la eficiencia energética expresado en aporte porcentual y ahorros en PetaJulios de energía para Colombia.

El Etiquetado En Equipos Electrodomésticos

De acuerdo con (Sierra & Andrade, 2020), en su estudio plantean una estimación del impacto de buenas prácticas en los hogares urbanos de Ibagué (Colombia), mediante el uso de electrodomésticos etiquetados como eficientes, para reducir las emisiones de CO₂ derivadas del consumo de energía eléctrica. Lo anterior basados en un diseño de muestreo aleatorio de 252 hogares, en los cuales realizaron encuestas semiestructuradas, recopilaron información sobre el consumo y las emisiones de CO₂.

De tal forma que se proyectó el consumo y las emisiones en cuatro escenarios de cambio de electrodomésticos por unos más eficientes con proyección a los siguientes 20 años. Del ejercicio, resultó que el consumo promedio mensual de energía eléctrica por

hogar es de 1320,3 kWh, siendo el refrigerador y las lámparas fluorescentes los equipos que más contribuyen al consumo (Sierra & Andrade, 2020) y el cambio total de estos equipos por unos eficientes podría reducir las emisiones de CO₂ en cerca de 40 Gg durante 20 años, lo que equivale a la circulación de 22.222 vehículos.

Sin embargo, solo el 56% de los hogares encuestados estarían dispuestos a cambiar sus equipos actuales por unos más eficientes, debido a limitaciones económicas y sociales.

Con respecto a lo último, las preferencias de los hogares sobre los programas e incentivos que fomentan la eficiencia energética muestran en primer lugar de preferencia a la reducción de la tarifa de energía, seguida de implementación de políticas públicas que garanticen el acceso y la asequibilidad a los electrodomésticos eficientes, y de la promoción de la educación y la conciencia ambiental entre los ciudadanos.

La penetración de electrodomésticos eficientes en Colombia es baja, debido a barreras como el alto costo inicial, la falta de información, la baja disponibilidad y la resistencia al cambio (Durán Suárez, 2017). El potencial de ahorro en Colombia con la inclusión de electrodomésticos eficientes es alto, ya que se estima que se podría reducir el consumo de energía eléctrica en un 10% y las emisiones de CO₂ en un 7% para el año 2030. (Durán Suárez, 2017). El Reglamento Técnico de Etiquetado (RETIQ) es una herramienta para promover la eficiencia energética en los equipos de uso final, mediante la información al consumidor sobre el desempeño y el consumo de estos. (Durán Suárez, 2017).

Medidas De Eficiencia Energética Del PAI PROURE 2022-2030

El PAI-PROURE es una iniciativa del Gobierno colombiano que busca promover el uso eficiente de la energía en todos los sectores de la economía. El programa se basa en la identificación de acciones y medidas concretas que pueden ser implementadas para

reducir el consumo energético, tanto en el sector público como en el privado. El PAI-PROURE incluye una amplia gama de medidas de eficiencia energética (UPME, 2022b) y que se pueden clasificar en las siguientes categorías:

Buenas prácticas: Estas medidas se refieren a la forma en que se utilizan, operan y mantienen los equipos de uso final como apagar las luces cuando no están en uso, ajustar la temperatura del aire acondicionado y desconectar los dispositivos electrónicos cuando no se están utilizando.

Cambio tecnológico: Esta categoría incluye la incorporación de equipos y maquinaria que son más eficientes energéticamente que las tecnologías existentes. Ejemplos de cambio tecnológico incluyen la instalación de iluminación LED, la actualización de neveras y sistemas de aire acondicionado y la compra de vehículos con mayor eficiencia de combustible.

Aprovechamiento de energía: Estas medidas se refieren a las técnicas o métodos que se utilizan para reducir al mínimo la pérdida de energía de un sistema. Ejemplos de aprovechamiento de energía incluyen la instalación de aislamiento térmico, la reparación de fugas de aire y la automatización de los sistemas de iluminación.

Sustitución de combustible: Esta categoría incluye el cambio de un combustible por otro más eficiente o con menos emisiones de gases de efecto invernadero. Ejemplos de sustitución de combustible incluyen la conversión de estufas eléctricas a gas natural y la instalación de recursos de generación como sistemas fotovoltaicos de paneles solares.

Digitalización: Esta categoría se refiere al uso de métodos y dispositivos digitales para optimizar el consumo final de energía. Ejemplos de digitalización incluyen la instalación de sistemas de control de iluminación inteligentes y el uso de software de gestión de energía.

Hipótesis

La implementación de las medidas de eficiencia energética propuestas en el PAI PROURE 2022-2030 en el sector residencial en Colombia puede enfrentar desafíos en términos de viabilidad económica y disminución de gases efecto invernadero GEI. Los costos iniciales asociados con la implementación de estas medidas pueden ser prohibitivos para muchos hogares, lo que podría limitar su adopción y, en consecuencia, afectar el compromiso de disminuir gases de efecto invernadero a partir del uso eficiente y sostenible de la energía.

Alternativa: La implementación de las medidas de eficiencia energética propuestas en el PAI PROURE 2022-2030 en el sector residencial en Colombia no enfrenta desafíos significativos en términos de viabilidad económica, y los costos iniciales asociados con estas medidas no son prohibitivos para los hogares, por lo que no limitan su adopción ni la posibilidad de disminuir la emisión de gases de efecto invernadero a partir del uso eficiente y sostenible de la energía.

De acuerdo con las hipótesis planteadas anteriormente se identifican once variables relacionadas directamente con el desarrollo del trabajo de investigación, las cuales involucran la definición conceptual y operacional.

Estas se presentan en la tabla 2, y corresponden a: características de la vivienda, composición del hogar, ingresos familiares, carga eléctrica instalada, consumo de energía, costos de energía, grado de adopción de medidas de eficiencia energética, energéticos en uso, costos de implementación, incentivos y programas y emisiones evitadas.

Metodología

Enfoque y Diseño De La Investigación

El enfoque de la investigación es cuantitativo teniendo en cuenta que este se fundamenta en la recopilación sistemática de datos a través de métodos estandarizados y estructurados. Su objetivo principal es evaluar relaciones causa-efecto, medir variables específicas y generalizar los resultados a una población más amplia. Utilizando técnicas de medición numérica y análisis estadístico, este enfoque busca objetividad y replicabilidad en la investigación (Hernández & Mendoza, 2018). En la investigación se procesan y calculan datos cuantitativos sobre el beneficio - costo de la implementación de las medidas de eficiencia energética, la evaluación económica y el cálculo de emisiones evitadas de CO₂, y otros indicadores relevantes. Esto implicará el uso de instrumentos estructurados y análisis estadísticos.

Dado que la investigación se centrará en la evaluación y análisis de datos existentes y la recopilación de información de campo sin manipular directamente las variables, se trata de un diseño no experimental. No se estarán aplicando intervenciones o tratamientos controlados en este estudio.

Alcance y Tipo de Investigación

La investigación es descriptiva-correlacional porque de acuerdo con Hernández & Mendoza (2018, p. 108), el alcance descriptivo “Busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población” y alcance correlacional “Asocia variables mediante un patrón predecible para un grupo o población” de tal forma que la investigación primero describe las medidas de eficiencia energética propuestas y cómo se relacionan con los hogares en Colombia, además de identificar características y beneficios de estas medidas

y después como se relacionan estas medidas con su impacto económico y ambiental en la población definida.

El estudio es tipo transversal porque se lleva a cabo en un momento específico en el tiempo, sin seguimiento continuo a lo largo del tiempo. Se recopilarán datos en un solo período para evaluar la situación actual en relación con la eficiencia energética en los hogares colombianos. Y con inferencia deductiva porque se basa en teorías y conceptos existentes relacionados con la eficiencia energética, las políticas públicas y la sostenibilidad ambiental.

Variables

Hernández y Mendoza (2018) exponen que una variable es una propiedad o concepto que puede variar y cuya fluctuación es susceptible de medirse u observarse.

Una variable puede ser definida de dos maneras, desde el punto de vista conceptual o constitutivo que precisa o indica con otros términos cómo entender una variable en el contexto de la investigación y otra definición operacional que consiste en el conjunto de procedimientos, técnicas y métodos para medir una variable en los casos de la investigación. (Hernández & Mendoza, 2018, pág. 136).

Definir la viabilidad de la implementación de medidas de eficiencia energética en sector residencial plantea desafíos significativos, por lo cual para la realización de esta investigación se realiza trabajo de campo a través de la realización de encuestas, y el cálculo de métricas que permitan establecer diferentes mecanismos para el manejo eficiente del consumo energía en este sector de la población. Por consiguiente, en la tabla 2 se presentan las variables para el desarrollo del presente estudio:

Tabla 2

Variables de Estudio

Variable	Definición conceptual	Definición operacional
V1. Características de la vivienda	Características que permitan determinar el tipo de vivienda, tamaño, ingreso de luz natural.	Recopilación de información a través de instrumento de investigación diseñado tipo encuesta sobre información de: Tipo (Casa – Apartamento - Habitación), Ingreso Luz Natural (Si-No)
V2. Composición del hogar	Determinación cuantitativa que permita conocer la cantidad de integrantes del hogar que utilizan la energía eléctrica.	Recopilación de información a través de instrumento de investigación diseñado tipo encuesta sobre información de: Información correspondiente a la cantidad de miembros (# número de miembros) del hogar obtenida a través de la encuesta.
V3. Ingresos familiares	Hace referencia a los ingresos que reciben los integrantes del hogar	Recopilación de información a través de instrumento de investigación diseñado tipo encuesta sobre información de: Ingresos de los miembros del hogar. La medición de la variable se realizará por rangos de SMLV.
V4. Carga eléctrica instalada	Hace referencia al total de los equipos susceptibles de ser conectados a la instalación eléctrica.	Recopilación de información a través de instrumento de investigación diseñado tipo encuesta sobre información de: La cantidad de electrodomésticos y luminarias con su potencia típica expresada en kilovatio.

V5. Consumo de energía	Cantidad de energía eléctrica consumida que un hogar utiliza en un periodo específico	Recopilación de información a través de instrumento de investigación diseñado tipo encuesta sobre información de: Información obtenida por observación de las facturas de servicios de energía de acuerdo con el consumo periódico de kilovatio-hora permite obtener el promedio mensual.
V6. Costos de energía	Cantidad de dinero que los hogares pagan en energía eléctrica.	Recopilación de información a través de instrumento de investigación diseñado tipo encuesta sobre información de: Información obtenida por observación del costo de energía mensual en pesos por medio del análisis de las facturas de servicios públicos.
V7. Grado de adopción de medidas de eficiencia energética	Mide el estado de implementación de las medidas de eficiencia energética adoptadas por el segmento de la población seleccionado.	Recopilación de información a través de instrumento de investigación diseñado tipo encuesta sobre información de: Porcentaje del grado de adopción de medidas en los hogares obtenida a través de encuesta clasificadas en * Buenas prácticas: apaga la luz (si-no) abre y cierra la nevera constantemente (si-no) utiliza la carga * Cambio tecnológico en equipos * Sustituciones de combustible

		* Digitalización y análisis de consumos.
V8. Energéticos en uso	Tipos de energía usadas en el hogar	Recopilación de información a través de instrumento de investigación diseñado tipo encuesta sobre información de: Las diferentes energías primarias que usan en hogar como el gas natural y propano, electricidad, carbón y leña.
V9. Costos de implementación	Gastos asociados a la adquisición e implementación de servicios y equipos eficientes energéticamente.	Variable calculada a partir de: Determinar valores de mercado en pesos de los servicios y equipos eficientes energéticamente.
V10. Incentivos y programas	Estrategias o políticas diseñadas por el gobierno o los sectores económicos para incentivar el uso eficiente de la energía.	Recopilación de incentivos financieros y económicos de información secundaria como subsidios a la tarifa, consumo mínimo de subsistencia y programas de incentivos para fomentar el uso eficiente de la energía
V11. Emisiones evitadas	Cantidad de dióxido de carbono que no se libera a la atmósfera con la implementación de las medidas y estrategias propuestas	Variable calculada a partir de: Cálculo de emisiones KgCO ₂ a partir de la diferencia de las emisiones del consumo real con el consumo eficiente propuesto.

Nota. Elaboración propia de los autores.

Fases De La Investigación

Cada una de las fases propuestas para la ejecución de la investigación son cruciales para el éxito de esta y por supuesto para alcanzar los objetivos propuestos. Es importante seguir cada fase de manera sistemática y rigurosa para garantizar la validez y

la fiabilidad de los resultados de la investigación. En la Figura 2, se muestran las cuatro fases de la investigación en su trabajo de campo y las actividades de acuerdo con los objetivos propuestos.

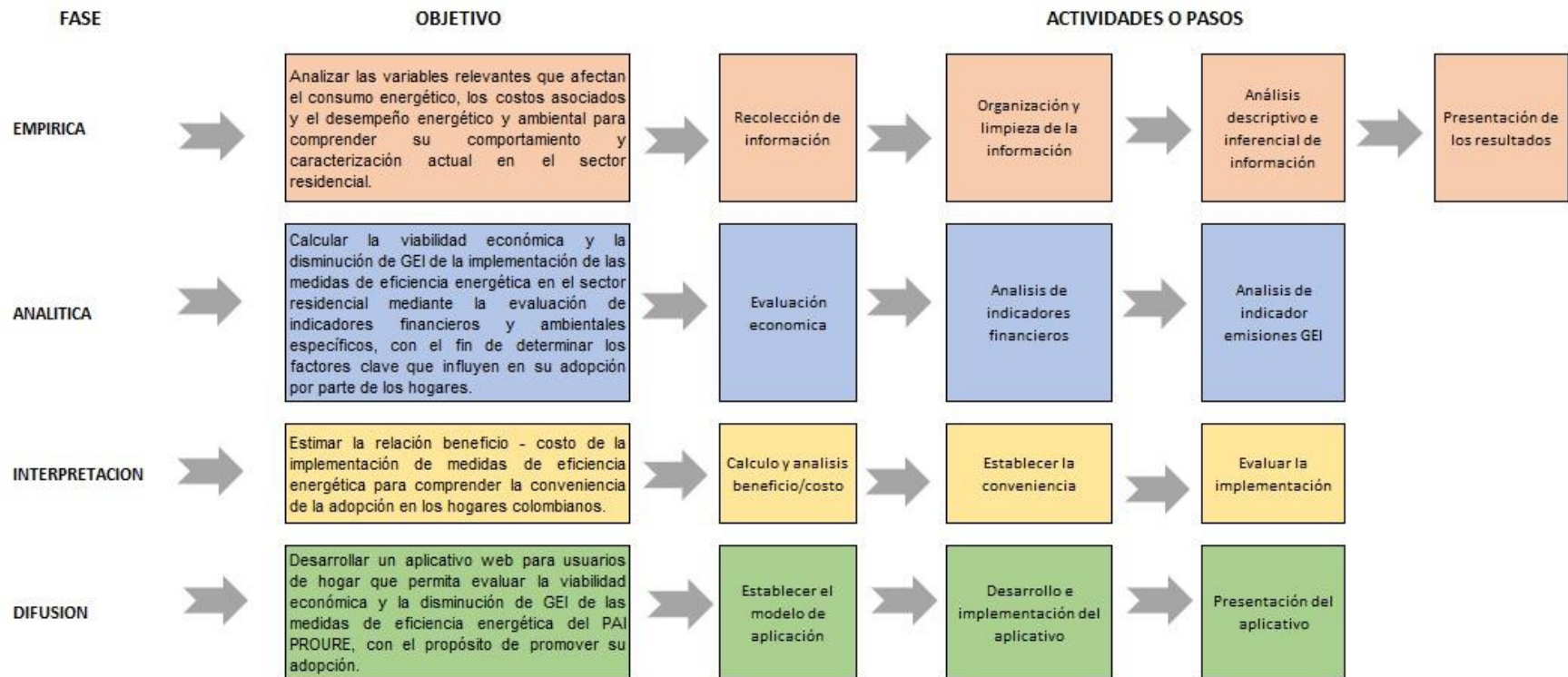
La fase empírica. Es la fase donde se hizo la actividad de recolección de los datos de campo con los instrumentos diseñados y las fuentes de información para consolidar la información de las variables relevantes asociadas a la caracterización del hogar en lo relativo al uso, el consumo energético, los costos asociados y el desempeño energético y su alineación con el PAI-PROURE 2022-2030. Posterior a esto, se prepararon los datos y se hizo el análisis estadístico descriptivo de cada variable para identificar patrones y tendencias con el fin de presentar el comportamiento de estas. Una vez realizado el análisis descriptivo de cada variable, se realizó un análisis inferencial de la hipótesis planteada, desarrollando procesos de correlación para identificar la fuerza y dirección de la relación entre variables, y determinar comportamientos generales.

La fase analítica. En esta fase se evaluaron las categorías de las medidas de eficiencia energética propuestas para el sector residencial que están incluidas dentro del PAI-PROURE 2022-2030, haciendo uso de los análisis descriptivo y correlacional y las tendencias de las variables analizadas para desarrollar su evaluación económica a través de indicadores financieros y revisión del indicador de disminución de gases de efecto invernadero GEI de manera individual y analizar su viabilidad de implementación.

La fase de interpretación. En esta fase se realizó un análisis beneficio-costos para evaluar las implicaciones de una decisión de implementación de medidas de eficiencia energética y su efecto, basado en el panorama integral que muestran, primero, los estudios de evaluación económica y el indicador de disminución de gases de efecto invernadero GEI y, segundo, el contexto, el marco legal y regulatorio y las tendencias globales.

Figura 2

Relación entre fases, actividades y objetivos



Nota. Los autores.

La fase de Difusión. En esta fase, se implementó una herramienta digital o aplicativo para que el usuario residencial pueda orientarse, identificar medidas, evaluar desde las perspectivas económicas, ambientales y sociales y establecer la viabilidad de la adopción e implementación de las medidas de eficiencia energética en su hogar e identificar si es o no conveniente.

Población y Muestra

La delimitación de las características de la población no solo depende de los objetivos de la investigación, sino de otras razones prácticas. Una investigación no será mejor por tener una población más grande; la calidad de un trabajo investigativo estriba en delimitar claramente la población con base en el planteamiento del problema.

(Hernández & Mendoza, 2018)

Por consiguiente, para lograr el objetivo de esta investigación con el fin de delimitar la unidad de muestreo, se tendrá en cuenta la población en general de los hogares en Colombia, mayores de edad sin diferencia de estrato que podrían implementar medidas de eficiencia energética en sus hogares. No se realiza ninguna discriminación por género, ingresos, escolaridad o estado civil, sin embargo, se puede obtener información de la muestra para identificar preferencias o hábitos de consumo.

El muestreo en la investigación cuantitativa se divide en dos: probabilístico y no probabilístico. En el muestreo probabilístico, cada elemento de la población tiene la misma oportunidad de ser seleccionado, lo que se logra mediante una definición precisa de las características de la población y una selección aleatoria. Por otro lado, el muestreo no probabilístico se basa en criterios relacionados con el contexto y características específicas de la investigación (Hernández & Mendoza, 2018). En poblaciones completamente homogéneas, una muestra pequeña puede ser suficiente, pero en casos

como el objeto de este estudio, se requiere un proceso de muestreo probabilístico para garantizar la representatividad de los resultados.

Dado que el universo seleccionado como población no es homogéneo, se ha seleccionado el tipo de muestra probabilístico, ya que permite poder de forma aleatoria obtener información de la mayor cantidad de hogares sin acotarlo a una selección específica de hogares dentro de la población objetivo del estudio.

Por consiguiente, la investigación va a los sectores residenciales del país, y con el fin de poder determinar una muestra adecuada se toma como base la población colombiana que de acuerdo con el Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE para el año 2018 era una población de 43.835.324 personas ajustada por omisión, donde el 68.2% corresponde a una población entre 15 y 59 años. Esta población está representada en 14.243.223 viviendas ocupadas lo cual corresponde a 16.070.893 hogares. (DANE, 2018).

Las muestras probabilísticas son esenciales en los diseños de investigación transeccionales, tanto descriptivos como correlacionales-causales (las encuestas de opinión, por ejemplo), donde se pretende hacer estimaciones de variables en la población. (Hernández & Mendoza, 2018).

Si la población a encuestar es superior a 100.000 hogares se debe tomar la fórmula de la Figura 3. La información que se tomó para obtener el tamaño de la muestra será la siguiente:

- Z: 95% nivel de confianza
- P: 50% probabilidad favor
- Q: 50% probabilidad en contra
- E: 5% rango de error

Figura 3

Fórmula cálculo de muestra infinita

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2}$$

n = Tamaño de muestra buscado

e = Error de estimación máximo aceptado

N = Tamaño de la Población o Universo

p = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito)

z = Parámetro estadístico que depende el Nivel de Confianza (NC)

q = (1 - p) = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

Nota. Elaborado por los autores a partir de (QuestionPro, s.f)

Por consiguiente, con el fin de tomar la muestra adecuada, se ha utilizado la anterior formula por medio del programa Decision Analyst STATS 2.0, tomando en cuenta la cantidad de hogares para un nivel de confianza Z y un margen de error E, dando como resultado lo mostrado en la Figura 4, que establece que el tamaño adecuado de la muestra es de 384 instrumentos a aplicar. (Decision Analyst, Inc, 2009).

Figura 4

Cálculo de muestra

Nota. Elaborado por los autores usando la aplicación de Decision Analyst, Inc, (2009)

En esta investigación, se utilizará una muestra probabilística, y como se busca que todos los casos del universo tengan la misma probabilidad de ser seleccionados, se utilizará el muestreo aleatorio simple.

Diseño Del Instrumento y Validación

De acuerdo con las variables planteadas como parte del estudio, se definieron las preguntas necesarias para obtener la información deseada para cada una de estas. A partir de esta construcción se ha solicitado validación de este a cuatro expertos del sector energético, entre ellos al director del grupo de investigación INDEVOS de la Universidad EAN e Instructores investigadores de Sistema de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico SENNOVA del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Con el resultado de Validación de Aiken obtenido, se eliminaron algunas de ellas por pertinencia y se ajustaron aquellas preguntas en las cuales se evaluaron positivamente por su pertinencia y relevancia, pero que requerían mayor claridad. De esta manera, se obtuvo el instrumento definitivo presentado en la Figura 5.

Figura 5

Instrumento para recolección información

**VIABILIDAD ECONOMICA Y AMBIENTAL DE LAS MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGETICA PROPUESTAS EN EL PAI PROURE 2022-2030
EN EL SECTOR RESIDENCIAL EN COLOMBIA**

Fecha de aplicación de la encuesta

Nombre

1. CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA

¿En qué ciudad o municipio está ubicada la vivienda?

¿Cuál es el tipo de vivienda?

☐ Casa ☐ Apartamento ☐ Apartaestudio ☐ Otro ¿Cuál?

¿A qué estrato pertenece la vivienda?

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6

¿Cuántas habitaciones tiene la vivienda?

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4

¿Cuántos baños tiene la vivienda?

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4

¿La vivienda cuenta con un espacio específico para cocina?

☐ Si ☐ No

¿La vivienda cuenta con sala-comedor?

☐ Si ☐ No

¿La vivienda tiene ingreso permanente de luz solar?

☐ Si ☐ No

¿Cuál es el tono de los acabados exteriores de techo y paredes?

☐ Oscuro ☐ Claro ☐ Mixto

2. COMPOSICIÓN DEL HOGAR

¿Cuántas personas conforman el hogar?

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6

¿Cuántas personas permanecen más de 6 horas durante el día en la vivienda?

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6

3. INGRESOS FAMILIARES

De las personas que conforman el hogar ¿cuántas aportan ingresos para los gastos?

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6

¿Cuál es el rango de ingresos en SMLV de las personas que aportan para los gastos del hogar?

☐ <1 SMLV ☐ Entre 1 y 2 SMLV ☐ Entre 2 y 4 SMLV ☐ Entre 4 y 6 SMLV ☐ Entre 6 y 8 SMLV ☐ Entre 8 y 10 SMLV ☐ > 10 SMLV

4. CARGA ELÉCTRICA INSTALADA

¿Qué electrodomésticos hay en la vivienda?

					Cantidad	Consumo Prom/kWh
☐ Nevera	☐ Lavadora	☐ Estufa Eléctrica	☐ Horno Microondas	☐ Horno Eléctrico	☐ Aire Acondicionado	
☐ Nevera	☐ Lavadora	☐ Estufa Eléctrica	☐ Horno Microondas	☐ Horno Eléctrico	☐ Aire Acondicionado	
☐ Nevera	☐ Lavadora	☐ Estufa Eléctrica	☐ Horno Microondas	☐ Horno Eléctrico	☐ Aire Acondicionado	
☐ Nevera	☐ Lavadora	☐ Estufa Eléctrica	☐ Horno Microondas	☐ Horno Eléctrico	☐ Aire Acondicionado	
☐ Nevera	☐ Lavadora	☐ Estufa Eléctrica	☐ Horno Microondas	☐ Horno Eléctrico	☐ Aire Acondicionado	
☐ Nevera	☐ Lavadora	☐ Estufa Eléctrica	☐ Horno Microondas	☐ Horno Eléctrico	☐ Aire Acondicionado	
☐ Nevera	☐ Lavadora	☐ Estufa Eléctrica	☐ Horno Microondas	☐ Horno Eléctrico	☐ Aire Acondicionado	
☐ Nevera	☐ Lavadora	☐ Estufa Eléctrica	☐ Horno Microondas	☐ Horno Eléctrico	☐ Aire Acondicionado	

¿Qué tipo de bombillos utiliza en la vivienda?

				Cantidad	Potencia W
☐ Bombillo Convencional	☐ Halógeno	☐ Fluorescente	☐ Led		
☐ Bombillo Convencional	☐ Halógeno	☐ Fluorescente	☐ Led		
☐ Bombillo Convencional	☐ Halógeno	☐ Fluorescente	☐ Led		
☐ Bombillo Convencional	☐ Halógeno	☐ Fluorescente	☐ Led		

5. CONSUMO DE ENERGÍA	
De acuerdo al último recibo de la energía eléctrica ¿Cuánto es el consumo promedio mensual en kWh/mes?	
De acuerdo al último recibo de la energía ¿Cuál fue el consumo en kWh/mes del último mes?	
Si se indicó que posee aire acondicionado ¿cuántas horas al día promedio es utilizado?	
6. COSTOS DE ENERGÍA	
¿Cuánto fue el costo de la energía cancelado el último mes?	
Si existiera una alternativa para generar ahorro en el costo de energía a futuro, ¿cuánto estaría dispuesto a invertir mensualmente?	
Si la respuesta al punto anterior es positiva ¿En cuánto tiempo espera recuperarla?	
7. GRADO DE ADOPCIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	
¿Cuáles considera que son prácticas habituales en el hogar para ahorro de energía?	
☐ No dejar luces encendidas cuando no se requiere	☐ No abrir la puerta de la nevera de forma frecuente
☐ Utilizar carga llena en la lavadora	☐ Otro ¿Cuál?
En el último año, ha realizado cambio de algún electrodoméstico ☐ Si ☐ No	
Si la respuesta anterior es si, ¿cuál fue el motivo para realizar el cambio del electrodoméstico?	
☐ Daño del electrodoméstico	☐ Promociones
☐ Ahorro de energía	☐ Tiempo de uso del electrodoméstico reemplazado
¿Posee algún electrodoméstico de alta eficiencia energética o de Tipo A? ☐ Si ☐ No	
¿Ha realizado cambios en la energía utilizada para cocinar en los últimos 3 años? ☐ Si ☐ No	
Si la respuesta anterior es si, ¿cuál fue la razón del cambio del energético utilizado para cocinar?	
☐ Ahorro en costos	☐ Salud
☐ Facilidad de uso	
¿Utiliza algún tipo de energía alternativa en el hogar? ¿Cuál?	
¿Realiza algún seguimiento del consumo de energía del hogar por medio de alguna aplicación o herramienta? ☐ Si ☐ No	
8. ENERGÉTICOS EN USO	
¿Qué tipo de energía utiliza para cocinar? ☐ Carbón o Leña ☐ Energía Eléctrica ☐ Gas Natural ☐ Gas Propano	
¿Cuál es el tipo de energía o servicio público utilizado para calentar el agua para baños o duchas? ☐ Carbón o Leña ☐ Energía Eléctrica ☐ Gas Natural ☐ Gas Propano ☐ Termosolar	

Nota. Elaborado por los autores

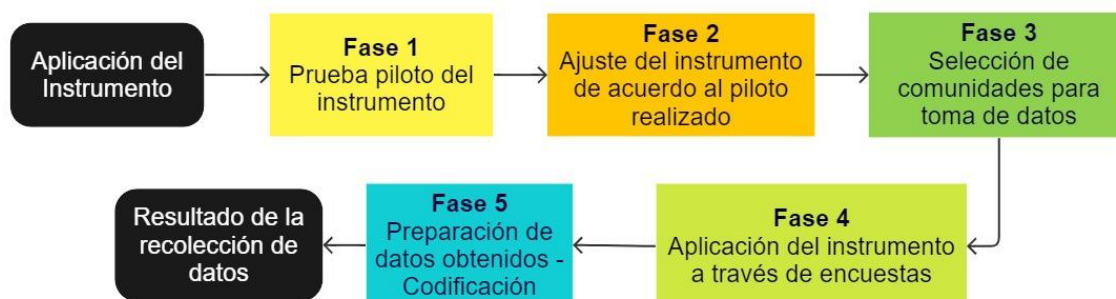
Procedimientos y técnicas de análisis de la información

Procedimiento de aplicación del instrumento. A partir del instrumento construido y validado por expertos, y con el fin de obtener datos confiables a través de la aplicación de dicho instrumento a hogares de diferentes ciudades y estratos, de acuerdo con la Figura 6 se desarrollaron las siguientes fases dentro del proceso.

Fase 1. Prueba piloto del instrumento. En esta fase se realizaron encuestas iniciales para validar la claridad de las preguntas diseñadas en el cuestionario y su aplicabilidad. Esto, permitió determinar los ajustes y modificaciones necesarias que se requerían hacer al instrumento a partir de las primeras muestras recolectadas.

Figura 6

Procedimiento de aplicación de instrumento



Nota. Elaborado por los autores

Fase 2. Ajuste del instrumento de acuerdo con el piloto realizado. Se realizaron los ajustes y modificaciones a las preguntas que presentaban dificultad en la comprensión dentro del instrumento y así mejorar su entendimiento en la población encuestada, permitiendo obtener información confiable y de buena calidad.

Fase 3. Selección de comunidades para toma de datos. Dado el factor de aleatoriedad de la selección de la muestra probabilística de los hogares colombianos, donde inicialmente tienen la misma probabilidad de selección todos los hogares del país, pero dadas las restricciones prácticas del presente estudio, como lo es el tema logístico asociado a un límite de recursos, tiempos y accesibilidad, se eligieron poblaciones específicas que igualmente representan la diversidad del país y que mantienen enriquecido el estudio en términos geográficos, socioeconómicos y demográficos.

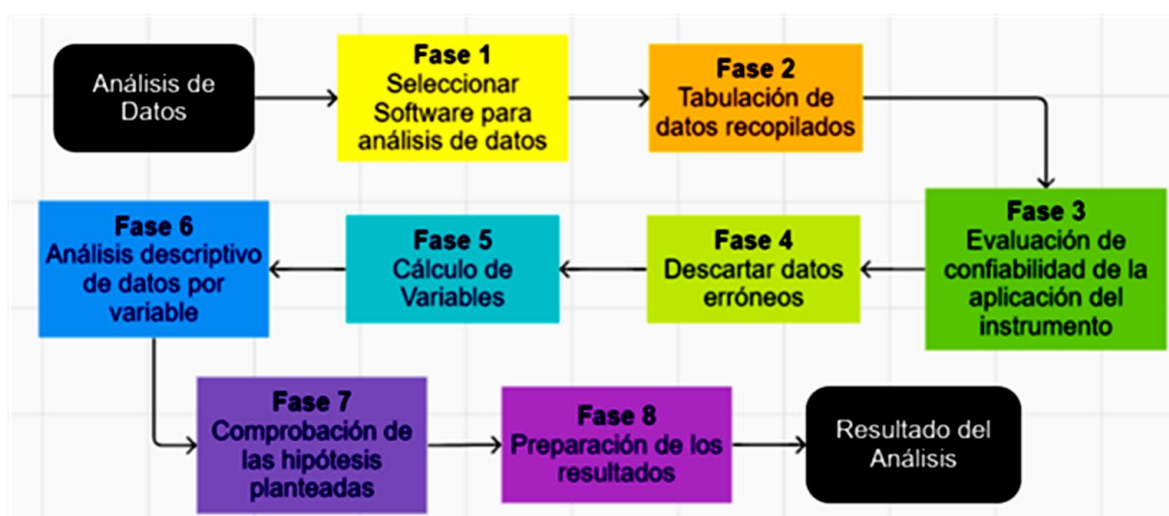
Fase 4. Aplicación del instrumento a través de encuestas. Después de la prueba piloto y ajuste del instrumento, se realizaron las encuestas en la población objetivo de manera física y virtual asistida, de tal forma que se pudo dar soporte continuo a las dificultades expuestas en el proceso por los encuestados.

Fase 5. Preparación de datos obtenidos – Codificación. A partir de la toma de los datos en la aplicación, se codificó la información obtenida y se prepararon los datos, lo cual en una primera instancia permitió descartar los datos que presentaban incoherencia e inconsistencia en la captura.

Técnicas y procesos de análisis de los datos. Posterior al proceso de aplicación del instrumento y obteniendo los datos codificados, se realizó el proceso de análisis cuantitativo de los datos de acuerdo con el esquema de fases mostradas en la Figura 7.

Figura 7

Procedimiento análisis de los datos



Nota. Elaborado por los autores.

Fase 1. Seleccionar Software para análisis de datos. Dada la cantidad de información recolectada, se utilizó el programa computacional Power BI que permitió ayudar a realizar el proceso de análisis, diagramación y presentación de los datos transformados en información valiosa.

Fase 2. Tabulación de datos recopilados. Posterior a la aplicación del instrumento y con el software seleccionado, se procedió a cargar la información codificada a la solución seleccionada (Bases de datos de SQL Server).

Fase 3. Evaluación de confiabilidad de la aplicación del instrumento. Se realizó a través de la aplicación del coeficiente alfa de Cronbach en el software IBM SPSS a cada variable, obteniendo coeficientes entre 0.75 y 0.82.

Fase 4. Descartar datos erróneos. A partir del análisis realizado a través de base de datos, se detectaron datos anómalos e inconsistentes, los cuales fueron descartados, buscando la precisión y confiabilidad de la información recolectada.

Fase 5. Cálculo de Variables. Dado que hay algunas variables que no son aplicables en el instrumento, sino son el resultado del cálculo de algunas variables obtenidas de fuentes secundarias, se realizó el cálculo detallado de estas, antes de la realización del análisis descriptivo de cada variable.

Fase 6. Análisis descriptivo de datos por variable. Con la información consolidada y con ayuda del software seleccionado Power BI, las variables se describieron a través de métodos estadísticos, estableciendo el comportamiento de cada una de estas.

Fase 7. Comprobación de las hipótesis planteadas. A partir de los valores obtenidos, el análisis realizado de cada una de las variables, se confrontó la hipótesis planteada, esto con el fin de realizar la validación o verificación si es verdadera o falsa.

Fase 8. Preparación de los resultados. De acuerdo con el análisis particular de cada variable, se realizó la preparación de gráficos, tablas y elementos que ayudan a presentar de forma sencilla, entendible y clara, los resultados de la investigación.

Trabajo de Campo

De acuerdo con las fases propuestas para la ejecución de la investigación a continuación se describen los resultados del trabajo de campo que inicia con el proceso de recolección de la información para establecer el estado actual y caracterizar mediante el análisis de la información el uso de la energía, el consumo y desempeño energético y ambiental y el escenario de implementación de medidas de eficiencia energética para sector residencial.

Procesamiento De Los Datos

A continuación, se describen tanto los sistemas de información y aplicaciones diseñadas para desarrollar la recolección de los datos.

Sistemas De Información Y Aplicaciones Diseñadas

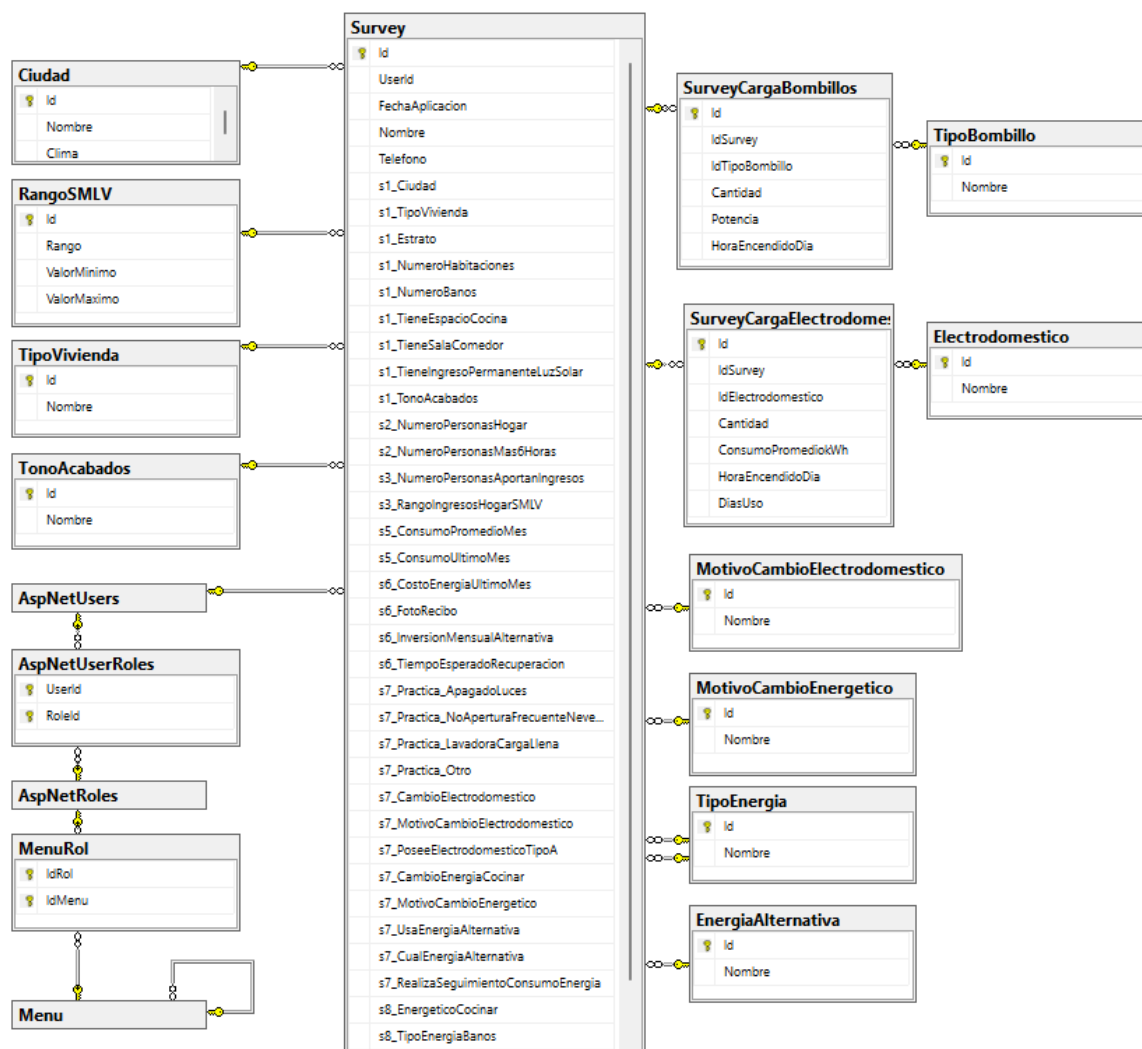
Con el fin de aplicar el instrumento diseñado y validado para la recolección de la información de las variables de interés del estudio y cubrir las diversas localizaciones geográficas seleccionadas para el levantamiento de datos, se desarrolló un sistema de información web centralizado. Se definió la implementación de un sitio web, lo cual permitió eficiencia en la ejecución del proceso, asistencia en la realización de las encuestas, consistencia de datos y estandarización de categorías para la clasificación de información y muy importante, monitoreo en tiempo real de la información recolectada.

El desarrollo de la solución involucró varias etapas: Análisis, Diseño, Implementación, Piloto, Ajustes del Instrumento y Lanzamiento. Durante el proceso de análisis, se examinó el instrumento aprobado, cada una de sus variables y los campos requeridos para su generación. En la etapa de Diseño, se creó el modelo Entidad-

Relación para la recolección de información el cual se observa en la Figura 8, y el diseño gráfico de la página web, tanto para la administración como para el instrumento.

Figura 8

Diagrama Entidad-Relación SurveyDB



Nota. Elaborado por los autores

Aplicación De Instrumento Diseñado.

En el proceso de implementación, se desarrolló el backend de la solución con las reglas de negocio, dejando la solución lista para la toma de datos. Esto quiere decir que

se implementaron todas las reglas, condiciones y procesos que definen cómo debe comportarse el sistema de acuerdo con los requisitos y objetivos del estudio. La solución fue desplegada en la nube pública de Azure, donde se realizó un piloto a cargo del equipo implementador del proyecto, con el fin de detectar posibles mejoras y dificultades en la fase de levantamiento de información.

Con base en los resultados del piloto, se realizaron los ajustes pertinentes, se llevó a cabo una limpieza del instrumento y se inició la recolección de datos como se muestra en la Figura 9.

Figura 9

Aplicación web Survey-PaiProure

The image displays the Survey-PaiProure web application interface. It includes a login section with fields for 'Nombre de usuario' and 'Contraseña', a 'Ingresar' button, and a 'Recuperar contraseña' link. Below the login section is a user profile area showing the user's name 'SENACUCU2', a 'Cerrar Sesión' button, and a list of surveys. The main survey form is titled 'Encuesta viabilidad económica y ambiental PAI PROURE 2022-2030 sector residencial en Colombia'. It contains several sections: '1. CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA' with questions about location, type, and features; '5. CONSUMO DE ENERGÍA' with questions about electricity usage; '6. COSTOS DE ENERGÍA' with questions about energy costs and alternatives; and '7. GRADO DE ADOPCIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA' with a photo upload section. The interface is clean and professional, with a yellow and blue color scheme.

Nota. Elaborado por los autores

Para el análisis de los datos se utilizó PowerBI, que actualmente se posiciona como una herramienta valiosa en el análisis de información y que dentro de sus ventajas

cuenta con la facilidad de integración con SQL Server (Base de datos donde se implementó el instrumento) lo que permite un análisis adecuado y eficiente de los datos recolectados, ofreciendo una visión panorámica y detallada de los resultados obtenidos.

El uso de PowerBI, facilita el análisis de las variables de estudio a través de visualizaciones dinámicas y personalizadas, facilita la identificación de tendencias, patrones y relaciones significativas en la información recopilada, proporcionando una base sólida para el análisis y la interpretación de los resultados del estudio con la población objetivo de la investigación.

A partir de realizar las correcciones en las funcionalidades del aplicativo, se procedió a planificar el cronograma de aplicación de pruebas a la población objetivo, para lo cual se segmentó en ubicación geográfica y pisos térmicos, con el objetivo de abarcar más información respecto de la cultura y hábitos del consumo de la energía.

La tabla 3 muestra la ejecución de la encuesta de acuerdo con la segmentación mencionada:

Tabla 3
Distribución de la ubicación geográfica de la muestra

Lugar	Piso térmico	Fecha Inicio	Fecha Final	Observaciones
Bogotá y Sabana	Frio	20 febrero 2024	9 Marzo 2024	Aplicado a hogares de distinto estrato socioeconómico
Pereira y dos quebradas	Templado	26 Febrero 2024	29 Febrero 2024	Aplicado a hogares de distinto estrato socioeconómico
Cúcuta	Cálido	28 Febrero 2024	1 Marzo 2024	Aplicado a hogares de distinto estrato socioeconómico

Nota. Elaborado por los autores.

Se recolectaron un total de 678 encuestas elaboradas para la siguiente etapa de análisis de los datos distribuidas de la siguiente forma: 445 Bogotá y Sabana, 135 Pereira y Dos Quebradas y 98 Cúcuta.

Del anterior universo de encuestas se aplicó el proceso de limpieza y exclusión a aquellas encuestas que presentaban errores por valores atípicos o faltantes de datos. De tal forma que se aceptaron 490 encuestas completas e integra de acuerdo con la metodología expuesta para continuar el proceso de analítica distribuidas en 314 Bogotá y Sabana, 105 Pereira y Dos Quebradas y 71 Cúcuta.

Análisis De Resultados

En el siguiente apartado se realiza el análisis descriptivo de cada variable declarada como relevante dentro del estudio y además se hará un análisis inferencial de la hipótesis planteada, buscando la correlación entre las variables para identificar su alineación y fuerza para la interpretación.

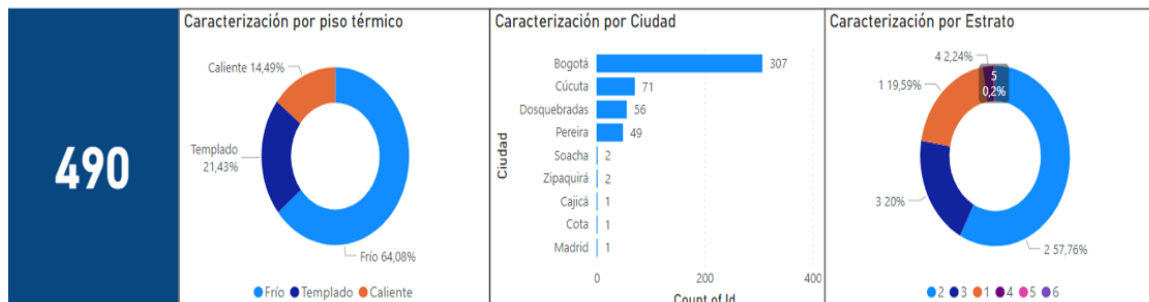
Análisis Descriptivo De Variables

De acuerdo con la información obtenida de la herramienta de diagnóstico aplicada en la población objetivo en cada segmento a través del aplicativo, se ha realizado un análisis detallado de los resultados individuales de cada una de las preguntas formuladas en el cuestionario.

En la Figura 10, se puede identificar que se desarrollaron encuestas en los tres (3) pisos térmicos típicos colombianos concentrados la mayor parte de la población en área urbana, donde el 64% de los encuestados vive en piso térmico frío que corresponde a municipios ubicados a más de 2000 m.s.n.m, el 21,5% se ubica en piso térmico templado correspondiente a mayor a 1000 m.s.n.m y menor a 2000 m.s.n.m y un 14,5% de encuestados en pisos térmicos cálidos que corresponden a menos de 1000 m.s.n.m.

Figura 10

Caracterización general de la población encuestada



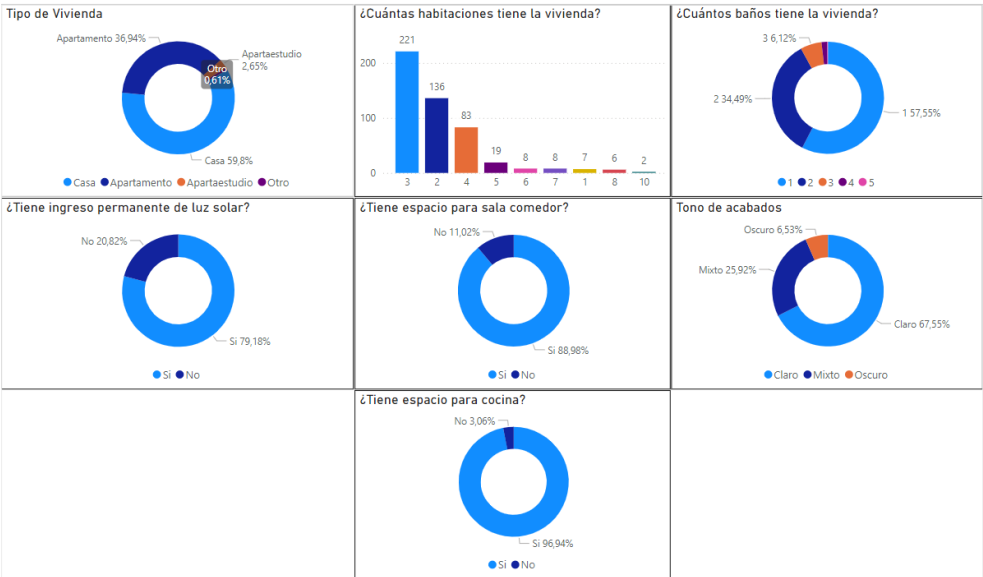
Nota. Elaborado por los autores

También se puede identificar que la mayor parte de los encuestados pertenecen a los estratos socioeconómicos 2 y 3 con una representación cercana al 78%.

Características De Las Viviendas. De acuerdo con los resultados consolidados para esta variable de estudio y de acuerdo con la Figura 11, se puede establecer que el mayor porcentaje de encuestados viven en casas 59.8% seguido de apartamentos 36.94%, que las áreas habitables de las casas actualmente disponen en su mayoría 79.18% de ingreso de luz solar, que los acabados de los revestimientos y cubiertas la tendencia mayor es en el uso de colores claros con un 67.55% y que en términos de las áreas habitables la mayoría es decir por encima del 90% cuenta con espacios separados de cocina, sala y comedor, además de que el 70.8% cuenta en su vivienda con 3 o más habitaciones, de tal forma que estos aspectos se relacionan con un mayor número de unidades de consumo en iluminación y tomas eléctricas.

Figura 11

Características de las viviendas de la población encuestada

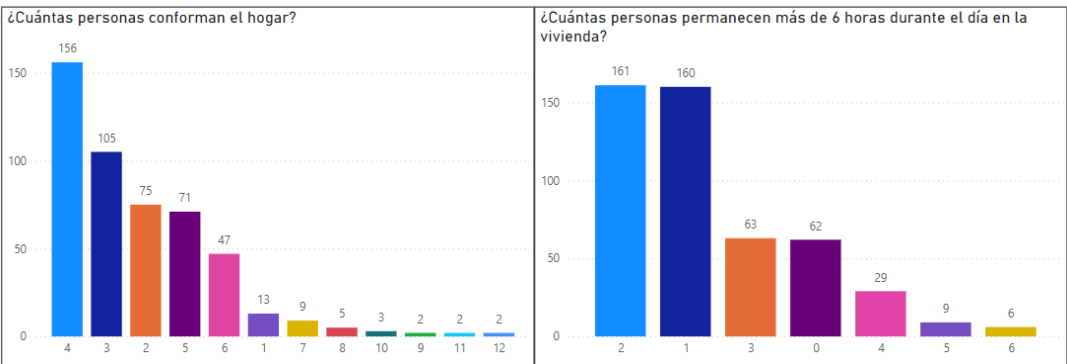


Nota. Elaborado por los autores.

Composición De Los Hogares. En la Figura 12 se muestra en detalle el número de personas que conforman los hogares encuestados y la permanencia que permite identificar el potencial de uso de la energía en los hogares encuestados

Figura 12

Composición demográfica viviendas población encuestada



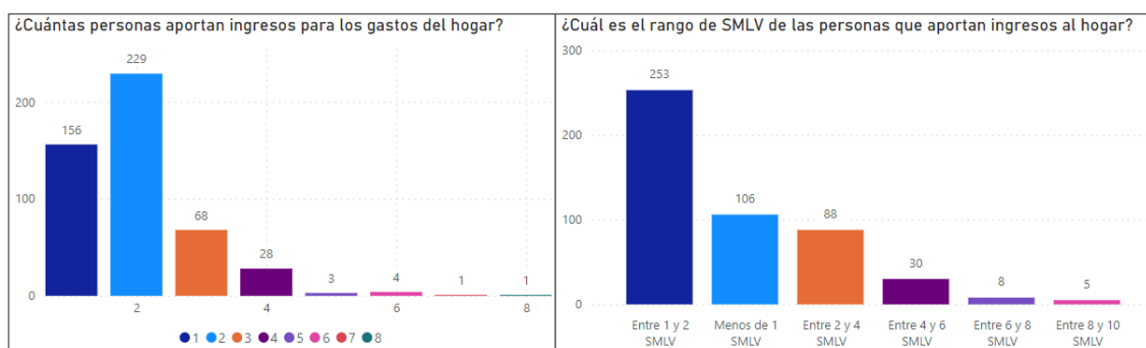
Nota. Elaborado por los autores.

De acuerdo con lo anterior el 82% de los hogares encuestados cuenta con 3 o más personas que habitan en los hogares y respecto de la permanencia en el hogar se encuentra que en la mayoría de los hogares al menos 2 o más personas se mantienen por más de 6 horas durante el día habitando la vivienda de acuerdo con el 54,7% de los encuestados.

Ingresos familiares. Otra de las variables claves en el análisis se refiere a la cantidad de personas que aportan a los ingresos del hogar y el nivel de ingresos. Frente a la primera, en la mayoría de los hogares encuestados son dos las personas que aportan al hogar con un 46,7%, mientras que el mayor nivel de ingresos totales es de 1 a 2 salarios mínimos con un 51.63% de los encuestados. Es de anotar también en ese rubro que el 21.6% percibe menos de un salario mínimo. En la Figura 13 se presenta la información de los ingresos familiares.

Figura 13

Ingresos familiares viviendas de la población encuestada



Nota. Elaborado por los autores.

Carga Eléctrica Instalada. El análisis de la distribución del consumo de electrodomésticos e iluminación permite, identificar a través de las gráficas de tendencia la utilización de cada carga eléctrica instalada en el hogar.

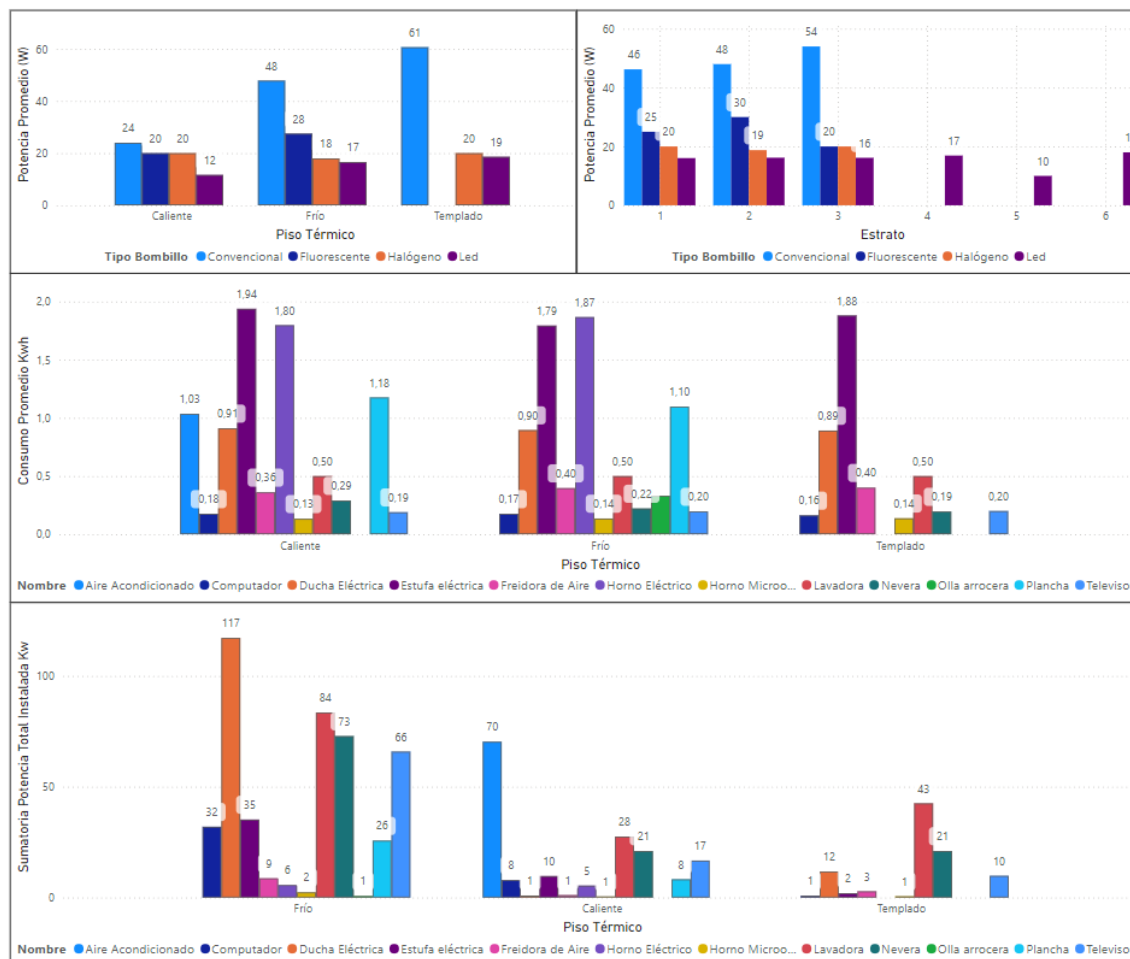
Frente a la iluminación se puede identificar que sigue siendo la iluminación convencional una de las principales tecnologías que aún se mantienen vigentes en el mercado de dispositivos eléctricos y que se acentúa más en los estratos sociales 1,2 y 3. Mientras que por los estratos sociales 4,5 y 6 tiene mayor cabida la iluminación led por su uso preferencial.

En cuanto a electrodomésticos más utilizados y de acuerdo con lo sugerido en la NTC ISO 50001, la manera de afrontar la gestión eficiente de la energía obedece a un proceso que inicia con la caracterización energética y posteriormente la identificación de las áreas o equipos clave a través de la regla de Pareto que explica que el 80% del consumo que permite gestionar brechas importantes de ineficiencia se puede gestionar en el 20% de equipos claves y críticos (UPME, 2019).

Teniendo en cuenta dicha regla, se pudo identificar de acuerdo con la Figura 14, que de acuerdo con la muestra asociada al piso térmico frío la mayor parte de la carga instalada está asociada a la calefacción del agua con ducha eléctrica 25,9%, lavadora 18,6%, nevera 16,2% y televisor 14,6% que equivalen junto con la iluminación a cerca del 80% del consumo. Para el caso de los hogares de la muestra, asociados al piso térmico templado se pudo evidenciar que la mayor parte de la carga instalada asociada al consumo con electrodomésticos, es la lavadora con el 46,2%, seguido de nevera con 22,6%, la ducha eléctrica y el televisor con el 12,9% y 10,7% respectivamente se convierten en más del 80% de la carga representativa en el consumo total y por último para el caso de los hogares de la muestra, asociados al piso térmico cálido se pudo establecer que el aire acondicionado con el 41,2%, seguido de la lavadora con el 16,5% y la nevera con el 12,3% y por último el televisor con el 10% respectivamente se convierte en la carga representativa por encima del 80% de la carga instalada y que se convierten en los electrodomésticos de uso significativo.

Figura 14

Carga instalada viviendas de la población encuestada



Nota. Elaborado por los autores.

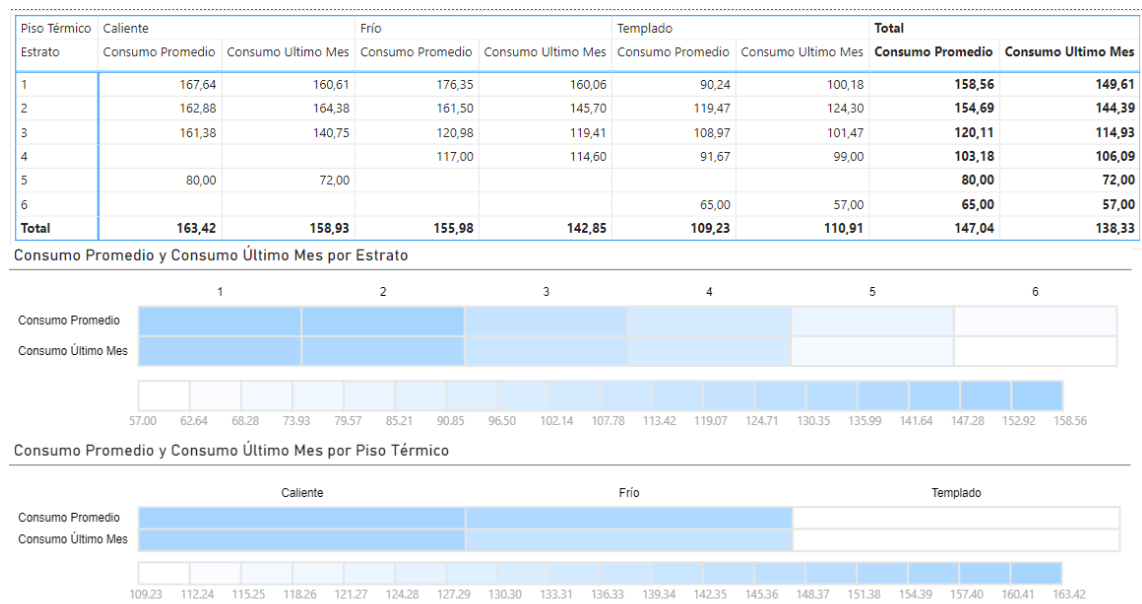
Consumo De Energía. El consumo de energía es una variable que permite identificar lo intensivo del uso de las energías y de manera indirecta los hábitos. De acuerdo con los resultados y con la Figura 15, se analiza de manera general el consumo promedio y de manera segmentada de acuerdo con los pisos térmicos de la muestra. De esta forma se encuentra que para los estratos 1 y 2 en los diferentes pisos térmicos de la muestra se tiene un consumo promedio de 158 y 154 kwh/mes, sin embargo, se resalta

que en lugares fríos y cálidos hay un mayor consumo comparado contra el templado, esto se puede deber a la necesidad de refrigeración o calefacción del ambiente.

Para el caso de los estratos 3 y 4, el consumo promedio disminuye notablemente en relación con los estratos más bajos de acuerdo con la muestra, pasando de 158 y 154 kwh/mes frente a los 120 y 103 kwh/mes que presentan estos estratos intermedios, es probable que tenga que ver con la asignación de subsidios y el consumo de subsistencia.

Sin embargo, el mayor aporte al promedio lo hace el piso térmico caliente, especialmente en los estratos 1, 2 y 3, debido a la posible combinación de los dos factores relacionados con tener mayor límite de consumo de subsistencia y la necesidad de refrigerar espacios.

Figura 15
Consumos de energía viviendas población encuestada



Nota. Elaborado por los autores

En cuanto a los dos estratos superiores 5 y 6, de acuerdo con la muestra, el valor del consumo promedio se reduce significativamente a 80 y 65 kwh/mes respectivamente. Esto puede estar orientado a tener menor información y por supuesto al incremento de la tarifa aplicada debido al impuesto de contribución y a la eliminación de beneficios.

De manera general se puede destacar que el piso térmico cálido muestra un mayor consumo promedio de toda la muestra con un promedio de 163.4 kwh/mes, el piso térmico frío se ubica muy cerca con un promedio de 155.98 kwh/mes mientras que el piso térmico templado su promedio baja sustancialmente a 109.22 kwh/mes.

Costos De La Energía. El costo de la energía es una variable que tiene varios factores para tener en cuenta, porque su valor depende de la tarifa aplicada.

Dentro de lo más importante que afecta la tarifa aplicada está, primero, la definición de la propiedad del activo, ya que el valor final se incrementa si la propiedad del transformador es de la empresa electrificadora, como suele ocurrir con usuarios de vivienda unifamiliar, o si la propiedad del transformador es del usuario, para el caso más típico de los edificios o conjuntos residenciales. De acuerdo con la estructura tarifaria colombiana, hay diferencias en el costo de la tarifa en los usuarios residenciales debido a la propiedad del activo de conexión a las redes eléctricas. La forma en cómo afecta la tarifa si la propiedad es de la empresa electrificadora o la propiedad es del usuario está definida en la resolución de la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG 015 de 2018, que define la metodología para establecer la remuneración de la actividad de distribución y de los activos de conexión que es parte de la formula tarifaria (CREG, 2018).

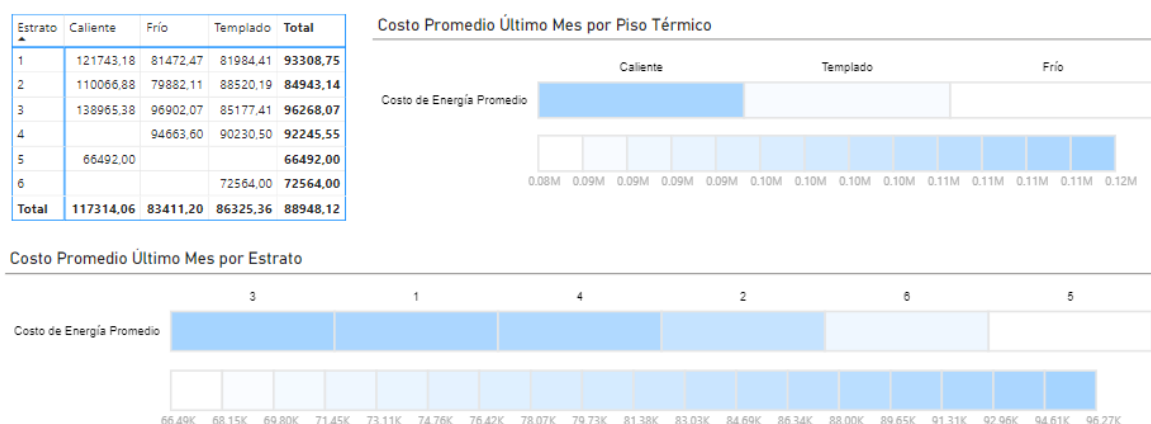
También se ve afectado por la asignación de subsidios y su tope sobre el consumo de subsistencia y las contribuciones, esto de acuerdo con el estrato socioeconómico.

De acuerdo con el análisis y con la Figura 16, se encontró que el costo promedio pagado de energía es de \$88.948 mensuales y que las ciudades con el clima cálido son los que están por encima del promedio con valor pagado de \$117.314 en contraste con el piso térmico frío que esta ligeramente por debajo del promedio con un valor pagado de \$83.411.

Finalmente, se puede decir que el estrato 3 se muestra como el estrato socioeconómico que más energía paga, alcanzando los \$96.268 en promedio.

Figura 16

Costos energía consumida viviendas población encuestada



Nota. Elaborado por los autores.

Grado De Adopción Medidas De Eficiencia Energética. Esta variable analizada permite identificar cuáles son las medidas conocidas y actualmente implementadas por la población objetivo en la búsqueda del ahorro consciente del consumo energético y cuales tienen bajos grados de adopción. La Figura 17, muestra la distribución y el grado de adopción en la población encuestada.

Hábitos. Algunas medidas son mayormente aceptadas e implementadas como el control de encendido y apagado de la iluminación con un 74% y carga llena de la lavadora y la no apertura frecuente de la nevera con 52% y 64% respectivamente.

Figura 17

Grado de implementación de medidas de eficiencia viviendas



Nota. Elaborado por los autores.

De otro lado se puede identificar que existen otras medidas de eficiencia que no han sido tenidas en cuenta por desconocimiento o por dificultad económica para desarrollar inversiones en esa materia, como el caso de la desconexión de dispositivos o electrodomésticos no utilizados que mantienen consumos en reposo, solo el 11% desarrolla esta medida, también el caso de controlar los hábitos de uso desmedido de los

electrodomésticos o dispositivos solo trece (13) encuestados reportaron esta práctica que corresponde al 2.65% del total.

Reposición de electrodomésticos de acuerdo con etiquetado. El 66% de la muestra indica que posee al menos un (1) electrodoméstico con etiquetado eficiente, lo cual muestra una brecha importante de población que por alguna razón no ha usado esta medida para ahorrar energía.

Frente a los motivos de la población que hizo el cambio de electrodoméstico por uno de etiqueta eficiente, la principal razón es el daño del equipo con un 37.8%, seguido del tiempo de uso, el ahorro de energía, dejando de última razón las promociones de los fabricantes y comercializadores.

Cambio de energético para el consumo. Solo el 20% de la población encuestada informa que ha realizado cambios en su energético para cocinar, De acuerdo con los resultados casi la mitad de la población argumenta que el cambio de energético obedece a facilidad para cocinar, mientras que la otra mitad su razón es el ahorro de energía.

Energías alternativas. Con un rotundo NO con el 99.8% de la población encuestada se establece que no se están usando las energías alternativas en casa. Solo un (1) encuestado afirma que usa energía solar fotovoltaica para el consumo de energía en su vivienda.

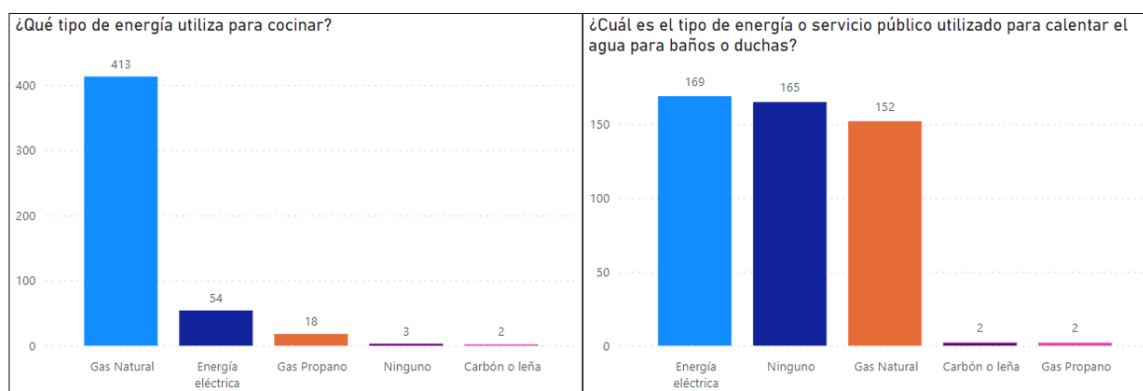
Seguimiento al consumo. Se preguntó a la población encuestada si realizaba seguimiento con alguna herramienta o aplicación de los consumos diarios o periódicos de su vivienda y solo el 6% admite que si hace seguimiento al consumo, mientras el resto de población no conoce la forma en como sus hábitos afectan el consumo diario.

Energéticos En Uso. Algunas de las actividades diarias que se hacen dentro del hogar es la ducha diaria y cocinar, estas actividades se desarrollan con algunos de los energéticos disponibles en las viviendas. De acuerdo con la población encuestada el

mayor energético para cocinar es el gas natural con un 84.2% y seguidamente en el segundo energético para cocinar es la energía eléctrica con un 11%, como se observa en la Figura 18. En cuanto al baño diario y especialmente en pisos térmicos templados y fríos que son la mayor parte de los encuestados tiene como costumbre usar agua caliente, y de acuerdo con los resultados estadísticos el 34.5% utiliza calefacción eléctrica para calentar el agua de la ducha.

Figura 18

Energéticos en uso en viviendas población encuestada



Nota. Elaborado por los autores.

Costos De Implementación. Para esta variable de estudio, se desarrolló un trabajo de campo relacionado con estudio de comercialización de los diferentes electrodomésticos típicos dentro de los hogares colombianos. Para dicho levantamiento de la información se consultaron los costos y especificaciones técnicas ofertadas en algunas de las tiendas físicas y en línea más importantes de electrodomésticos del país como Alkosto/AlKomprar, Falabella, Éxito y Mercado libre.

Así mismo, se recopila información de electrodomésticos de las marcas de mayor penetración en el mercado de acuerdo con sus ventas como Samsung, Lg, Haceb, Mabe entre otras (Sectorial, 2023), esto de acuerdo con los últimos informes sectoriales.

Una forma de establecer una estrategia frente a la implementación de medidas sobre cuáles de los equipos se debe concentrar esfuerzos ya sea de reemplazo o de mantenimiento o de uso y de acuerdo con la NTC ISO 50001 en la fase de planificación de la implementación de un sistema de gestión de la energía, una de esas estrategias está en la etapa de la revisión energética, en esta etapa se permite entender y analizar el desempeño del consumo energético en este caso del hogar y dentro de las herramientas y técnicas sugeridas para entender ese desempeño mencionado es el diagrama de Pareto que permite identificar los usos significativos de la energía es decir aquellos equipos o electrodomésticos que tengan el mayor uso y/o consumo de energía que a su vez permita establecer una brecha para implementar potenciales medidas de eficiencia que impacte de manera importante en el ahorro (UPME, 2019). Para la revisión energética y con el uso del diagrama de Pareto se puede evaluar el total de los equipos y electrodomésticos en uso e identificar el 20% de equipos o electrodomésticos que representan el 80% del consumo de la energía. De esta forma sobre ese 20% de equipos o electrodomésticos priorizar las acciones o medidas de eficiencia.

De acuerdo con la UPME en sus estudios de “Diagnóstico del estado de los electrodomésticos de producción nacional con mejores eficiencias y propuesta de estrategias para su promoción”, es clave identificar que en regiones de clima cálido, una proporción significativa del consumo energético se destina a la refrigeración (45%), la ventilación (28%) y la iluminación (9%), para el caso de los climas templados, los mayores porcentajes de consumo se atribuyen a la refrigeración (52%), la ventilación (14%), la iluminación (10%) y la televisión (9%), mientras que para las zonas de clima frío, se destaca el consumo energético en la refrigeración (49%), el calentamiento de agua (22%) y la televisión (9%).

Cabe anotar que en el mismo informe y en relación con las eficiencias de los equipos o electrodomésticos de producción nacional y sus categorías (son los rangos descritos por letras, siendo la categoría A la de mayor rango de eficiencia energética), el 83% de las lavadoras se encuentran clasificadas en la categoría A, seguidas por un 6% en la categoría B, un 5% en la categoría C y otro 6% en la categoría D, en cuanto a las cocinas a gas, el 34% está clasificado como categoría A, seguido por un 49% en la categoría B, un 10% en la categoría C, un 6% en la categoría D y un 1% en la categoría E y por último, en lo que respecta a las neveras, el 13% se clasifica en la categoría A, seguido por un 69% en la categoría B, un 17% en la categoría C y un 1% en la categoría D (UPME, 2021).

De acuerdo con este escenario, la evaluación de la viabilidad de las estrategias de adopción de medidas de eficiencia energética se centrará en los equipos de mayor uso y consumo de la energía como los electrodomésticos de refrigeración, ventilación, calentamiento de agua, cocción, lavado e iluminación.

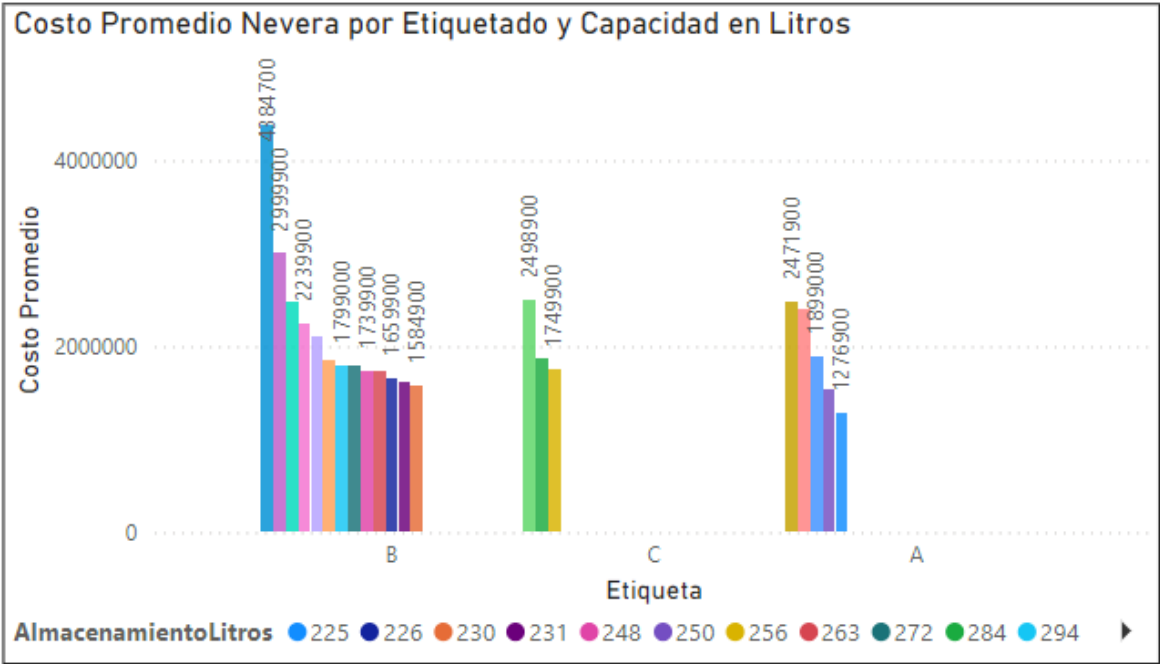
De acuerdo con la información técnica y económica para cada uno de los electrodomésticos entonces se encuentra lo siguiente:

Nevera. El costo de una nevera depende de varios factores entre los que están el etiquetado, el volumen en litros y su funcionalidad.

De acuerdo con la Figura 19, para el caso de una nevera de una puerta con volumen de almacenamiento promedio de 250 litros, se puede identificar que entre las categorías de etiquetado la nevera tipo A muestra un consumo inferior en un 25% aproximadamente frente a su similar pero en categoría C, y su diferencia en costo puede llegar al 30% sin embargo el costo está influenciado por muchos factores adicionales al consumo energético y su eficiencia, como el color, el interior, los detalles constructivos entre otros.

Figura 19

Costos de neveras según características técnicas



Nota. Elaborado por los autores.

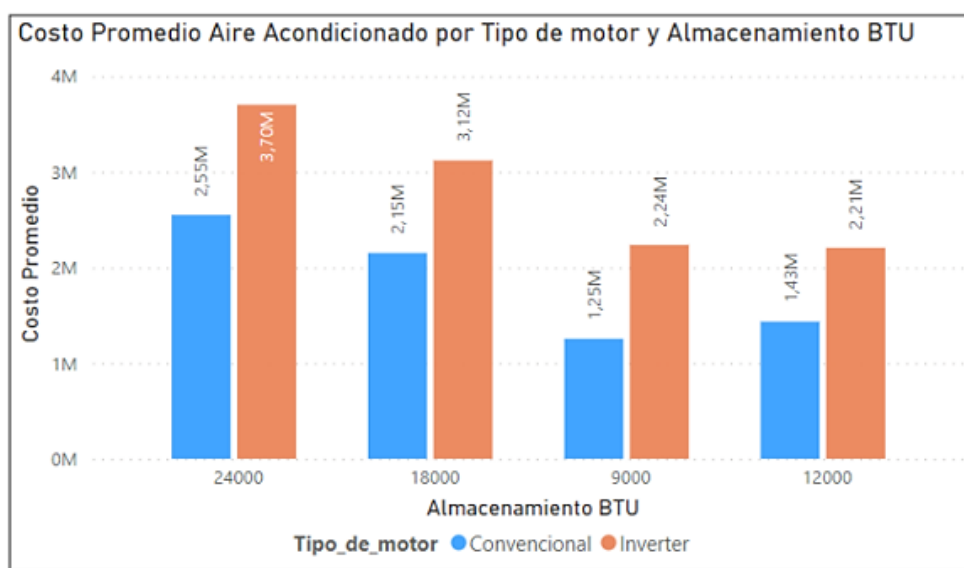
Aire Acondicionado. Para el caso de los aires acondicionados y de acuerdo con la Figura 20, varían en su potencia eléctrica dependiendo de varios factores, incluida su eficiencia energética, que se mide mediante el índice SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio). Para un aire acondicionado de 9000 BTU, el consumo medio es de aproximadamente 750 W este valor puede fluctuar significativamente según el SEER específico del equipo. En cuanto a un aire acondicionado de 12000 BTU, su consumo eléctrico suele situarse entre 1000 y 1500 vatios. Para los modelos de 18000 BTU, la potencia eléctrica ronda los 1600 y 2200 Vatios. Finalmente, un aire acondicionado de 24000 BTU consume entre 2300 y 2800 vatios de energía. El consumo varía de acuerdo con los factores de eficiencia asociados a su etiquetado, pero también la temperatura del

lugar de instalación, el nivel de tensión eléctrica y otros factores pueden afectar el rendimiento.

De acuerdo con la clasificación en BTU los aires acondicionados convencionales tienen un menor costo entre el 30% al 45% menos respecto de los inverter o de etiquetado de alta eficiencia. El consumo de un aire acondicionado de baja eficiencia vs alta eficiencia puede ser de 10 a 30% superior y varía de acuerdo con las especificaciones técnicas.

Figura 20

Costos de aires acondicionados según características técnicas



Nota. Elaborado por los autores

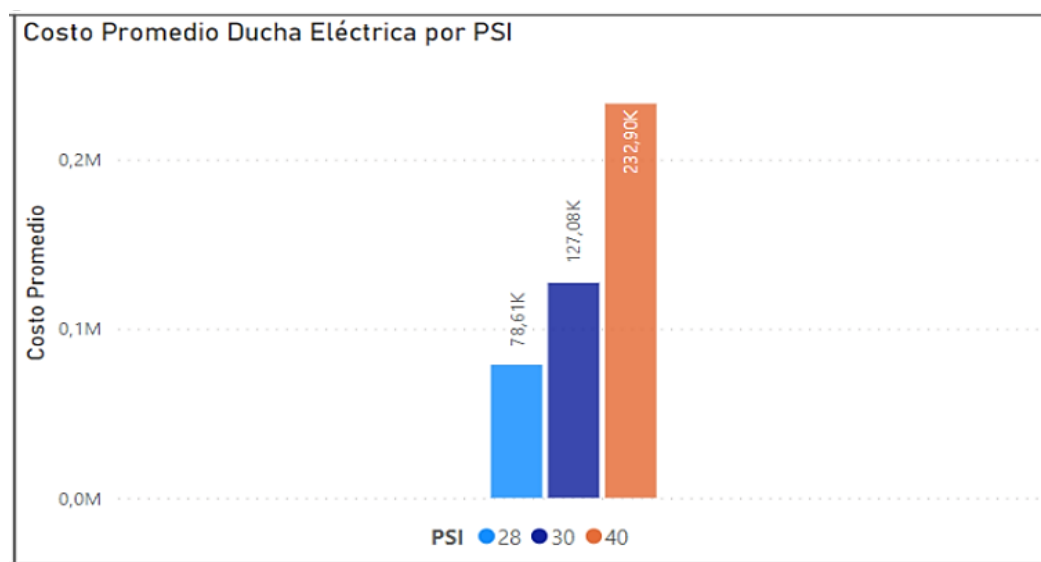
Duchas. Las duchas son uno de los electrodomésticos usados para el calentamiento del agua del baño.

De acuerdo con la información recolectada y la Figura 21, su costo va desde los \$78.000 pesos hasta cerca de \$233.000 pesos que se debe al aumento de la presión de trabajo que fluctúa entre los 28 PSI a 40 PSI. El consumo medio de la mayoría de estos

artefactos es de 4 Kwh lo que implica que ducharse en promedio con este artefacto por alrededor de 15 minutos tiene un gasto energético promedio de 1 Kwh.

Figura 21

Costos de ducha eléctrica según características técnicas



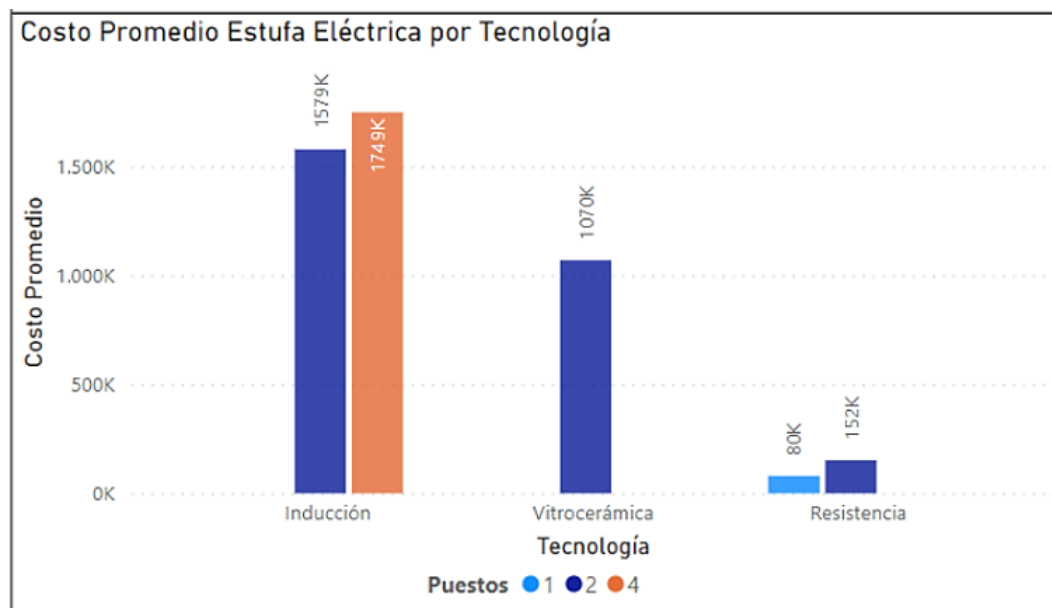
Nota. Elaborado por los autores

Estufas. En el mercado de estufas eléctricas se encuentran diferentes tecnologías como la convencional de resistencia directa, con resistencia y superficie en vitrocerámica y las estufas de inducción. Las segundas son una opción intermedia en eficiencia porque distribuyen mejor el calor que las primeras convencionales de resistencia, y en el punto alto de eficiencia se encuentran las de inducción que usan campos electromagnéticos que calientan directamente el recipiente de cocina.

De acuerdo con la Figura 22, el costo promedio de una estufa de 2 puestos en la convencional puede oscilar los \$170.000 promedio, la estufa de vitrocerámica \$1.050.000 promedio y la de inducción \$1.580.000, mientras el gasto energético puede alcanzar una diferencia de 35% de consumo mayor entre la convencional de resistencias y la de inducción.

Figura 22

Costos de estufa eléctrica según características técnicas



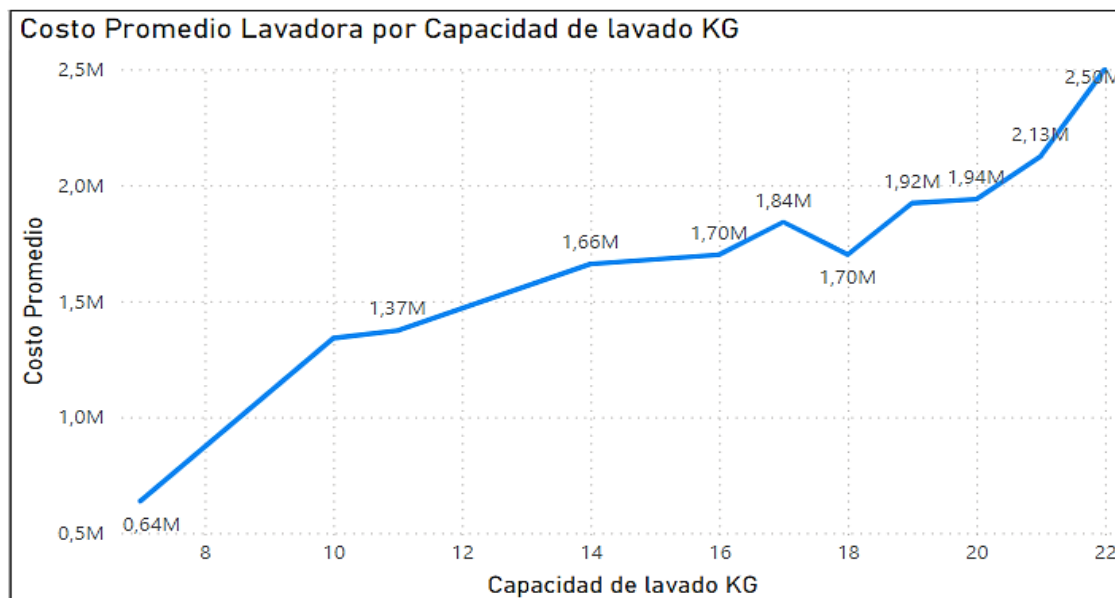
Nota. Elaborado por los autores

Lavadoras. El mercado de lavadoras actual se encuentra con una alta oferta de lavadoras con etiquetado A, lo que realmente hace la diferencia hoy en el costo tiene que ver con la capacidad de carga de lavado y las demás especificaciones técnicas y detalles constructivos.

De acuerdo con la Figura 23, el costo promedio de una lavadora básica para el hogar puede oscilar entre \$1.000.000 a \$2.500.000 con capacidades que van desde los 10 kg a 22 kg de carga.

Figura 23

Costos de lavadora según características técnicas



Nota. Elaborado por los autores

Iluminación led. El bombillo led actualmente es el más utilizado por la mayoría de los usuarios de acuerdo con la información recolectada. Es la tecnología que comparada contra las demás cuenta con menor gasto energético, aunque hay variables de selección adicionales para el uso como el nivel de iluminación, el ángulo de apertura de dispersión de la luz, la temperatura del color y su sensación, el índice de reproducción de color IRC y el rendimiento energético medido en Lumen/Vatio. Sin embargo, se puede establecer que el gasto energético de un bombillo led comparado contra uno similar en la prestación del nivel de iluminación en tecnología fluorescente compacta puede llegar a ser de la mitad.

Incentivos y Programas. Para esta variable de estudio se realizó una revisión de fuentes de información especialmente en las entidades que desarrollan la planeación y

regulación del sector. Frente al tema de incentivos del uso eficiente de la energía y vía tarifa aplicada,

Frente al desarrollo actual de programas de incentivos de las empresas del sector incluidos los fabricantes, hay pocos incentivos económicos para que los hogares quieran sustituir sus electrodomésticos ineficientes (CORPOEMA, 2021). El 88% de los usuarios residenciales se encuentran en estratos 1, 2 y 3. (CORPOEMA, 2021).

Algunos beneficios tributarios, se enmarcan en la Ley 1715 de 2014 en sus artículos del 11 al 14 donde se establecen estos beneficios tributarios y lo cuales están contemplados en la resolución UPME 203 de 2020, la ley 1715 fue reglamentada por medio del decreto 829 de 2020. En general para el uso de fuentes no convencionales de energía renovables (FNCER) como la energía solar fotovoltaica, aquellas personas que estén obligadas a declarar renta tendrán derecho a una deducción de 50% del total de la inversión realizada en FNCER en un periodo no mayor de 15 años.

A partir del año siguiente que haya entrada en operación la inversión, en ningún caso la deducción podrá ser mayor al 50% de la renta líquida determinada antes de restar el valor de la inversión, adicionalmente se excluye de IVA los bienes y servicios que sean utilizados en los proyectos de energía solar. Sin embargo, la Ley 1955 de 2019 excluye de forma expedita: los paneles solares, los inversores y los reguladores.

(Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2020)

Importante tener en cuenta que también se establece exención de gravámenes arancelarios para las máquinas y equipos e insumos que sean importados a Colombia y propone que se tenga el beneficio de depreciar aceleradamente la inversión hecha, donde la tasa de depreciación no podrá ser mayor al 20% de la tasa global anual.

(Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2020).

Por medio del Decreto 2143 de 2017 se estableció una tarifa diferencial del 5% (ya no será del 19%) en la compra de neveras nuevas por la finalidad de sustituir las neveras antiguas, estas neveras deben cumplir el Reglamento Técnico de Etiquetado (RETIQ), dentro de rango A, B o C de acuerdo con la resolución 41012 de 2015 del Ministerio de Minas. (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2017) (ANDI, 2018). Para acceder a este beneficio se deben cumplir algunas condiciones como que el costo de la nevera debe ser menor o igual a 30 UVT, se debe entregar la nevera usada en el momento de la compra y el comprador debe pertenecer al estrato 1,2 y 3.

En cuanto a otros alivios relacionados con uso de la energía se encuentran el esquema de subsidios a los servicios públicos de acuerdo con el estrato y municipio al que pertenece, La Ley de Servicios Públicos Domiciliarios establece que los estratos 1, 2 y 3 en Colombia pueden acceder a un subsidio en su factura de energía eléctrica, siempre y cuando no se supere el consumo básico o de subsistencia, teniendo en cuenta lo siguiente:

- El consumo de subsistencia en Colombia es de 173 kWh/mes y está asociado a usuario que residen en áreas o zonas de los municipios y que se encuentran a una altura inferior a 1.000 metros sobre el nivel del mar, mientras que para aquellos que residen en lugares con alturas superiores el consumo de subsistencia es de 130 kWh/mes. En caso de superar esta cantidad mínima de energía definida, el consumo adicional será cobrado a tarifa plena, esto fue reglamentado por medio de la resolución 355 de 2004 (Ministerio de Minas y Energía, 2004).

- Para el estrato 1 el subsidio es de hasta el 60% del Costo Unitario CU del kilovatio, en el estrato 2 hasta del 50% del CU y en el estrato 3 hasta del 15% del CU. Los clientes de estrato 4 no pagan contribución ni son sujetos de subsidio y los de estratos 5 y 6 y comerciales e industriales deben pagar una contribución del 20%.

El otorgamiento de subsidios está basado en un esquema equitativo y solidario que permite que los estratos del 1 al 3 puedan acceder a un alivio sobre la tarifa de energía. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, s.f.) y (CELSIA, s.f.)

En la región de la costa norte Colombia existe un proyecto denominado Caribe Eficiente, este proyecto ha logrado sustituir más de 29.000 neveras obsoletas en el caribe colombiano en los hogares estrato 1 y 2, con fin de fortalecer la transición energética en esta región, además de esto, este proyecto ha mejorado las condiciones socioeconómicas generando alrededor de 400 empleos, esto ha sido posible gracias al apoyo de los comerciantes de esta región. Este programa otorga un incentivo económico de 840 mil pesos por parte del gobierno y además, bonos de 200 mil pesos por parte de la empresa Air-e, en el marco del desarrollo de la “Feria de Equidad Energética” (Ministerio de Minas y Energía, 2023).

Esta iniciativa está siendo liderada desde el Ministerio de Minas y Energía, el Fondo de Energías no Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE) y la UPME (FENOGE, 2024).

Análisis Inferencial De La Hipótesis Planteada

Después de realizar el análisis estadístico individual de cada variable, que proporciona múltiples evidencias, se procede al análisis inferencial de la hipótesis planteada. A diferencia del análisis descriptivo, que simplemente describe las distribuciones de las variables individuales, en este punto se busca generalizar los resultados obtenidos en la muestra a la población o universo mediante el análisis inferencial.

Para explorar las relaciones entre variables y establecer la significancia estadística de la hipótesis planteada, se ha empleado Google Colab, aprovechando las funciones disponibles en la librería Pandas para análisis de datos. En particular, se ha

utilizado el método de correlación `Corr()`, que permite calcular el coeficiente de correlación de Pearson. Este coeficiente proporciona información sobre la fuerza y la dirección de la relación lineal entre pares de variables. El siguiente fue el código utilizado para la correlación de variables:

```
import pandas as pd
!python --version
print('Pandas', pd._version_)

pip install seaborn
!pip install seaborn --upgrade

#Importar los datos de la encuesta en forma categórica
df = pd.read_csv('/content/VistaEncuesta_4.csv')

#Transformar la base para no tener en cuenta la columna Id de la encuesta
encuesta = pd.read_csv('/content/VistaEncuesta_4.csv')
del encuesta['Id']

#Calcular correlación de todas las variables de la encuesta
import numpy as np
corr = encuesta.select_dtypes('number').corr()

#configurar máscara para tomar solo el triángulo inferior
mask = np.triu(np.ones_like(corr, dtype=bool))

#Imprimir matriz de correlación
print(corr)

#Generar gráfica de la matriz de correlación en forma de mapa de calor utilizando
la máscara de solo el triángulo inferior
import matplotlib.pyplot as plt
f, ax = plt.subplots(figsize=(20, 20))

cmap = sns.diverging_palette(230, 20, as_cmap=True)

sns.heatmap(corr, mask=mask, cmap=cmap, center=0, annot=True,
            square=True, linewidths=.5, cbar_kws={"shrink": .5})
```

Al aplicar este análisis, se puede determinar si existe una asociación significativa entre las variables bajo estudio, lo que permite evaluar la validez de la hipótesis. Al obtener con el código una matriz de correlación de las variables como la que se calculó en el código anterior, se usó el comando `sns.heatmap` para visualizarla como un mapa de calor. La figura 24, la escala a la derecha de la gráfica de correlación utiliza un gradiente de color desde el azul (correlación negativa) hasta el rojo (correlación positiva) para visualizar la fuerza y dirección de las correlaciones.

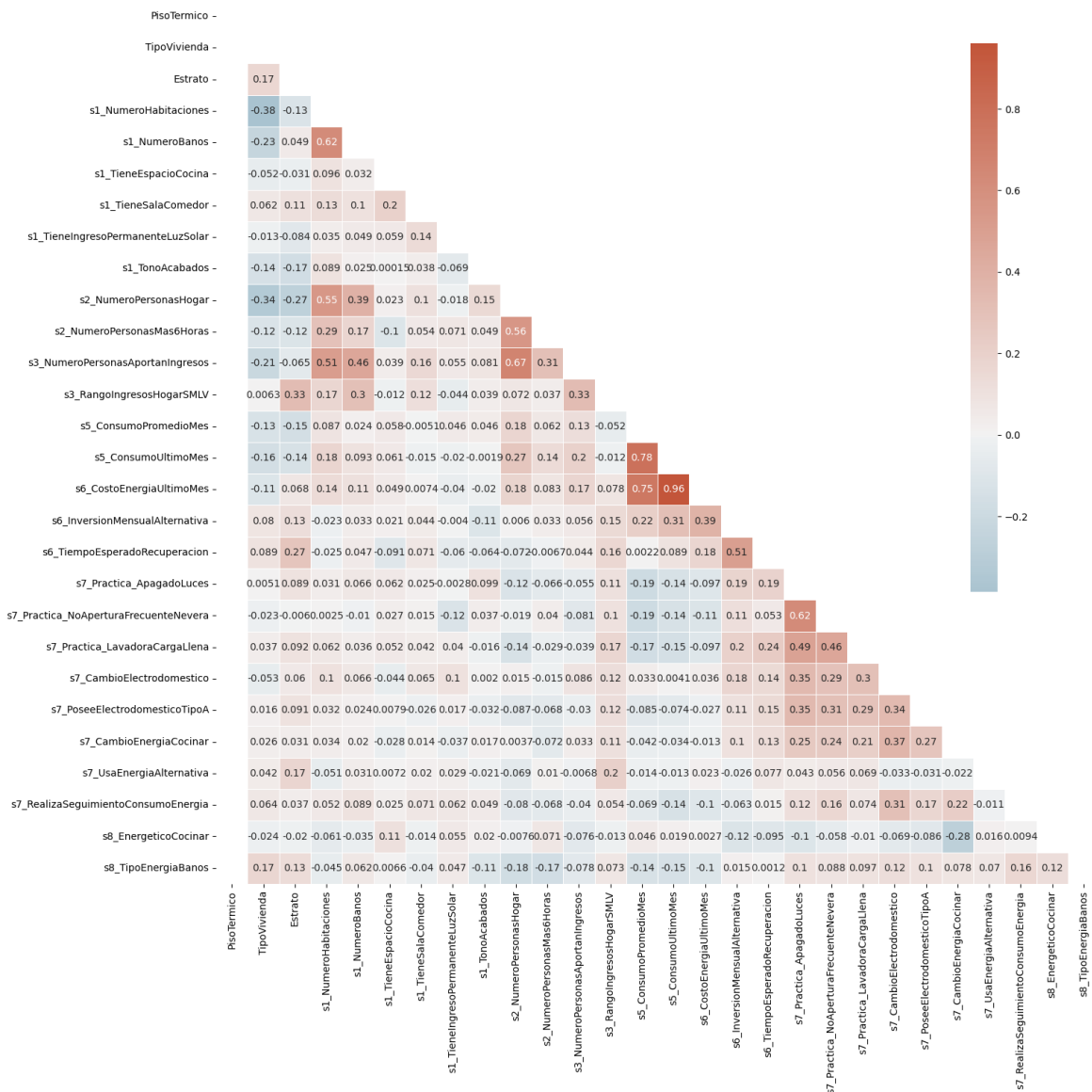
La hipótesis plantea que los costos de las medidas de eficiencia pueden llegar a ser restrictivos para su implementación de acuerdo con los ingresos de los hogares y sus posibilidades de ahorro y de inversión, sin embargo, es de resaltar que hay medidas que se enfocan en la cultura y hábitos de uso racional de la energía.

Analizando la variable de ingresos del hogar tiene una correlación negativa débil con el consumo de energía tanto promedio como mensual, lo que muestra patrones de conductas no deseadas e inversas en el uso de la energía y el desempeño energético del hogar. Esto se debe en gran parte a beneficios como el subsidio y el consumo de subsistencia en hogares de estratos 1 al 3, lo que puede ser un aspecto que no contribuye a la penetración de nuevas medidas de eficiencia energética.

Revisando la variable cambio de energético muestra una relación positiva con cambio de electrodoméstico, lo que permite identificar la tendencia a desarrollar la doble acción de mayor impacto al apostar por el cambio de electrodoméstico, pero de energéticos distintos y de mejor performance como el caso de las duchas eléctricas y estufas por calentadores y estufas de gas natural. Este tipo de inversiones tienen una mejor aceptación entre el usuario de acuerdo con la gráfica de correlaciones.

Figura 24

Gráfica de correlación de las variables de estudio



Nota. El mapa de calor ilustra la correlación entre diferentes variables y los valores en cada celda representan la intensidad de la correlación. Elaborado por los autores.

En cuanto a inversiones relacionadas con implementación de fuentes no convencionales de energía renovable o en energías alternativas tiene una correlación positiva fuerte de acuerdo con su indicador de correlación con los ingresos del hogar, lo

que implica que estos aspectos van de la mano y por tanto es clave en el apalancamiento de inversiones iniciales de alto costo de implementación como el caso de los proyectos de inversión en energías renovables.

Frente a las posibilidades de adopción de las buenas prácticas de uso de la energía en el hogar se observa un indicador de correlación positivo débil, lo que implica que entre las distintas formas de desarrollar buenas prácticas del uso de la energía se aplican algunas y no toda la población, lo que permite inferir que parte de la población es consciente del uso de la energía pero hay una brecha importante por sensibilizar y educar en este aspecto en cuanto a las diferentes formas y su impacto global.

Propuesta De Solución A La Problemática

Evaluación Económica Y Disminución De GEI De Las Categorías De Medidas De Eficiencia Energética

Una vez obtenidos los resultados a partir del análisis de los datos energéticos y ambientales, se procede a un análisis económico y ambiental detallado de cada medida propuesta. Este análisis tiene como objetivo establecer la viabilidad económica y disminución de GEI y la relación beneficio-costos de cada medida y evidenciar la conveniencia de implementación.

Las medidas seleccionadas se centran en los electrodomésticos que presentan un mayor consumo energético, según lo indicado por los análisis previos y el potencial de optimización en términos de eficiencia energética y reducción de emisiones. A continuación, se presentan los resultados del análisis económico y ambiental para las medidas evaluadas en el sector residencial:

Categoría Reemplazo De Electrodoméstico. Esta categoría abarca la implementación de electrodomésticos de última generación que se distinguen por su etiquetado que refleja mayor eficiencia energética en comparación con las tecnologías actualmente en uso. Las medidas contempladas en esta categoría son la adquisición de electrodomésticos para la sustitución directa de aquellos con un alto consumo.

Análisis Económico Y Ambiental Reemplazo De Electrodoméstico. Para evaluar económica y ambientalmente el reemplazo de los electrodomésticos, es crucial considerar diversos aspectos, tales como los costos iniciales de la adquisición, los ahorros esperados en consumo energético y los posibles beneficios económicos de corto o largo plazo. Un enfoque común es comparar la implementación de un equipo de etiquetado de alta eficiencia contra uno convencional, sin embargo, es de aclarar que las comparaciones pueden ser más complejas cuando las variables del comprador no pasan

solo por el etiquetado y el ahorro (objeto del presente estudio), sino por otros atributos como colores, tendencias, volúmenes, entre otras.

Para el análisis económico del cambio tecnológico de un electrodoméstico se selecciona la nevera, teniendo en cuenta que de acuerdo con la UPME en sus estudios de “Diagnóstico del estado de los electrodomésticos de producción nacional con mejores eficiencias y propuesta de estrategias para su promoción”, se identificó que la nevera como equipo de refrigeración representa aproximadamente el 50% del consumo energético del hogar en todos los pisos térmicos (UPME, 2021). Teniendo en cuenta lo anterior y sumado a los beneficios económicos asociados a programas e incentivos otorgados por el gobierno como los programas “Caribe Eficiente y Te mereces tu nevera nueva”, se puede analizar integralmente el aporte por el ahorro de energía y los estímulos económicos en la adquisición.

Se plantea el mejor escenario posible para el usuario en cuanto a poder contrastar la menor inversión y costos frente al mayor ahorro energético, para lo cual se presentan los siguientes aspectos:

- Selección de la nevera convencional y la nevera de máxima eficiencia garantizando el mayor margen de ahorro periódico en costos de energía.
- La posibilidad de evaluar económicamente con alivios el costo inicial, incorporando reducciones del costo por cuenta de los programas como te mereces tu nevera nueva y Caribe Eficiente y sin financiación con pago de contado.
- Usando el menor costo posible de una inspección de mantenimiento, sin tener en cuenta mantenimientos de alta complejidad sobre la nevera en reemplazo.
- Y aplicando el costo unitario del valor del kwh sin alivios como subsidios o consumo de subsistencia, que permite aumentar los ahorros por eficiencia en esta evaluación.

En la tabla 4, se presenta el detalle de ingresos, egresos, flujos de caja del proyecto de inversión de cambio de nevera de alta eficiencia y sus indicadores económicos que permiten evaluar el proyecto de cambio.

La nevera convencional con un consumo de 30.8kwh/mes es reemplazada por una de alta eficiencia etiqueta A con consumo de 18.6kwh/mes. La tasa de crecimiento que se proyectó en gastos y ahorros es de 10% anual. Un total acumulado de ahorro por eficiencia operativa e ingresos de \$ 2.306.018 en los primeros 11 años cuando los flujos de caja se muestran positivos y con una inversión inicial que sin alivio era de \$1.286.450 con IVA y que aplicando el beneficio del programa te mereces tu nevera nueva quedaría en \$1.135.102 con IVA del 5%, sin financiamiento.

Los gastos de post implementación se refieren a gastos por mantenimiento y obedecen al valor de una inspección básica.

Los indicadores financieros evaluados son VAN Valor Actual Neto, TIR Tasa Interna de Retorno y PRI Plazo de Recuperación (Pay-back).

Tabla 4

Flujos económicos del proyecto cambio nevera

DETALLE ANALISIS DE INGRESOS Y EGRESOS PARA CALCULO INDICADORES																
PERIODO	PERIODO DE ANALISIS															
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Eficiencia operativa (ahorro)	\$ 0	\$ 124.440	136.884	\$ 150.572	\$ 165.630	182.193	\$ 200.412	220.453	\$ 242.498	266.748	293.423	322.765	\$ 355.042	\$ 390.546	429.601	\$ 472.561
Egresos																
Inversión Total	-\$ 1.135.000															
Gastos mantenimiento	\$ 0	\$ 30.000	\$ 33.000	\$ 36.300	\$ 39.930	\$ 43.923	\$ 48.315	\$ 53.147	\$ 58.462	\$ 64.308	\$ 70.738	\$ 77.812	\$ 85.594	\$ 94.153	\$ 103.568	\$ 113.925
Flujo del proyecto	-\$ 1.135.000	\$ 94.440	103.884	\$ 114.272	\$ 125.700	138.270	\$ 152.097	\$ 167.306	\$ 184.037	\$ 202.441	\$ 222.685	\$ 244.953	\$ 269.448	\$ 296.393	\$ 326.032	\$ 358.636
VNP	-\$ 1.135.000	\$ 89.943	\$ 94.226	\$ 98.713	103.413	108.338	113.497	118.901	124.563	130.495	136.709	143.219	150.039	157.184	164.669	172.510
		-\$ 1.045.057	950.831	852.118	748.705	640.367	526.870	407.969	283.406	152.911	16.202	\$ 127.017	\$ 277.056	\$ 434.240	\$ 598.908	\$ 771.418
Indicadores (Herramientas Financieras)	Valor	Observación														
Tasa de descuento	5%															
VAN Valor Actual Neto	\$ 771.418															
TIR Tasa Interna de Retorno	12%															
PRI Plazo de Recuperación (Pay-back)	10,1	Años														

Nota. Elaborado por los autores.

De la tabla 4, se evidencia que al comprar una nevera con etiquetado de alta eficiencia para reemplazar por otra convencional y buscando aplicar los beneficios actuales, sería poco viable a mediano plazo desde lo económico, ya que la tasa de recuperación se ve reflejado que en los 10.1 primeros años, no se recuperaría la inversión y pensando precisamente en los ciclos de vida de la tecnología ya para el año 10 se debe comenzar a contemplar una nueva actualización de ser necesaria, y esto generaría un costo adicional que no posibilitaría la recuperación de la inversión ni siquiera en el periodo 10.

Una tasa de descuento más alta implica un mayor costo de oportunidad y, por lo tanto, un mayor umbral de rentabilidad para que un proyecto sea considerado viable. En contraste, una tasa de descuento más baja indica un menor costo de oportunidad y un umbral de rentabilidad más bajo para cualquier proyecto, sin embargo, la tasa de descuento propuesta del 5% en el análisis no tiene gran relevancia ya que no se pretende identificar una alternativa distinta al reemplazo de una nevera.

En contraste a lo anterior el Valor actual Neto (VAN) del proyecto es de \$771.418. al final del periodo de análisis del flujo que son 15 años, esto indica que el valor presente de los flujos de efectivo futuros generados por el proyecto, descontados a una tasa del 5%, es positivo con un valor mencionado de \$771.418. Un VAN positivo sugiere que el proyecto añadirá valor a largo plazo, sin embargo, en el contexto de la tecnología ese periodo no es lo más favorable pensando en los ciclos de vida de las tecnologías.

En cuanto a la Tasa interna de retorno (TIR) del proyecto es del 12%, lo que significa que la tasa de rendimiento de la inversión es del 12%. Esto supera la tasa de descuento del 5%, lo que indica que el proyecto es rentable, pero a expensas de tener al final del periodo una tecnología obsoleta.

El Plazo de Recuperación o Payback (PRI) es de 10,1 años, lo que indica el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial.

Para el caso donde el escenario que se plantee sea con financiamiento del costo inicial de la nevera, esto genera condiciones más complejas e indicadores financieros menos atractivos que el escenario anterior. (Ver tabla 5).

Ahora el escenario seguiría cambiando negativamente si se agregan otros supuestos como la selección de tasas no deseadas, la imposibilidad del uso de beneficios distintos a la situación base por no cumplir a priori los requisitos exigidos en cada programa, lo que especialmente se sale de la viabilidad económica y solo se haría énfasis en la prestación del servicio ambientalmente amigable y las funcionalidades que son claves en la satisfacción del usuario.

Tabla 5

Flujos económicos del proyecto cambio nevera con financiamiento

DETALLE ANALISIS DE INGRESOS Y EGRESOS CALCULO INDICADORES																
PERIODO	PERIODO DE ANALISIS															
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Eficiencia operativa	\$ 0	\$ 124.440	\$ 136.884	\$ 150.572	\$ 165.630	\$ 182.193	\$ 200.412	\$ 220.453	\$ 242.498	\$ 266.748	\$ 293.423	\$ 322.765	\$ 355.042	\$ 390.546	\$ 429.601	\$ 472.561
Egresos																
Inversión Total	- \$ 1.135.000															
Gastos mantenimiento	\$ 0	\$ 30.000	\$ 33.000	\$ 36.300	\$ 39.930	\$ 43.923	\$ 48.315	\$ 53.147	\$ 58.462	\$ 64.308	\$ 70.738	\$ 77.812	\$ 85.594	\$ 94.153	\$ 103.568	\$ 113.925
Financiamiento Nevera		\$ 337.021	\$ 235.504	\$ 94.924												
Flujo del proyecto	- \$ 1.135.000	-\$ 242.581	-\$ 131.620	\$ 19.348	\$ 125.700	\$ 138.270	\$ 152.097	\$ 167.306	\$ 184.037	\$ 202.441	\$ 222.685	\$ 244.953	\$ 269.448	\$ 296.393	\$ 326.032	\$ 358.636
VNP	- \$ 1.135.000	-\$ 231.029	-\$ 119.383	\$ 16.714	\$ 103.413	\$ 108.338	\$ 113.497	\$ 118.901	\$ 124.563	\$ 130.495	\$ 136.709	\$ 143.219	\$ 150.039	\$ 157.184	\$ 164.669	\$ 172.510
		-\$ 1.366.029	-\$ 1.485.412	-\$ 1.468.698	-\$ 1.365.285	-\$ 1.256.947	-\$ 1.143.450	-\$ 1.024.549	-\$ 899.986	-\$ 769.491	-\$ 632.782	-\$ 489.563	-\$ 339.524	-\$ 182.340	-\$ 17.672	\$ 154.838
Indicadores (Herramientas Financieras)	Valor	Observación														
Tasa de descuento	5%															
VAN Valor Actual Neto	\$ 154.838															
TIR Tasa Interna de Retorno	6%															
PRI Plazo de Recuperación (Pay-back)	14,1	Años														

Nota. Elaborado por los autores.

En lo que respecta al análisis de disminución de GEI se puede establecer con el cambio de nevera un ahorro mensual de 12,2 kwh/mes que se refiere a la diferencia del consumo de la nevera convencional de 30.8 kwh/mes y el consumo de la nevera eficiente de 18.6 kwh/mes. Teniendo en cuenta el factor de emisiones más actualizado que es el correspondiente al año 2022 de 0,112378 KgCO₂/kwh (XM, 2023), se proyecta en periodos de un (1) año, cuanto serían las emisiones de CO₂ evitadas por el cambio de nevera a través de la ecuación 1:

Ecuación 1

Ecuación de cálculo emisiones evitadas reemplazo nevera

$$Emisiones\ evitadas = 12,2 \frac{kwh}{mes} * 0,112378 \frac{kgCO_2}{kwh} * 12 \frac{meses}{año} = 16.45 \frac{kgCO_2}{año}$$

Nota. Elaborado por los autores

De la ecuación 1, que permite calcular las emisiones evitadas al año para la nevera, estas equivalen a 16.45 kgCO₂ por cada año de uso en reemplazo de la nevera antigua, sin embargo, este cálculo se tendría que actualizar año por año debido a las actualizaciones asociadas al factor de emisiones calculado para Colombia por la empresa XM.

Realizando una comparación entre las emisiones evitadas por el cambio de nevera y las emisiones de un automóvil, y teniendo en cuenta que por cada litro de gasolina que se consume el automóvil, este genera una emisión equivalente a 2.31 kgCO₂ que corresponde aproximadamente a 8.8 kgCO₂ por cada galón (un galón equivale a 3,78 litros), el ahorro generado en emisiones evitadas anuales por la nevera de etiquetado eficiente equivale a dejar de consumir aproximadamente 2 galones de

gasolina en el vehículo. Es un indicador positivo al aporte a emisiones evitadas. (UPME, 2016).

Categoría Sustitución De Energético.

Esta categoría abarca el cambio de combustible o energético en el contexto de aumentar la energía útil del proceso y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Las medidas contempladas en esta categoría hacen referencia al cambio de combustible en electrodomésticos para la sustitución directa de aquellos con un alto consumo energético. Esto implica la transición hacia fuentes de energía más limpias y eficientes, lo que contribuye a la reducción de emisiones y al aprovechamiento más efectivo de la energía. Además de los beneficios ambientales, este cambio también puede resultar en ahorros significativos de energía y costos para los consumidores, promoviendo así la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente.

Análisis Económico Y Ambiental Sustitución De Energético. Para evaluar la sustitución de un energético por otro de mayor energía útil, se considera tanto el aspecto económico como la disminución de GEI, es el caso de pasar de usar electrodomésticos de energía eléctrica a gasodomésticos que usan gas natural y que en general tanto para la cocción de alimentos y agua sanitaria es mucho más eficiente este último, beneficiado porque en general el costo del gas natural es mucho más competitivo que el de la electricidad en Colombia. (Medium, 2024).

Para este análisis, se ha tomado como base la ducha eléctrica por su alto consumo significativo de energía en hogares que tienen como hábito calentar el agua sanitaria para el baño diario, y desarrollar el reemplazo tecnológico por un gasodoméstico como el calentador de gas natural, lo que requiere cambiar el energético de alimentación de energía y por tanto el análisis involucra el desarrollo de la acometida

y la compra del gasodoméstico como los gastos más representativos a evaluar en la viabilidad.

Igualmente en este punto, vale la pena mencionar que se deben considerar diversos aspectos como la solicitud del servicio y construcción de la acometida de gas, costos de adquisición de gasodoméstico e instalación y de otro lado los ahorros esperados en consumo energético y alivio en la tarifa por el uso de gas y no electricidad. Un enfoque común es comparar la implementación de un gasodoméstico con etiquetado de alta eficiencia el caso del calentador contra un electrodoméstico convencional como el caso de la ducha eléctrica. Al igual que en otras medidas de eficiencia, el análisis puede ser más complejo cuando las variables del usuario que pretende hacer los cambios de energético y de gasodomésticos no solo su decisión pueda basarse en el etiquetado y el ahorro (objeto del presente estudio), sino por los demás atributos que pueda ser elementos de venta del comercializador como materiales, detalles, garantías, colores, tendencias, volúmenes, entre otros.

Se plantea inicialmente el mejor escenario posible de inversión para el usuario en cuanto a poder contrastar la menor inversión y costos operativos como el valor de la tarifa del energético frente al mayor ahorro energético, para lo cual se plantean los siguientes elementos en el análisis:

- Selección de ducha eléctrica convencional y calentador de gas de máxima eficiencia garantizando el mayor margen de ahorro periódico en costos de energía.
- Cambio de energía eléctrica a gas natural favoreciendo en este caso puntual el costo de la tarifa de energía. Además de la compra de gasodoméstico e instalación de acometida y equipo sin financiamiento.
- Usando el menor costo posible de ajustes de mantenimiento, sin tener en cuenta mantenimientos de alta complejidad sobre el calentador en reemplazo.

- Incorporando en el análisis los costos de la revisión periódica obligatoria cada 5 años para el servicio de gas natural.
- Y aplicando el costo unitario del valor del kwh sin alivios como subsidios o consumo de subsistencia frente al costo del m³, y así aumentar los ahorros por eficiencia en esta evaluación.

En la tabla 6, se presenta el detalle de ingresos, egresos, flujos de caja del proyecto de inversión de cambio de energético.

La ducha convencional representaría un gasto energético promedio de 4 kwh/mes asumiendo el uso los 30 días del mes y en un hogar de 4 personas se establece un consumo mensual de 120 kwh/mes y su costo que equivale a \$102.000 asumiendo un valor de kwh de \$850 y es reemplazada por un calentador a gas natural de alta eficiencia etiqueta A asumiendo un uso igual y con consumo mensual de 10,25 m³/mes (teniendo en cuenta que 1 m³ equivale a 11,7kwh), en donde su costo del consumo equivale a \$23.267,5. La tasa de crecimiento que se proyectó en gastos y ahorros es de 10% anual. Un total acumulado de ahorro por eficiencia operativa e ingresos de \$ 1.954.089 en los primeros 2.8 años cuando los flujos de caja se muestran positivos y con una inversión inicial que sin alivio era de \$2.315.360 con IVA y sin financiamiento.

Los gastos de post implementación se refieren a los gastos por mantenimiento y son el valor de una inspección básica y la revisión periódica quinquenal del servicio de gas natural.

Los indicadores financieros evaluados son VAN Valor Actual Neto, TIR Tasa Interna de Retorno y PRI Plazo de Recuperación (Pay-back).

Tabla 6

Flujos económicos del proyecto cambio de energético

DETALLE ANALISIS DE INGRESOS Y EGRESOS CALCULO INDICADORES																
PERIODO			PERIODO DE ANALISIS													
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Eficiencia operativa			\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
	\$ 0	\$ 944.790	1.039.269	1.143.196	1.257.515	1.383.267	1.521.594	1.673.753	1.841.128	2.025.241	2.227.765	2.450.542	2.695.596	2.965.156	3.261.671	3.587.838
Egresos																
Inversión Total	-\$ 2.315.360															
Gastos mantenimiento	\$ 0	\$ 100.000	\$ 110.000	\$ 121.000	\$ 133.100	\$ 146.410	\$ 161.051	\$ 177.156	\$ 194.872	\$ 214.359	\$ 235.795	\$ 259.374	\$ 285.312	\$ 313.843	\$ 345.227	\$ 379.750
Revisión periódica						\$ 152.855					\$ 246.175					\$ 396.467
Flujo del proyecto	-\$ 2.315.360	\$ 844.790	\$ 929.269	\$ 1.022.196	\$ 1.124.415	\$ 1.084.002	\$ 1.360.543	\$ 1.496.597	\$ 1.646.257	\$ 1.810.882	\$ 1.745.796	\$ 2.191.168	\$ 2.410.284	\$ 2.651.313	\$ 2.916.443	\$ 2.811.622
VNP	-\$ 2.315.360	\$ 804.562	\$ 842.874	\$ 883.011	\$ 925.059	\$ 849.344	\$ 1.015.258	\$ 1.063.604	\$ 1.114.251	\$ 1.167.311	\$ 1.071.767	\$ 1.281.130	\$ 1.342.137	\$ 1.406.048	\$ 1.473.003	\$ 1.352.438
		-\$ 1.510.798	-\$ 667.924	\$ 215.088	\$ 1.140.147	\$ 1.989.491	\$ 3.004.749	\$ 4.068.352	\$ 5.182.604	\$ 6.349.915	\$ 7.421.682	\$ 8.702.812	\$ 10.044.949	\$ 11.450.997	\$ 12.923.999	\$ 14.276.437
Indicadores (Herramientas Financieras)	Valor	Observación														
Tasa de descuento	5%															
VAN Valor Actual Neto	\$ 14.276.437															
TIR Tasa Interna de Retorno	45%															

PRI Plazo de Recuperación (Pay-back)	2,8	Años
--	-----	------

Nota. Elaborado por los autores.

De la tabla 6, se evidencia que al invertir en la acometida de gas y adquirir un gasodoméstico como el calentador con etiquetado de alta eficiencia para reemplazar por una ducha eléctrica convencional, SI es viable desde lo económico, ya que la tasa de recuperación se ve reflejado que en los 2.8 primeros años se recuperaría la inversión y pensando precisamente en los ciclos de vida de la tecnología ya para el año 10 hay un gran margen de ahorro.

La tasa de descuento propuesta del 5% al igual que en el anterior análisis no tiene gran relevancia ya que no se pretende identificar una alternativa distinta al reemplazo de un gasodoméstico.

Sumado a lo anterior el Valor actual Neto (VAN) del proyecto es de \$14.236.437 al final del periodo de análisis del flujo que son 15 años, esto indica que el valor presente de los flujos de efectivo futuros generados por el proyecto, descontados a una tasa del 5%, es positivo con un valor mencionado de \$14.236.437. Un VAN positivo para este caso sugiere que el proyecto añade alto valor.

En cuanto a la Tasa interna de retorno (TIR) del proyecto es del 45%, lo que significa que la tasa de rendimiento de la inversión es del 45%. Esto supera en amplio margen la tasa de descuento del 5%, lo que indica que el proyecto es muy rentable y conveniente bajo esa condición.

El Plazo de Recuperación o Payback (PRI) es de 2.8 años, lo que indica el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial.

Para el caso donde el escenario que se plantee sea con financiamiento del costo inicial de acometida más gasodoméstico, esto genera condiciones menos favorables en el sentido de los flujos e indicadores financieros menos atractivos que el escenario anterior. (Ver tabla 7).

Ahora si el escenario siguiera cambiando negativamente si se agregan otros supuestos como la selección de nuevas tasas más altas de financiamiento, o aumento en la frecuencia y costos de revisión periódica por actualizaciones de las regulaciones, puede afectar significativamente los indicadores y la viabilidad.

Flujos económicos proyecto cambio energético con financiamiento

DETALLE ANALISIS DE INGRESOS Y EGRESOS CALCULO INDICADORES																	
PERIODO		PERIODO DE ANALISIS															
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
			\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$				
Eficiencia operativa	\$ 0	\$ 944.790	1.039.269	1.143.196	1.257.515	1.383.267	1.521.594	1.673.753	1.841.128	2.025.241	2.227.765	2.450.542	2.695.596	\$ 2.965.156	\$ 3.261.671	\$ 3.587.838	
Egresos																	
Inversión Total	-\$ 2.315.360																
Gastos mantenimiento	\$ 0	\$ 100.000	\$ 110.000	\$ 121.000	\$ 133.100	\$ 146.410	\$ 161.051	\$ 177.156	\$ 194.872	\$ 214.359	\$ 235.795	\$ 259.374	\$ 285.312	\$ 313.843	\$ 345.227	\$ 379.750	
Revisión periódica						\$ 152.855					\$ 246.175					\$ 396.467	
Intereses financiamiento		\$ 625.921	\$ 480.376	\$ 193.624													
Flujo del proyecto	-\$ 2.315.360	\$ 218.869	\$ 448.893	\$ 828.571	\$ 1.124.415	\$ 1.084.002	\$ 1.360.543	\$ 1.496.597	\$ 1.646.257	\$ 1.810.882	\$ 1.745.796	\$ 2.191.168	\$ 2.410.284	\$ 2.651.313	\$ 2.916.444	\$ 2.811.622	
VNP	-\$ 2.315.360	\$ 208.447	\$ 407.159	\$ 715.751	\$ 925.059	\$ 849.344	\$ 1.015.258	\$ 1.063.604	\$ 1.114.251	\$ 1.167.311	\$ 1.071.767	\$ 1.281.130	\$ 1.342.137	\$ 1.406.048	\$ 1.473.003	\$ 1.352.438	
		-\$ 2.106.913	-\$ 1.699.754	-\$ 984.003	-\$ 58.943	\$ 790.401	\$ 1.805.658	\$ 2.869.262	\$ 3.983.513	\$ 5.150.824	\$ 6.222.592	\$ 7.503.722	\$ 8.845.859	\$ 10.251.906	\$ 11.724.909	\$ 13.077.347	
Indicadores (Herramientas Financieras)	Valor	Observación															
Tasa de descuento	5%																
VAN Valor Actual Neto	\$ 13.077.347																

TIR Tasa Interna de Retorno	36%	
PRI Plazo de Recuperación (Pay-back)	6,2	Años

Nota. Elaborado por los autores.

En lo que respecta al análisis de disminución de GEI se puede establecer con el cambio de energético y teniendo en cuenta el factor de emisiones del gas natural usado en la calculadora de emisiones de la UPME que es de 1,9801 KgCO₂/m³ (UPME, 2016) entonces primero se proyecta con la ecuación 2 a periodos de un (1) año, cuanto seria las emisiones de CO₂ del calentador de gas.

Ecuación 2

Ecuación de cálculo emisiones calentador gas

$$\text{Emisiones calculadas calentador} = 10,25 \frac{m^3}{mes} * 1.9801 \frac{kgCO_2}{m^3} * 12 \frac{meses}{año} = 20.79 \frac{kgCO_2}{año}$$

Nota. Elaborado por los autores.

Después, con la ecuación 3 y teniendo en cuenta el factor de emisiones de energía eléctrica más actualizado que es el correspondiente al año 2022 de 0,112378 KgCO₂/kwh (XM, 2023) se proyecta el total de emisiones de CO₂ en un periodo de un año por el uso de la ducha convencional.

Ecuación 3

Ecuación de cálculo emisiones ducha eléctrica

$$\text{Emisiones calculadas ducha} = 120 \frac{kwh}{mes} * 0,112378 \frac{kgCO_2}{kwh} * 12 \frac{meses}{año} = 161.82 \frac{kgCO_2}{año}$$

Nota. Elaborado por los autores

De los anteriores resultados de las ecuaciones 2 y 3, y conforme a la ecuación 4, se calcula el total de emisiones evitadas por año por la sustitución completa de electrodoméstico y energético.

Ecuación 4

Ecuación de cálculo emisiones evitadas ducha por calentador

$$\text{Emisiones evitadas anual} = 161.82 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{año}} - 20.79 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{año}} = 141.03 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{año}}$$

Nota. Elaborado por los autores

Realizando otra vez un contraste con el caso de un automóvil que por cada litro de gasolina tiene emisión equivalente a 2.31 kgCO₂, es decir que por cada galón que se consume un vehículo de gasolina sabiendo que un galón equivale a 3,78 litros, implica que por cada galón se emitan 8.8 kgCO₂ aproximadamente. (UPME, 2016).

Haciendo la evaluación del indicador de emisiones evitadas de CO₂ del cambio de energético incluido en este caso el gasodoméstico eficiente, el ahorro generado en emisiones evitadas anuales equivale a dejar de consumir 16 galones aproximadamente de un vehículo a gasolina. Este es un indicador muy positivo ya que el aporte a emisiones evitadas es significativo.

Análisis De Beneficio – Costo y de conveniencia

Análisis De Beneficio - Costo Simple De Reemplazo De Electrodoméstico. Para calcular la relación beneficio-costos (B/C) a partir de los indicadores financieros proporcionados y dado que el VAN (Valor Actual Neto) proporcionado es positivo (\$771.418), esto indica que el valor presente de los flujos de efectivo positivos supera al valor presente de los flujos de efectivo negativos, incluyendo la inversión inicial. Por lo tanto, en este caso, se concluye que la relación beneficio-costos (B/C) es mayor que 1, ya que el VAN es positivo. Esto significa que los beneficios esperados del proyecto superan los costos, incluida la inversión inicial, lo que lo hace financieramente viable según el criterio de la relación beneficio-costos. (Sapag et al., 2014).

Conveniencia De Reemplazo De Electrodoméstico. La evaluación de la conveniencia de reemplazar un electrodoméstico convencional por uno de alta eficiencia energética debe considerar diversos factores financieros y operativos. La inversión inicial en dispositivos de alta eficiencia puede ser significativamente mayor, pero los incentivos y programas como los ofrecidos por las instituciones de gobierno y partes interesadas para el caso de las neveras, como "Te mereces tu nevera nueva" y "Caribe eficiente", pueden mitigar estos costos. Estos programas de incentivos son cruciales para hacer más accesible la tecnología eficiente a hogares con escasos recursos y acelerar la recuperación de la inversión, que sin ellos podría ser prolongada. Por tanto, un análisis económico y de beneficio - costo, que considere los subsidios y alivios disponibles, es esencial para evaluar la viabilidad económica del cambio.

Desde una perspectiva financiera, la evaluación debe centrarse en los ahorros proyectados en el consumo de energía y los costos iniciales y operacionales que se pueden incrementar debido a malos hábitos como el mal uso del electrodoméstico y la falta de mantenimiento. Por ejemplo, la sustitución de una nevera convencional por una de alta eficiencia representa un ahorro mensual leve. Al proyectar estos ahorros a lo largo de un periodo extendido, y considerando una tasa de crecimiento anual del 10%, los indicadores financieros dan una referencia para comprender completamente el rendimiento financiero y el periodo necesario para recuperar la inversión inicial que para este caso es alta.

La longevidad y el ciclo de vida de la tecnología son aspectos críticos en esta evaluación. Aunque los indicadores financieros como el VAN y la TIR pueden ser positivos, el Periodo de recuperación de la inversión este en la línea de los 10,1 años puede ser una desventaja si se considera que la tecnología puede quedar obsoleta inclusive en menos tiempo. Las actualizaciones tecnológicas frecuentes pueden añadir

costos adicionales que no se contemplan en el análisis inicial, lo cual podría prolongar aún más el periodo de recuperación de la inversión. Por tanto, es fundamental considerar no solo la eficiencia energética y el ahorro de costos sino también la durabilidad y la frecuencia de actualización tecnológica del electrodoméstico.

En cuanto al efecto de implementar esta medida de eficiencia energética en el hogar como el reemplazo de una nevera convencional por una de alta eficiencia, tiene un beneficio ambiental significativo si se mira la contribución social. En cuanto a la perspectiva privada de ese beneficio, la reducción en el consumo energético no solo disminuye los costos operativos del hogar, sino que también contribuye a la reducción de emisiones de CO₂. En el caso específico de la nevera, el ahorro mensual de 12.2 kWh equivale a evitar aproximadamente 16.45 kg de CO₂ anuales. Aunque en términos absolutos, este ahorro puede parecer modesto, se traduce en una contribución constante y acumulativa a lo largo de los años, disminuyendo la huella de carbono del hogar.

Este efecto ambiental positivo, aunque limitado en comparación con otras fuentes de emisiones, es un paso hacia la sostenibilidad. Las emisiones evitadas por el cambio de un solo electrodoméstico pueden parecer pequeñas en comparación con las emisiones generadas por el transporte, pero cuando se multiplican por el número de hogares que implementan estas medidas, el beneficio acumulativo es considerable. Cada hogar que adopta electrodomésticos de alta eficiencia contribuye a la reducción de la demanda de energía en la red eléctrica, lo que puede llevar a una disminución en la generación de energía a partir de combustibles fósiles, reduciendo aún más las emisiones de gases de efecto invernadero.

Además, la adopción de tecnologías eficientes puede fomentar una cultura de sostenibilidad y conciencia ambiental en los consumidores. La visibilidad de los beneficios económicos y ambientales del uso de electrodomésticos eficientes puede

motivar a más personas a considerar cambios similares, creando un efecto multiplicador.

La educación y concienciación sobre la importancia de la eficiencia energética son cruciales para maximizar el impacto positivo. Por tanto, la evaluación de estas medidas no debe limitarse únicamente a los ahorros directos y las emisiones evitadas, sino también considerar los beneficios indirectos, como la promoción de prácticas sostenibles y la reducción general de la huella de carbono a nivel comunitario y nacional.

Análisis De Beneficio - Costo Simple De Sustitución De Energético. Para calcular la relación beneficio-costos (B/C) a partir de los indicadores financieros proporcionados y dado que el VAN (Valor Actual Neto) proporcionado es positivo (\$14.276.437), esto indica que el valor presente de los flujos de efectivo positivos proyectados en el periodo de evaluación de 15 años supera al valor presente de los flujos de efectivo negativos, incluyendo la inversión inicial. Por lo tanto, en este caso, se concluye que la relación beneficio-costos (B/C) es mayor que uno (1), ya que el VAN es positivo. Lo que significa que los beneficios esperados del proyecto superan los costos, incluida la inversión inicial, lo que lo hace financieramente viable según el criterio de la relación beneficio-costos (Sapag et al., 2014).

Conveniencia De Sustitución De Energético. En cuanto a la evaluación de la conveniencia de sustituir el energético de uso pasando de electricidad a gas natural y la necesidad de cambiar una ducha eléctrica convencional por un calentador de agua a gas de alta eficiencia, también implica analizar varios aspectos económicos y operativos. Inicialmente, la inversión requerida para la instalación de una acometida de gas y la adquisición e instalación del calentador de agua a gas es significativa. Sin embargo, este costo puede ser compensado por los menores costos operativos del gas natural en comparación con la electricidad en Colombia, donde el precio del gas es generalmente más competitivo. Un análisis económico detallado y de beneficio - costo muestra que,

aunque la inversión inicial sin financiamiento asciende a \$2.315.360 con IVA, los ahorros en costos energéticos se manifiestan rápidamente, con un periodo de retorno de inversión de 2.8 años.

Desde la perspectiva financiera, el uso del gas natural para calentar agua resulta en un ahorro sustancial en los costos mensuales de energía. La ducha eléctrica, con un consumo mensual de 120 kWh a un costo de \$102.000, es reemplazada por un calentador de gas con un consumo mensual de 10.25 m³ de gas natural, que equivale a \$23.267,5 refleja un ahorro en eficiencia energética de más del 75%. Esta diferencia significativa en los costos operativos genera un ahorro acumulado de alto en los primeros 2.8 años. Los indicadores financieros muestran que este proyecto no solo es rentable sino también altamente atractivo, reflejando una excelente tasa de retorno sobre la inversión.

Es importante considerar también los costos de mantenimiento y las revisiones periódicas obligatorias para el servicio de gas natural, que deben realizarse cada cinco años. Estos costos adicionales, aunque necesarios, no afectan significativamente la viabilidad económica del proyecto dado el considerable margen de ahorro y los beneficios energéticos a largo plazo. En resumen, la transición de una ducha eléctrica a un calentador gas de alta eficiencia no solo es económicamente viable sino también financieramente atractiva, proporcionando un retorno de inversión rápido y sustancial.

En cuanto a la evaluación del indicador ambiental propuesto, por implementar un calentador de agua a gas de alta eficiencia en el hogar en lugar de una ducha eléctrica tiene un beneficio ambiental notable. La reducción en el consumo de electricidad y el uso de gas natural más eficiente contribuyen significativamente a la disminución de emisiones de CO₂. Al comparar las emisiones generadas, la ducha eléctrica produce 161.82 kg de CO₂ anualmente, mientras que el calentador de gas solo emite 20.79 kg de

CO₂ al año. Este cambio resulta en una reducción neta de 141.03 kg de CO₂ por año, lo cual es equivalente a evitar el consumo de aproximadamente 16 galones de gasolina en un vehículo, un indicador muy positivo en términos de reducción de huella de carbono.

La adopción de gasodomésticos eficientes promueve la sostenibilidad ambiental en el hogar. La eficiencia del gas natural como fuente de energía para calentadores de agua se refleja en menores emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con el uso de electricidad generada a partir de combustibles fósiles. Este cambio no solo reduce las emisiones directas del hogar, sino que también contribuye a la reducción de la demanda energética de la red eléctrica, favoreciendo una menor dependencia de fuentes de energía no renovables. El beneficio ambiental de esta medida se multiplica cuando es adoptada por un gran número de hogares, amplificando los beneficios a nivel comunitario y nacional.

Además de los beneficios económicos y ambientales, el uso de calentadores de agua a gas de alta eficiencia también puede mejorar la seguridad energética del hogar. El gas natural, al ser una fuente de energía más estable y predecible en costos, ofrece una mayor previsibilidad en los gastos energéticos del hogar. Esto puede ser particularmente ventajoso en contextos de fluctuaciones de precios de la electricidad. Por tanto, la implementación de esta medida no solo proporciona beneficios tangibles en términos de ahorro y sostenibilidad, sino que también mejora la resiliencia energética del hogar, ofreciendo una solución robusta y económica a largo plazo.

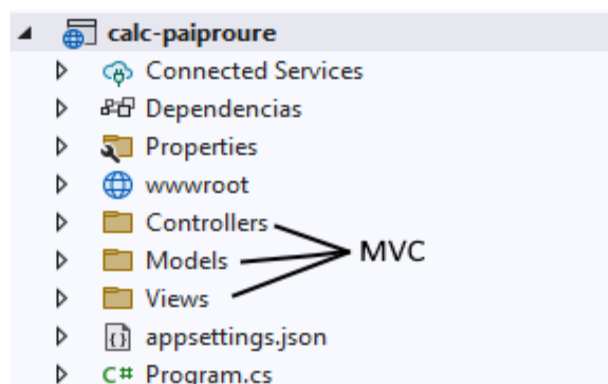
Aplicación de Usuario Para Determinar La Viabilidad Económica Y Disminución De GEI

Modelo De La Aplicación.

Con el fin de definir el modelo de la aplicación para calcular la viabilidad de medidas de eficiencia energética en hogares, se definió como arquitectura el modelo MVC (Modelo Vista Controlador) con el fin de poder separar las tres capas del aplicativo, la cual se observa en la Figura 25.

Figura 25

Modelo MVC en Visual Studio .Net

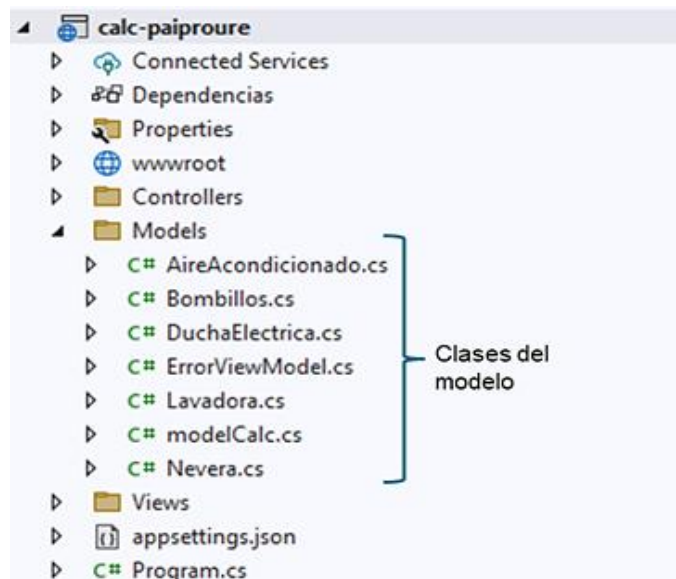


Nota. Elaborado por los autores

A nivel de modelo, se definieron las clases propias que establecen las características de la calculadora en sí, así como la de cada electrodoméstico y luminaria a evaluar, cómo se observa en la Figura 26. Esto permite controlar y escalar a futuro el análisis a otros electrodomésticos que generen consumos de energía en los hogares y que se quieran incorporar al análisis y evaluación de viabilidad para su reemplazo.

Figura 26

Clases del modelo de Datos para Calculadora



Nota. Elaborado por los autores

El modelo establecido permite definir los parámetros de entrada que deberá ingresar el usuario del sector residencial sobre localización, estrato, el consumo energético actual, y los datos de consumo de sus energéticos actuales para compararlos con diferentes alternativas de electrodomésticos del mismo tipo, a nivel de consumo y ahorros en términos económicos y de emisiones producidas.

Dado que la información de electrodomésticos y luminarias con la que cuenta el sistema es la información de mercado que se recopiló a través de esta investigación, se definió un proceso de actualización a través de datos no estructurados con la mínima información requerida por cada uno de los elementos a evaluar, todos en formato Json, lo cual permitirá la escalabilidad a futuro hacia bases de datos no estructuradas en la nube.

El modelado matemático y el cálculo tanto de consumo como ahorros generados, es la razón de ser del aplicativo, por lo cual son considerados críticos y núcleo funcional

de la aplicación, para lo cual, se desarrolla una serie de procedimientos internos que permiten realizar simulaciones precisas del consumo energético bajo diferentes escenarios de eficiencia. Estos cálculos incorporan factores como la altitud sobre el nivel del mar de la ubicación de la vivienda, los patrones de uso del hogar y las especificaciones técnicas de los dispositivos y medidas de eficiencia energética propuestos con el fin de proporcionar recomendaciones personalizadas a los usuarios, basadas en análisis predictivos.

Desarrollo E Implementación Del Aplicativo Web.

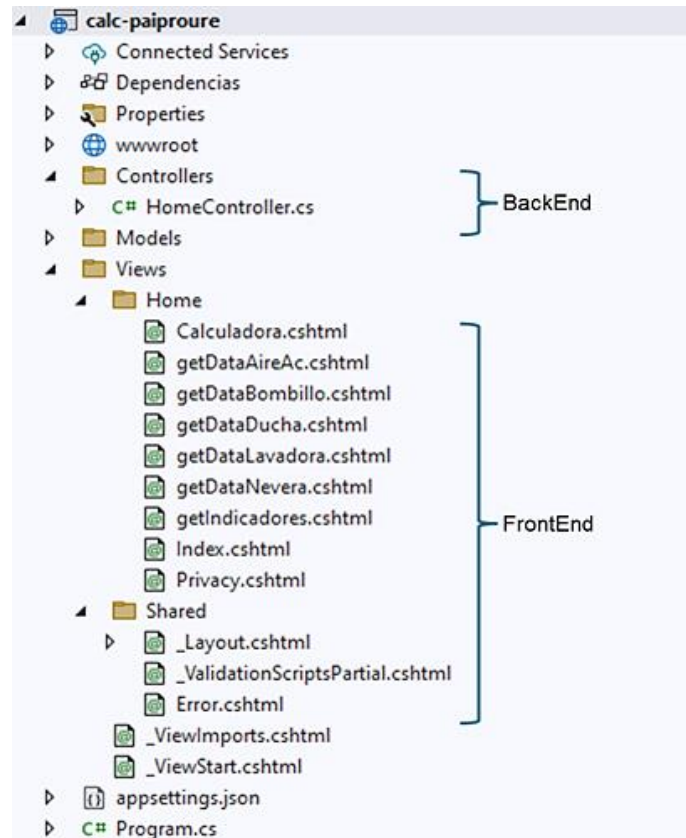
Para el desarrollo e implementación del aplicativo web, se configura el entorno de desarrollo para el cual se define Visual Studio Community 2022. Esto facilita utilizar para el frontend (vistas) el uso de páginas Razor y javascript, que ofrecen una experiencia de usuario dinámica y transparente. Por otro lado, para el backend (Controladores) se utiliza como lenguaje C# con ASP.NET Core 8.0, como se observa en la Figura 27. Con el fin de ser precisos en los cálculos de indicadores financieros se utiliza el Nuget Package ExcelFinancialFunctions lo cual facilita el cálculo y precisión de los resultados de viabilidad económica.

Las alternativas brindadas de electrodomésticos y luminarias existentes en el mercado se alojan de forma dinámica en archivos json, lo cual permite la actualización de alternativas y la evolución a futuro en bases de datos NoSQL como MongoDB.

El aplicativo se diseñó en cuatro secciones: calculadora básica de consumo energético y emisiones, análisis de alternativas de reemplazo, evaluación económica y buenas prácticas.

Figura 27

Estructura del proyecto - Backend y FrontEnd – MVC



Nota. Elaborado por los autores

Calculadora básica de consumo. El usuario ingresa si la ubicación de su hogar está a más o menos 1000 metros de altura sobre el nivel del mar, ya que esto le permite identificar a la aplicación el consumo de subsistencia, ingresa el estrato que permite identificar el subsidio o contribución, el consumo promedio y el costo de kilovatio, lo que arroja el cálculo del costo de la energía y las emisiones generadas.

Análisis de alternativas de reemplazo. El usuario puede seleccionar el electrodoméstico o luminaria a analizar, ingresa el consumo de su dispositivo actual y

puede seleccionar entre varias alternativas de mercado para lo cual se le presenta el ahorro o incremento en costo de energía y emisiones.

Evaluación económica. Después de seleccionar las alternativas de reemplazo, el usuario puede agregar cuál de los electrodomésticos de reemplazo quiere evaluar financieramente para lo cual se le muestran los indicadores financieros en términos de VNA TIR y Periodo de Recuperación.

Buenas prácticas. De acuerdo con los dispositivos seleccionados, se le brindará al usuario buenas prácticas del uso y mantenimiento de electrodomésticos que ayuden al uso eficiente de la energía y por lo tanto, el impacto en la disminución de emisiones de CO₂. Ver anexo 1. Guía de buenas prácticas para el uso eficiente y racional de energía en el hogar.

Con el fin de que cualquier persona tenga acceso a la aplicación, no se implementa autenticación, y con el fin de generar masividad en el uso, no se almacena información sensible o personal de los usuarios, sin embargo, con el fin de garantizar la seguridad de la comunicación de los datos se habilita el uso de certificados SSL.

Pruebas, Validación y Despliegue Del Aplicativo Web.

Para garantizar la precisión, estabilidad y seguridad de la solución, se realizan pruebas unitarias de cada cálculo individual del sistema, asegurando que estos sean correctos y las funcionalidades de la interfaz de usuario operen correctamente.

Posteriormente, se llevan a cabo pruebas integrales para verificar que los distintos cálculos entre las secciones de medidas a evaluar se comuniquen de manera efectiva y coherente. Finalmente se realizan pruebas de usabilidad con el fin de asegurar que la experiencia del usuario sea intuitiva y satisfactoria.

No se considera necesario ejecutar pruebas de rendimiento, dado que se publica la aplicación en una nube pública, con configuración de elasticidad que permita asignación de recursos de acuerdo con la cantidad de usuarios simultáneos.

El despliegue del aplicativo web se realiza en un entorno de producción donde incluye la configuración de servicios en nube, en este caso Azure porque ofrece opciones de escalabilidad y alta disponibilidad.

En la Figura 28, se observa la interfaz del sitio desarrollado

<https://mihogareficiente.azurewebsites.net/> donde el usuario puede ejecutar la aplicación y evaluar de forma autónoma las diferentes medidas de eficiencia, determinando la conveniencia económica y ambiental con el fin de tomar una decisión informada sobre la inversión.

Figura 28

Interfaz de aplicación mihogareficiente

← → ↻ 🏠 📄 mihogareficiente.azurewebsites.net 🔍 ☆ ⬇️ 🌐 Erro

 Inicio Información adicional 

Calculadora de Consumo Energético - Emisiones - Sector Residencial en Colombia

MI Hogar Eficiente tiene como finalidad proporcionar una herramienta de fácil manejo a los usuarios de energía del sector residencial, con el fin de que puedan evaluar la implementación de medidas de eficiencia energética en sus hogares.

Inferior a 1000 m sobre el nivel del mar	☐	Consumo de Subsistencia	130	kW
Estrato		Subsidio		%
Consumo Promedio		Valor CU kWh		
Consumo Con Subsidio en kW		Costo Energía Con Subsidio		
Consumo Sin Subsidio en kW		Costo Energía Sin Subsidio		
		Contribución 20%		
		Costo Mensual de Energía		
Factor de Emisiones	0.112378	Emisiones Generadas		KgCO2

Nota. Elaborado por los autores

Una vez desplegado, el aplicativo está sujeto a monitoreo constante para asegurar su rendimiento y disponibilidad. Dado que la aplicación implementada utiliza Azure como hosting, se utiliza la herramienta Insights como complemento la cual es provista en cada uno de los servicios desplegados en Azure.

La configuración de copia de seguridad del sitio garantiza que el sistema pueda recuperarse rápidamente en caso de fallos. La retroalimentación continuo de los usuarios es fundamental para identificar áreas de mejora y planificar futuras actualizaciones, asegurando que el aplicativo siga siendo relevante y efectivo en la evaluación de la viabilidad económica y disminución de GEI de las medidas de eficiencia energética en los hogares.

Discusión

La investigación sobre la viabilidad económica y la disminución de GEI de las medidas del Plan de Acción Indicativo del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PAI PROURE) 2022-2030 en el sector residencial en Colombia plantea una serie de limitaciones que deben ser consideradas al evaluar la validez de sus resultados. De acuerdo con Brown & Sovacool (2011), la viabilidad económica de las medidas de eficiencia energética es una preocupación central, se discute cómo la naturaleza de bienes públicos de la energía limpia y la mitigación del cambio climático conduce a fallas del mercado, donde los beneficios no son capturados por los inversores, desincentivando la inversión privada.

Las tecnologías limpias y eficientes, aunque beneficiosas a largo plazo, enfrentan costos iniciales elevados que pueden ser prohibitivos para muchos hogares, especialmente aquellos de ingresos bajos, lo que dificulta su adopción en comparación con las tecnologías convencionales más baratas y establecidas. Lo anterior, subraya la importancia de diseñar políticas que no solo promuevan la adopción de tecnologías limpias, sino que también proporcionen subsidios o financiamiento accesible para aliviar las barreras económicas iniciales (Gillingham & Palmer, 2014).

Las normas culturales y sociales también juegan un papel crucial; la resistencia al cambio y la falta de concienciación sobre los beneficios a largo plazo de las tecnologías eficientes pueden limitar su adopción. Por lo tanto, es fundamental que las políticas del PAI PROURE no solo se enfoquen en la viabilidad económica, sino que también aborden estas barreras multifacéticas a través de campañas de educación y concienciación, así como reformas regulatorias que favorezcan la innovación y la adopción de tecnologías limpias. (Brown & Sovacool, 2011).

En segundo lugar, la comprensión detallada de las variables que afectan el consumo energético en el sector residencial es la clave fundamental para diseñar estrategias efectivas de eficiencia energética. En el análisis del consumo energético en viviendas, existen varios factores determinantes que deben considerarse. Por un lado, variables como el tamaño del hogar, la ubicación geográfica, el tipo de vivienda y la eficiencia de los electrodomésticos, influyen directamente en la cantidad de energía consumida. Adicionalmente, los hábitos y comportamientos de los residentes también desempeñan un papel crucial en los patrones de consumo.

Por otro lado, es fundamental evaluar los costos económicos asociados al consumo energético. Las tarifas eléctricas, los impuestos, los subsidios y las fluctuaciones en los precios de los combustibles afectan la carga financiera de los hogares. La adopción de tecnologías más eficientes y la implementación de prácticas de ahorro pueden reducir los costos a largo plazo, convirtiéndose en estrategias clave para la sostenibilidad económica y ambiental. (Vine & Jones, 2015).

Inclusive, en términos de la viabilidad económica y disminución de GEI, la disparidad en el poder adquisitivo entre diferentes segmentos de la población puede generar una adopción desigual de las medidas de eficiencia energética. Este fenómeno podría resultar en una brecha significativa entre los hogares que pueden permitirse invertir en mejoras energéticas y aquellos que no pueden hacerlo, exacerbando las desigualdades existentes. La literatura señala que los programas de eficiencia energética a menudo enfrentan desafíos en su implementación debido a estas diferencias socioeconómicas, no sin dejar de lado que los comportamientos de los usuarios y el nivel de conocimiento también son clave para gestionar esos desafíos. La falta de comprensión o el escepticismo hacia los ahorros potenciales puede ser una barrera importante. (Frederiks et al., 2015).

Estimar la relación beneficio-costos de las medidas de eficiencia energética permite a los hogares colombianos tomar decisiones informadas sobre la conveniencia de su adopción. Un análisis exhaustivo que incluya indicadores financieros como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el periodo de recuperación de la inversión es esencial para demostrar la rentabilidad de estas medidas. Los resultados de esta evaluación deben mostrar que, a pesar de los altos costos iniciales, las inversiones en eficiencia energética son financieramente viables y rentables a largo plazo.

Además, es importante considerar cómo los programas de incentivos y subsidios pueden mejorar la relación beneficio-costos, especialmente para los hogares de bajos ingresos. Una relación beneficio-costos favorable no solo justifica la inversión inicial, sino que también incentiva a los hogares a adoptar tecnologías más eficientes.

Otro aspecto crucial por considerar es la disponibilidad y accesibilidad de información para los usuarios finales. El desarrollo de aplicaciones con Tecnologías de la información que se implementen en la web, puede ser una estrategia fundamental para que un usuario tenga al alcance la forma de calcular la viabilidad de implementar las medidas de eficiencia energética y de esta forma fomentar la adopción de estas tecnologías en el sector residencial. Este tipo de aplicaciones deben ser intuitivas y fácilmente accesibles y que proporcionen la información clara y personalizada sobre los costos y beneficios de diferentes medidas de eficiencia energética.

Incluir indicadores ambientales, como la reducción de emisiones de CO₂, permite a los usuarios comprender el efecto positivo de sus decisiones no solo en términos económicos, sino también ambientales. Al ofrecer una herramienta que facilita la evaluación de escenarios de inversión, se empodera a los usuarios para tomar decisiones informadas y responsables, promoviendo así una mayor adopción de medidas

de eficiencia energética y contribuyendo al objetivo de sostenibilidad energética a nivel nacional.

A pesar de que el documento desarrollado PAI PROURE ofrece una evaluación de las categorías y medidas de eficiencia y es accesible, su eficacia depende de la capacidad de los usuarios para utilizarla adecuadamente dicha información y profundizarla en los aspectos propios de una implementación eficiente. La falta de alfabetización digital y energética entre la población especialmente del sector residencial puede limitar el uso efectivo de esta información ofrecida por la UPME, reduciendo así su potencial impacto positivo al dificultar su comprensión y orientación a la implementación.

Además, la percepción de los usuarios sobre los beneficios y la viabilidad de las medidas de eficiencia energética puede influir en su adopción. Estudios previos han demostrado que la falta de comprensión o el escepticismo sobre los ahorros potenciales y los beneficios ambientales puede disuadir a los usuarios de invertir en tecnologías de eficiencia energética, incluso cuando los beneficios económicos a largo plazo son claros. (Stern, 2011)

Las políticas y subsidios gubernamentales también juegan un papel crucial en la promoción de la eficiencia energética. La efectividad de estas medidas depende en gran medida de la consistencia y suficiencia de los incentivos ofrecidos. La investigación debe considerar la estabilidad y previsibilidad de estos programas de apoyo, ya que cambios abruptos o insuficiencias en los subsidios pueden afectar la viabilidad económica percibida por los usuarios. (Gillingham & Palmer, 2014)

Otro factor limitante es la variabilidad en los costos y beneficios de las medidas de eficiencia energética en diferentes regiones del país (Filippini & Hunt, 2011). La heterogeneidad climática y económica de Colombia implica que las medidas que son económicamente viables y beneficiosas en una región pueden no serlo en otra. Este

aspecto introduce una complejidad adicional al evaluar el impacto general del PAI PROURE a nivel nacional.

La resistencia al cambio y los hábitos de consumo energético también son barreras importantes. Incluso con información adecuada y subsidios disponibles, la inercia comportamental y la preferencia por el statu quo pueden limitar la adopción de medidas de eficiencia energética. La investigación debe abordar estos aspectos conductuales para ofrecer una evaluación completa de la viabilidad de las políticas propuestas (Frederiks et al., 2015)

Finalmente, la incertidumbre sobre los avances tecnológicos futuros y los cambios en el mercado energético puede afectar la validez a largo plazo de los resultados de la investigación. Las innovaciones tecnológicas y las fluctuaciones en los precios de la energía pueden alterar significativamente el panorama económico y ambiental, haciendo que las proyecciones actuales sean menos precisas (Brown & Sovacool, 2011). Por lo tanto, es crucial que los estudios incluyan escenarios de sensibilidad y análisis prospectivos para mitigar estos riesgos.

En conclusión, aunque los productos resultados de la investigación presentan un positivo y significativo potencial para mejorar la eficiencia energética en el sector residencial en Colombia, diversas limitaciones deben ser consideradas al evaluar la validez de sus resultados. Estos incluyen factores económicos, sociales, de información, políticas, regionales, comportamentales y de incertidumbre tecnológica. Abordar estas limitaciones es esencial para asegurar que las medidas propuestas sean efectivas y sostenibles a largo plazo.

Los hallazgos de la investigación revelan las diversas oportunidades que la eficiencia energética ofrece a los usuarios residenciales. En este contexto, se observa que las restricciones que habitualmente limitan la adopción de prácticas favorables en

este campo, especialmente las relacionadas con aspectos económicos y el poder adquisitivo reducido, son significativas. Sin embargo, la herramienta desarrollada permite a los usuarios evaluar escenarios económicos que puedan estar dentro de sus posibilidades de inversión y que están vinculados con las medidas de eficiencia. Se proporciona una visión integral de las posibilidades disponibles, porque se ofrece información detallada sobre la viabilidad económica y la rentabilidad de cada medida considerada, brindando así un enfoque pragmático y fundamentado para la toma de decisiones en materia de eficiencia energética residencial.

De esta forma se cumple con la hipótesis propuesta y la expectativa de ofrecer mediante una aplicación amigable con el usuario una valiosa oportunidad para evaluar de manera consciente e informada cuales de todas las medidas planteadas de eficiencia energética divulgadas en el plan de acción indicativo del programa de uso racional y eficiente de energía PAI PROURE 2022 -2030 Versión 4 y que le es conveniente implementar desde sus posibilidades económicas y cuáles son los posibles resultados económicos en términos del ahorro y ambientales en términos de emisiones evitadas.

Conclusiones y Trabajo Futuro

Conclusiones

Se ha demostrado que la implementación de medidas como la sustitución de electrodomésticos por modelos más eficientes y el cambio de energético de electricidad a gas natural son financieramente viables y representan un impacto económico y ambiental positivo. Los indicadores de retorno de inversión y ahorro económico son más favorables cuando se sustituye el energético y se cambia la tecnología del electrodoméstico, que solo haciendo la última acción, lo que sugiere que, a pesar de los costos iniciales elevados, a largo plazo estas acciones representan un ahorro significativo para los hogares colombianos.

De acuerdo con el análisis de la información, se evidencia que el consumo energético en el sector residencial está fuertemente influenciado por variables socioeconómicas, como los ingresos del hogar y el estrato social. Los hogares de estratos 1 al 3, que representan una porción considerable de la población, dependen significativamente de subsidios y tarifas preferenciales para mantener sus costos energéticos manejables. Este esquema de subsidios, aunque necesario para aliviar la carga financiera de los hogares de bajos ingresos, puede también desincentivar la adopción de tecnologías más eficientes debido a la percepción de costos iniciales elevados.

La evaluación económica de las medidas de eficiencia energética en el sector residencial muestra que la implementación de tecnologías eficientes, como el reemplazo de duchas eléctricas por calentadores de gas y la sustitución de electrodomésticos convencionales por modelos de alta eficiencia, es financieramente viable y rentable a largo plazo. Los indicadores financieros, tales como el Valor Actual Neto (VAN) positivo y

la Tasa Interna de Retorno (TIR) elevada, demuestran que estas inversiones generan ahorros significativos en costos energéticos y aseguran una rápida recuperación de la inversión inicial. La reducción de los costos operativos y los ahorros en las tarifas de energía incrementan la capacidad de los hogares para adoptar tecnologías eficientes, especialmente cuando se combinan con programas de incentivos gubernamentales y alivios fiscales.

La evaluación desde una perspectiva ambiental evidencia que la implementación de medidas de eficiencia energética en el sector residencial contribuye significativamente a la reducción de emisiones de CO₂. El cambio de electrodomésticos y sistemas de calefacción menos eficientes por opciones de alta eficiencia energética, como el uso de calentadores de gas natural en lugar de duchas eléctricas, resulta en una disminución considerable de las emisiones de gases de efecto invernadero. La reducción anual de emisiones evitadas ilustra el potencial de estas medidas para mitigar el impacto negativo del sector residencial. Esta disminución en las emisiones refuerza la sostenibilidad y la resiliencia ambiental del sector, fomentando una mayor adopción de prácticas y tecnologías amigables con el medio ambiente.

El análisis de la relación beneficio-costos (B/C) de las medidas de eficiencia energética revela que estas iniciativas son financieramente convenientes para los hogares colombianos. Un VAN positivo y un B/C mayor que uno (1) indican que los beneficios económicos proyectados superan los costos iniciales de inversión. En el caso específico de la sustitución de una ducha eléctrica por un calentador de gas, la TIR del 45% y el plazo de recuperación (PRI) de 2.8 años reflejan una alta rentabilidad y una rápida recuperación de la inversión. Estos resultados sugieren que los hogares pueden alcanzar ahorros significativos en el mediano y largo plazo, justificando la adopción de estas medidas. Además, los costos de mantenimiento y las inspecciones periódicas son

manejaables y no afectan negativamente la viabilidad financiera, consolidando la conveniencia económica de la adopción de tecnologías de eficiencia energética en los hogares colombianos.

Cabe anotar que la estimación de la relación beneficio-costos también subraya la importancia de los programas de incentivos y subsidios en la adopción de medidas de eficiencia energética. Programas como "Te mereces tu nevera nueva" reducen significativamente los costos iniciales de inversión, mejorando la accesibilidad de tecnologías eficientes para los hogares de menores recursos. Estos programas, junto con la evidencia de ahorros sustanciales y beneficios ambientales, actúan como impulsores clave para la adopción de medidas de eficiencia energética.

El aplicativo web orientado a calcular la viabilidad de medidas de eficiencia energética en hogares ofrece al usuario residencial la valoración económica y ambiental de la implementación de las medidas de eficiencia al alcance de sus capacidades económicas y a su intención de compromiso con el uso racional, y de esta forma permitir la toma de decisiones informadas.

El disponer de una herramienta de fácil accesibilidad y usabilidad, permite que cualquier hogar pueda beneficiarse a través de una opción tecnológica que permita la evaluación de cualquier escenario de inversión relacionado con la implementación de medidas de eficiencia energética, facilitando así la toma de decisiones sobre la adopción de las medidas y su conveniencia.

La integración de indicadores ambientales en el aplicativo, como la reducción de emisiones de CO₂ y el equivalente en consumo de combustibles fósiles evitados, resalta el impacto positivo de las decisiones individuales en la mitigación del cambio climático. Además de esto, la guía de orientación en buenas prácticas de uso de la energía y mantenimiento de equipos e instalaciones no solo promueve prácticas responsables

entre los usuarios, sino que también contribuye a la construcción de comunidades más sostenibles y resilientes.

Los resultados de la investigación dejan entre ver que mejorar en la educación energética y digital y en la sensibilización de la importancia de las acciones en estos ámbitos tiene alta relevancia entre la población colombiana para maximizar los beneficios de implementar las medidas de eficiencia energética. El conocimiento adecuado sobre los ahorros potenciales, los beneficios ambientales y las opciones disponibles es fundamental para superar la resistencia al cambio y fomentar la adopción generalizada de estas tecnologías.

Para asegurar el éxito a largo plazo de las iniciativas de eficiencia energética, es esencial una política pública coherente y estable. Los incentivos financieros, la disponibilidad de información clara y accesible, y la previsibilidad en los programas de apoyo son fundamentales para garantizar que las medidas propuestas no solo sean efectivas en términos económicos y ambientales, sino también sostenibles en el tiempo.

Los hallazgos confirman la hipótesis porque indican que, si bien las medidas de eficiencia energética ofrecen beneficios claros en términos de reducción de consumo y emisiones de gases de efecto invernadero, así como en el aumento de la eficiencia energética en los hogares, los altos costos iniciales pueden desalentar a los consumidores. Esto se debe a que muchas familias colombianas enfrentan limitaciones económicas que dificultan la inversión inicial requerida para actualizar tecnologías y equipos hacia opciones más eficientes desde el punto de vista energético.

Además, se identificaron disparidades significativas en la capacidad de los hogares para asumir estos costos iniciales, exacerbando las brechas socioeconómicas existentes. Este factor subraya la necesidad crítica de desarrollar más políticas públicas y estrategias de financiamiento de las existentes que no solo promuevan la adopción de

tecnologías energéticamente eficientes, sino que también aseguren un acceso equitativo a estas soluciones entre todos los estratos sociales.

Trabajo futuro

Una oportunidad importante que deja la investigación radica en sentar las bases para la realización de estudios similares en los diferentes sectores económicos especialmente los de uso intensivo de energéticos no renovables como el caso del sector transporte, el sector minero energético, el sector industrial y el sector terciario y en el largo plazo evaluar el impacto de las medidas de eficiencia energética implementadas bajo el PAI PROURE 2022-2030. Esto incluiría monitorear continuamente el consumo energético, las emisiones de gases de efecto invernadero y los ahorros económicos a medida que se utilizan las nuevas tecnologías y las prácticas eficientes.

Otra oportunidad derivada del presente estudio es la de llevar a cabo análisis locales más detallados sobre la rentabilidad económica de las medidas de eficiencia energética, considerando los diferentes escenarios económicos y de mercado de las diversas regiones de Colombia para entender mejor cómo varían los costos y beneficios en función del contexto local.

Otras investigaciones pueden ser llevadas a cabo mediante el enfoque de explorar en profundidad el impacto socioeconómico de la adopción de medidas de eficiencia energética, como el analizar cómo las políticas públicas pueden ser diseñadas para asegurar una distribución equitativa de los beneficios y oportunidades en términos de acceso a tecnologías eficientes.

Desarrollar estrategias efectivas de educación y concienciación pública sobre eficiencia energética podría ser otra área de investigación crucial. Estudios que evalúen la efectividad de campañas educativas, el nivel de conocimiento de los consumidores y

las barreras psicológicas y comportamentales que impiden la adopción de prácticas energéticamente eficientes serían muy valiosos.

Explorar nuevos modelos de financiamiento y políticas de subsidios podría facilitar la implementación masiva de medidas de eficiencia energética. Investigaciones que examinen opciones como financiamiento a bajo interés, incentivos fiscales específicos y esquemas de financiamiento colaborativo podrían abrir nuevas oportunidades para ampliar el acceso a tecnologías eficientes.

En un contexto global de cambio climático, investigaciones futuras podrían explorar cómo las tecnologías emergentes en electrodomésticos inteligentes compatibles para IoT, la integración de fuentes de energías renovables y ampliando las medidas de eficiencia al integrar el concepto de digitalización en soluciones inteligentes para la gestión energética en hogares, pueden contribuir a la resiliencia climática y a la reducción de la huella de carbono y de paso a la gestión de la demanda de energía.

Analizar en detalle los marcos legales y regulatorios relacionados con la eficiencia energética en Colombia también es crucial. Estudios que evalúen la efectividad de las normativas existentes, así como propuestas para mejorarlas o adaptarlas a las necesidades cambiantes del sector energético, podrían guiar políticas más efectivas y coherentes.

Las oportunidades para trabajos futuros derivados del proyecto de investigación son muchas y variadas, abarcando desde análisis técnicos y económicos hasta estudios socioeconómicos y políticas públicas. Estas investigaciones pueden proporcionar insights valiosos para mejorar la eficiencia energética en Colombia y avanzar hacia un futuro más sostenible y resiliente desde el punto de vista energético y ambiental.

Referencias

- A2estudio. (19 de Enero de 2022). *Eficiencia Energética. Demanda Energética y Consumo Energético*. Obtenido de arquitectura, Eficiencia energética, Medio Ambiente: <https://adosestudio.com/2022/01/19/eficiencia-energetica/>
- Agencia Internacional de Energia IEA. (2021). *World Energy Outlook 2021, París*. Obtenido de <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>
- Agencia Internacional de Energia IEA. (2022). *World Energy Outlook 2022 Resumen Ejecutivo*. Obtenido de <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022/executive-summary?language=es>
- ANDI. (12 de Septiembre de 2018). *Cambiar de nevera para mitigar el cambio climático*. Obtenido de <https://www.andi.com.co/Home/Noticia/1221-cambiar-de-nevera-para-mitigar-el-cambio>
- Balbas-Garcia, F., Aranda, J., Lombillo, I., & Villegas, L. (2015). METHODOLOGY APPLIED TO THE ENERGY EFFICIENCY BASED ON A PREVIOUS TECHNO-ECONOMIC STUDY RELATED TO THE LIFE CYCLE OF THE TECHNOLOGIES. DYNA, <https://doi.org/10.6036/7655>.
- Banco de la República Colombia. (Julio de 2023). *Política Monetaria: La estrategia de inflación objetivo en Colombia*. Obtenido de <https://www.banrep.gov.co/es/politica-monetaria>
- Brown, M., & Sovacool, B. (2011). *Climate Change and Global Energy Security: Technology and Policy Options*. pp. 179–214. Obtenido de The MIT Press. <http://www.jstor.org/stable/j.ctt5hhk05.9>

CELSIA. (s.f.). *Documento de trabajo: Cómo entender la tarifa de energía*. Obtenido de <https://devportal.celsia.com/wp-content/uploads/2021/11/Documento-sobre-la-tarifa-de-energia-final.pdf>

Centro Nacional de Control de Energía. (16 de Julio de 2018). *Demanda de energía, un factor clave en el desarrollo de México*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/cenace/articulos/demanda-de-energia-un-factor-clave-en-el-desarrollo-de-mexico?idiom=es>

Cepal, Olade y BID. (Diciembre de 2017). *Eficiencia energética en América Latina y el Caribe: Avances y oportunidades*. Obtenido de Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) y Banco Interamericano de Desarrollo (BID): <https://publications.iadb.org/es/publications/spanish/viewer/Eficiencia-energ%C3%A9tica-en-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe-Avances-y-oportunidades.pdf>

CORPOEMA. (Noviembre de 2021). *Diagnóstico del estado de los electrodomésticos de producción nacional con mejores eficiencias y propuesta de estrategias para su promoción*. Obtenido de para la UPME: <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/Proyectos-de-eficiencia-energetica.aspx>

Corte Constitucional . (2015). *Constitucion Política de Colombia 1991. Centro de Documentacion Judicial CENDOJ*. Obtenido de <https://www.corteconstitucional.gov.co/inicio/Constitucion%20politica%20de%20Colombia%20-%202015.pdf>

- Cortes, D., Gallegos, A., & Londoño, D. I. (2021). *Vulnerabilidad económica y gasto de los hogares en Colombia: Elementos para una política pública en tiempos del COVID*. Retrieved from Alianza EFI-Colombia Científica: <https://bit.ly/3zKUXJU>
- DANE. (2018). *Perfil sociodemográfico*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Bogotá, D.C. Obtenido de https://sitios.dane.gov.co/cnpv/app/views/informacion/perfiles/11_infografia.pdf
- DANE. (08 de Agosto de 2023). *Comunicado de Prensa. En julio de 2023 la variación mensual del IPC fue 0,50%*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/files/operaciones/IPC/cp-IPC-jul2023.pdf>
- Decision Analyst, Inc. (2009). Decision Analyst STATS. Obtenido de <https://www.decisionanalyst.com/download/#desktop>
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO FUNCION PUBLICA DAFP. (s.f.). *Ley 1715 de 2014*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57353>
- Durán Suárez, J. D. (2017). *Línea Base del Reglamento Técnico de Etiquetado – RETIQ con el Fin de Utilizar la Energía de Manera Eficiente en Equipos de Uso Final*. . Obtenido de <http://hdl.handle.net/11349/6285>.
- FENOGE. (31 de Enero de 2024). *Caribe Eficiente, un proyecto que impulsa la Transición Energética en la Región Caribe*. Obtenido de <https://fenoge.gov.co/caribe-eficiente-un-proyecto-que-impulsa-la-transicion-energetica-en-la-region-caribe/>
- Filippini, M., & Hunt, L. (2011). *Energy Demand and Energy Efficiency in the OECD Countries: A Stochastic Demand Frontier Approach*. *The Energy Journal*, 32(2), 59-80. Obtenido de <https://doi.org/10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol32-No2-3>

Frederiks, E., Stenner, K., & Hobman, E. (2015). *Household Energy Use: Applying Behavioural Economics to Understand Consumer Decision-Making and Behaviour*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 1385-1394.
Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.09.026>

Gillingham, K., & Palmer, K. (2014). *Bridging the Energy Efficiency Gap: Policy Insights from Economic Theory and Empirical Evidence*. *Review of Environmental Economics and Policy*, 8(1), 18-38. Obtenido de
<https://doi.org/10.1093/reep%2Fret021>

Gutiérrez, S. I. (2019). La Globalización 4.0: eficiencia energética y emisiones de CO2. *Economistas*, (165), 54-61.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7127505>.

Hernández, H. (2017). Evaluación económica de inversiones de eficiencia energética en viviendas. *Building & Management*, vol. 1(2), pp. 36-45.
https://www.ucentral.cl/ucentral/site/docs/20170807/20170807154136/3552_13125_1_pb.pdf.

Hernández, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.
<https://doi.org/http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/handle/54000/1292>

Konrad, W. (2015). La percepción del sentido de la sostenibilidad, las políticas energéticas y los hábitos de los ciudadanos con respecto al consumo doméstico de la energía. Un estudio de caso en Alemania, Dialogik Institute (Stuttgart). *Papers Revista de Sociologia*, 100 (4) <https://doi.org/10.5565/rev/papers.2230>.

Medium. (01 de Marzo de 2024). *Eficiencia Energética en el Hogar: El Rol del Gas Natural*. Obtenido de <https://medium.com/@petropunto/eficiencia-energ%C3%A9tica-en-el-hogar-el-rol-del-gas-natural-83941e9cc137>

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). *Beneficios Tributarios por inversiones FNCE y Eficiencia Energética*. Obtenido de <https://beneficios-tributarios.minambiente.gov.co/beneficios-tributarios-por-inversiones-fnce-y-eficiencia-energetica/>
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (19 de Diciembre de 2017). *Decreto 2143 de 2017 Nivel Nacional*. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=73337&dt=S>
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (10 de Junio de 2020). *DECRETO 829 DE 2020*. Obtenido de https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/decreto_0829_2020.htm
- Ministerio de Minas y Energía. (08 de Julio de 2004). *Resolución 355 de 2004 Ministerio de Minas y Energía*. Obtenido de <https://www.bogotajuridica.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=14315#0>
- Ministerio de Minas y Energía. (03 de Enero de 2023). *Minenergía sigue avanzando en eficiencia energética para el caribe*. Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias-index/minenerg%C3%ADa-sigue-avanzando-en-eficiencia-energ%C3%A9tica-para-el-caribe/>
- Ministerio Nacional de Energía y Minería. (Mayo de 2017). *Uso racional y eficiente de la energía: material educativo para docentes*. Obtenido de https://wwfar.awsassets.panda.org/downloads/uso_racional_y_eficiente_de_la_energia_material_docente.pdf
- Muñoz, M. T., Gutierrez, L., & Quintana, J. (2023, junio). *De lo ideal a lo real en eficiencia energética de la vivienda tipo interés social: caso Hermosillo, Sonora, Mexico*. Retrieved from CONTEXTO. Revista de la Facultad de Arquitectura de la

Universidad Autónoma de Nuevo León:

<https://contexto.uanl.mx/index.php/contexto/article/view/373/260>

Patiño, J. (30 de Enero de 2012). *COSTOS DE INVERSIÓN INICIAL, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE TRATAMIENTOS NATURALES DE AGUAS RESIDUALES PARA PEQUEÑAS COMUNIDADES EN COLOMBIA. Tesis Grado Pontificia Universidad Javeriana*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/71418999.pdf>

QuestionPro. (s.f). *Tamaño de muestra*. Obtenido de

<https://www.questionpro.com/es/tama%C3%B1o-de-la-muestra.html>

Recalde, M., Zabaloy, F., & Guzowski, C. (2018). El rol de la eficiencia energética en el sector residencial para la transición energética en la región latinoamericana.

Trayectorias, 20(47), 77-102. Obtenido de

<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/97202>

Sapag, N., Sapag, J., & Sapag, R. (2014). *Preparación y evaluación de proyectos*.

McGraw-Hill. Retrieved from <https://www-ebooks7-24-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/?il=752>

Sectorial. (Junio de 2023). *Informe sectorial. Electrodomesticos*. Obtenido de

<https://bibliotecadigital.ccb.org.co/server/api/core/bitstreams/c6d25119-6f97-4d87-af30-c0a13bfc920f/content>

Sierra, E., & Andrade, H. J. (2020). Impacto de buenas prácticas en el uso de electrodomésticos eficientes en la reducción de las emisiones de CO2 en los hogares urbanos de Ibagué, Colombia. *Ambiente Y Desarrollo*, 24(47).

<https://doi.org/10.11144/Javeriana.ayd24-47.ibpu>.

Stern, P. (2011). *Contributions of psychology to limiting climate change. The American psychologist*, 66(4), 303–314. . Obtenido de <https://doi.org/10.1037/a0023235>

- Trianni, A., Cagno, E., & De Donatis, A. (2014). A framework to characterize energy efficiency measures. *Applied Energy*, Volume 118, Pages 207-220 <https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.1016/j.apenergy.2013.12.042>.
- UPME. (2016). *calculadora Fecoc* . Obtenido de http://www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/calculadora.html
- UPME. (2019). *Implementación de un sistema de Gestión de la Energía Guía con base en la norma ISO 50001*. Obtenido de Segunda Version: https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/EEIColombia/Guia_estructura_ISO50001.pdf
- UPME. (2021). *Diagnóstico del estado de los electrodomésticos de producción nacional con mejores eficiencias y propuesta de estrategias para su promoción* . Obtenido de Mercado Aparente 2020.: <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/Proyectos-de-eficiencia-energetica.aspx>
- UPME. (2022a). *Plan Energético Nacional 2020 - 2050. La transformación energética que habilita el desarrollo sostenible*. Obtenido de https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PEN_2020_2050/Plan_Energetico_Nacional_2020_2050.pdf
- UPME. (2022b). *Plan de accion indicativo. Programa de uso racional y eficiente de la energia PAI PROURE 2022 - 2030*. Obtenido de https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PROURE/Documento_PROURE_2022-2030_v4.pdf
- UPME. (s.f.). *Programa de uso racional y eficiente de la energía - PROURE*. Obtenido de <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/PROURE.aspx>

Vallejo Zamudio, L. (2021). Magnitud e implicaciones de la pobreza en Colombia.

Apuntes del Cenes, 40 (72). Págs.7 - 13

<https://doi.org/10.19053/01203053.v40.n72.2021.13362>.

Vallejo Zamudio, L. (2022). Inflación en Colombia y posibles escenarios futuros. .

Apuntes del Cenes, 41(74), 7–13.

<https://doi.org/10.19053/01203053.v41.n74.2022.14682>.

Vine, E., & Jones, C. (2015). *A Review of Energy Reduction Competitions: What Have We Learned? UC Berkeley: California Institute for Energy and Environment (CIEE)*. Obtenido de <https://escholarship.org/uc/item/0926w85z>

XM. (23 de Enero de 2023). *Resultado de cálculo de Factor de Emisión del Sistema Interconectado Nacional, para inventario de Gases de Efecto Invernadero*.

Obtenido de <https://www.xm.com.co/noticias/5548-resultado-de-calculo-de-factor-de-emision-del-sistema-interconectado-nacional-para>

Anexo 1. Guía De Buenas Prácticas Para El Uso Eficiente Y Racional De Energía

En El Hogar

Iluminación

Uso Eficiente:

Apagado de Luces: Apague las luces en habitaciones no ocupadas. Considere instalar temporizadores o sensores de presencia en jardines y áreas comunes para reducir el tiempo de operación de las luces.

Utilice cortinas claras y sueltas para permitir la entrada de luz diurna.

Decore o pinte habitaciones con colores claros para maximizar la reflexión de la luz natural.

Iluminación Local: Emplee iluminación específica para tareas (como leer o coser) usando lámparas LED eficientes, en lugar de iluminar toda la habitación.

Limpieza de Lámparas: Limpie frecuentemente las lámparas y pantallas para evitar la acumulación de suciedad que reduce la luminosidad. Mantener las lámparas limpias puede ahorrar hasta un 20% en el consumo de electricidad.

Mantenimiento:

Revisión y Sustitución: Revise y cambie las bombillas defectuosas. Utilice bombillas LED que son más eficientes.

Limpieza Regular: Mantenga las luminarias limpias para garantizar una iluminación óptima y reducir la necesidad de más fuentes de luz.

Cocina

Uso Eficiente:

Tamaño Adecuado de Ollas: Use ollas cuyo diámetro sea ligeramente mayor que el área de producción de calor para evitar la pérdida de calor.

Utensilios Adecuados: Utilice recipientes con volúmenes adecuados para el número de personas que ocupan la vivienda.

Cocinas Eléctricas: Emplee ollas de fondo plano para mejorar la transferencia de calor.

Ollas a Presión: Utilice ollas a presión para minimizar la pérdida de vapor y reducir el consumo de energía.

Tapar Ollas: Tape las ollas durante la cocción para conservar energía.

Calor Residual: Aproveche el calor residual de los hornos y hornillas apagándolos unos minutos antes de finalizar el cocinado.

Mantenimiento:

Limpieza Regular: Mantenga las hornillas y el horno limpios para asegurar una eficiencia óptima.

Revisión de Conexiones: Revise regularmente las conexiones de electricidad y/o gas para evitar pérdidas y/o fugas y garantizar la seguridad.

Horno Microondas

Uso Eficiente:

Calentamiento Eficiente: Use el microondas para calentar porciones pequeñas y no para cocinar grandes volúmenes.

Sustitución del Horno Convencional: En algunos casos, sustituir el horno convencional por el microondas puede ahorrar hasta un 60%-70% de energía.

Mantenimiento:

Limpieza Regular: Mantenga el microondas limpio para asegurar una mayor durabilidad y eficiencia energética.

Nevera

Uso Eficiente:

No Introducir Alimentos Calientes: Permita que los alimentos se enfríen antes de guardarlos en la nevera para reducir el consumo de energía.

Ubicación Adecuada: Coloque la nevera en un lugar con suficiente espacio para la circulación del aire y lejos de fuentes de calor.

Descongelado Regular: Descongele el congelador antes de que la capa de hielo supere los 3 milímetros de espesor.

Mantenimiento:

Revisión de Juntas: Revise y reemplace las juntas de la puerta si están desgastadas para evitar pérdidas de frío.

Limpeza del Condensador: Limpie las bobinas del condensador regularmente para asegurar un funcionamiento eficiente.

Lavadora de Ropa

Uso Eficiente:

Cargas Completas: Procure que la lavadora trabaje siempre a plena carga cercana a la nominal para maximizar la eficiencia.

Centrifugado: Utilice el centrifugado para secar la ropa, ya que consume menos energía que una secadora.

Mantenimiento:

Limpeza del Filtro: Limpie el filtro de la lavadora regularmente para asegurar un funcionamiento eficiente.

Revisión de Mangueras: Revise las mangueras y conexiones para evitar fugas.

Secadora de Ropa

Uso Eficiente:

Uso Limitado: Limite el uso de la secadora a situaciones de urgencia o cuando el clima no permita el secado al sol.

Centrifugado Previo: Centrifugue la ropa antes de introducirla en la secadora para reducir el tiempo de secado.

Carga Completa: Aproveche siempre al máximo la capacidad de la secadora para optimizar su eficiencia energética.

Aire Acondicionado

Uso Eficiente:

Temperatura del Termostato: Mantenga la temperatura del termostato a 24°C o más para optimizar el consumo de energía. Cada grado de enfriamiento adicional puede aumentar el consumo de energía entre un 6% y un 8%.

Uso de Cortinas y Persianas: Utilice cortinas o persianas para bloquear la luz solar directa, reduciendo la carga térmica en el espacio acondicionado.

Programación del Uso: Apague el aire acondicionado cuando no esté en uso o programe un temporizador para que funcione solo cuando sea necesario. Utilice un termostato programable para ajustar automáticamente la temperatura durante diferentes momentos del día.

Ventiladores de Techo: Utilice ventiladores de techo para ayudar a distribuir el aire frío de manera más uniforme, permitiendo ajustar el termostato a una temperatura más alta.

Cierre de Puertas y Ventanas: Asegúrese de que puertas y ventanas estén cerradas mientras el aire acondicionado esté en funcionamiento para evitar la pérdida de aire frío.

Reducción de Fuentes de Calor Interno: Minimice el uso de electrodomésticos generadores de calor, como hornos y secadoras, durante las horas más calurosas del día.

Mantenimiento:

Limpieza de Filtros de Aire: Limpie o reemplace los filtros de aire regularmente, al menos una vez al mes durante la temporada de uso intenso, para mantener una eficiencia óptima y una buena calidad del aire.

Inspección de Unidades Exteriores: Mantenga las unidades exteriores libres de obstrucciones como hojas, polvo y escombros para asegurar una buena ventilación y evitar el sobrecalentamiento.

Revisión de Conductos: Inspeccione y limpie los conductos de aire regularmente para evitar acumulaciones de polvo y asegurarse de que no haya fugas que puedan disminuir la eficiencia del sistema.

Verificación del Nivel de Refrigerante: Asegúrese de que el nivel de refrigerante sea el adecuado. Un nivel bajo puede reducir la eficiencia del aire acondicionado y causar un mayor consumo de energía.

Mantenimiento Anual: Programe un mantenimiento anual por un técnico calificado para revisar y ajustar todos los componentes del sistema, incluyendo la limpieza de las bobinas del evaporador y del condensador.

Revisión del Aislamiento: Revise el aislamiento alrededor de las tuberías de refrigerante para asegurarse de que esté intacto, ya que el aislamiento dañado puede llevar a pérdidas de eficiencia.

Limpieza de Bobinas: Limpie las bobinas del evaporador y del condensador al menos una vez al año para mantener una transferencia de calor eficiente y prolongar la vida útil del sistema.

Entretenimiento y TV

Uso Eficiente:

Apagado Completo: No mantenga los equipos en modo "en espera" o "stand by".

Apague completamente los dispositivos cuando no estén en uso.

Sala de Estudio - Computadora

Uso Eficiente:

Apagado Completo: Apague la computadora por completo durante ausencias prolongadas (más de 30 minutos).

Uso de Modo de Suspensión: Utilice el modo de suspensión para ahorrar energía durante periodos cortos de inactividad.

Protector de Pantalla: Elija un protector de pantalla de color negro sin efectos para minimizar el consumo de energía.

Electrobombas de Agua (Viviendas Multifamiliares)

Uso Eficiente:

Evitar Carga Parcial: No utilice bombas a carga parcial; operarlas en condiciones distintas a las nominales puede ser ineficiente.

Control de Operación: Controle las horas de operación, especialmente durante horas pico para evitar el sobredimensionamiento del equipo.

Mantenimiento:

Programación de Mantenimiento: Realice un mantenimiento programado y oportuno de las bombas y válvulas del sistema de agua potable.

Minimización de Cambios de Dirección: Minimice los cambios de dirección en la tubería para mejorar la eficiencia del sistema.

Compra de Nuevos Artefactos

Uso Eficiente:

Selección de Aparatos: Elija aparatos que consuman menos energía con etiquetado de alta eficiencia y considerando su uso y función.

Información Energética: Solicite información sobre el consumo energético del aparato antes de comprarlo, ya que no todos los electrodomésticos consumen la misma cantidad de energía.

Costos de Operación: Considere los costos de operación además de la inversión inicial, especialmente si los aparatos están destinados a funcionar varias horas al día.

Gestión y Mantenimiento:

Mantenimiento de Equipos: Mantenga los equipos en buen estado para evitar pérdidas de energía y reducir riesgos eléctricos.

Nota: Implementar estas prácticas puede contribuir significativamente a la reducción del consumo energético en el hogar y prolongar la vida útil de los electrodomésticos, además de contribuir al cuidado del medio ambiente y reducir los costos de energía.