

Performance Comparison Between Traditional and Smart Homes: Impact of IoT Automation and Inverter Devices on Energy Efficiency and Comfort.

Abigail Melendez Hernandez¹, Henry Osorto^{1,2}

¹Universidad Tecnológica Centroamericana, San Pedro Sula, Honduras, abigailmh@unitec.edu,
henry.osorto@unitec.edu.hn

²Universidad Nacional Autónoma de Honduras, UNAH, Honduras, henry.osorto@unah.edu.hn

The constant human pursuit of improving living conditions has driven a continuous evolution in housing solutions, with a focus on the use of IoT technologies for connectivity and intelligent control of household devices, as well as for automating routine tasks. This research compares the performance of two homes with identical dimensions: one built with a traditional approach in both design and selection of internal devices, and the other with a modern, smart approach incorporating inverter devices and IoT functionalities. The study results reveal that the smart home shows significant improvements in temperature control, natural ventilation, efficient lighting, and reduced energy consumption compared to the traditional home.

Keywords: *IoT, smart home, energy efficiency, smart construction, simulation.*

Comparación del Desempeño entre Viviendas Tradicionales e Inteligentes: Impacto de la Automatización IoT y Dispositivos Inverter en Eficiencia Energética.

Abigail Melendez Hernandez¹, Henry Osorto^{1,2}

¹Universidad Tecnológica Centroamericana, San Pedro Sula, Honduras¹, abigailmh@unitec.edu, henry.osorto@unitec.edu.hn

²Universidad Nacional Autónoma de Honduras, UNAH, Honduras, henry.osorto@unah.edu.hn

La constante búsqueda del ser humano por mejorar sus condiciones de vivienda ha impulsado una evolución continua en las soluciones habitacionales, destacándose el uso de tecnologías IoT para la conectividad y el control inteligente de dispositivos domésticos, así como para la automatización de tareas rutinarias. Esta investigación compara el rendimiento de dos viviendas de dimensiones idénticas: una construida con un enfoque tradicional, tanto en su diseño como en la selección de dispositivos internos, y otra con un enfoque moderno e inteligente, que incorpora dispositivos inverter y funcionalidades IoT. Los resultados del estudio revelan que la vivienda inteligente presenta mejoras significativas en control de temperatura, ventilación natural, iluminación eficiente y reducción en el consumo energético en comparación con la vivienda tradicional.

Palabras clave- IoT, casa inteligente, eficiencia energética, construcción inteligente, simulación.

I. INTRODUCCIÓN

La evolución del ser humano ha impulsado cambios significativos en su entorno, particularmente en la manera de concebir y habitar sus viviendas. Desde construcciones tradicionales enfocadas en cubrir necesidades básicas hasta edificaciones modernas e inteligentes diseñadas para maximizar el confort, el sector de la construcción ha experimentado una transformación constante. Este cambio ha sido facilitado por el avance de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT), que permite la conectividad y el control inteligente de dispositivos domésticos, optimizando así la eficiencia energética y mejorando el confort de los habitantes. El auge de estas tecnologías ha propiciado un crecimiento del 283% en investigaciones relacionadas con IoT, software de diseño asistido, robótica, inteligencia artificial y realidad aumentada en el ámbito de la construcción [1].

Estos desarrollos han dado lugar a la aparición de hogares inteligentes, donde la interconexión de dispositivos facilita un monitoreo preciso y una gestión eficiente de los recursos energéticos. Además, el uso de software de simulación permite predecir el consumo energético y optimizar el flujo de aire natural, mejorando la sostenibilidad y el confort de los espacios habitables. Las tendencias globales indican una creciente aceptación de estas tecnologías debido a la globalización y al acceso a información sobre sus ventajas, lo cual impulsa la demanda de hogares inteligentes y fomenta su desarrollo continuo [2].



Fig. 1. Componentes IoT centralizado de una casa inteligente.

En este contexto, el IoT ha revolucionado la forma en que gestionamos los entornos domésticos, permitiendo un control avanzado en áreas clave como la climatización, la iluminación y la seguridad. El uso de sistemas IoT en viviendas ubicadas en zonas tropicales, como San Pedro Sula, representa una estrategia eficaz para enfrentar los desafíos ambientales asociados al calor y la humedad elevados. La monitorización en tiempo real de variables ambientales y energéticas permite ajustar automáticamente los sistemas de climatización y ventilación según las necesidades de los ocupantes, reduciendo el consumo energético y mejorando el bienestar térmico. Asimismo, al recopilar y analizar datos sobre patrones de uso y condiciones ambientales, es posible implementar soluciones pasivas y estrategias de diseño que optimicen la eficiencia energética y el confort interior [3].

La integración de dispositivos inverter, conocidos por su eficiencia energética y capacidad de adaptación, potencia el rendimiento de estas soluciones inteligentes. En conjunto con la automatización del hogar, estas tecnologías no solo mejoran el confort y la accesibilidad, sino que también optimizan el uso de la energía [4]. Por otro lado, la simulación ambiental facilita la selección de materiales constructivos adecuados que favorecen la ventilación natural y el aislamiento térmico, alineando el diseño arquitectónico con principios de sostenibilidad [5].

En contraste, las construcciones tradicionales, carentes del soporte de herramientas digitales, presentan limitaciones significativas en términos de eficiencia y productividad. La planificación manual y la gestión de recursos incrementan el riesgo de errores humanos, lo que genera sobrecostos y retrasos. Además, la falta de visualización en tiempo real limita la detección oportuna de problemas y reduce la capacidad para optimizar materiales y mano de obra. Estas deficiencias resaltan la urgencia de adoptar soluciones digitales que modernicen el enfoque tradicional y mejoren la coordinación y eficiencia en la ejecución de proyectos de construcción [6].

El desarrollo de tecnologías de automatización en entornos domésticos ha sido ampliamente estudiado en la literatura científica. La evolución del IoT ha facilitado la interconexión de dispositivos inteligentes, promoviendo una gestión energética más eficiente y una mejora en la calidad de vida dentro del hogar [7]. Diversos estudios han abordado la eficiencia energética en viviendas inteligentes, destacando el impacto positivo del uso de algoritmos de optimización y machine learning para reducir el consumo energético [8][9][10].

Uno de los elementos más relevantes en este campo es la integración de dispositivos inverter con sistemas de automatización, lo cual permite una regulación más eficiente del consumo eléctrico, especialmente en electrodomésticos de alta demanda energética como el aire acondicionado y los sistemas de refrigeración [11][12]. Además, la aplicación de sistemas de gestión energética doméstica ha demostrado ser eficaz para reducir costos y mejorar la sostenibilidad [13][14]. La incorporación de redes inteligentes (smart grids) junto con IoT permite una distribución más eficiente de la electricidad, facilitando la respuesta dinámica a la demanda [15][16].

En materia de seguridad, tecnologías como blockchain y protocolos de autenticación han sido exploradas como mecanismos clave para proteger la integridad y privacidad de los datos generados por dispositivos IoT en entornos domésticos [15][17]. También se ha prestado atención al diseño de interfaces de usuario adaptativas y a las plataformas de desarrollo que permiten un control eficiente de los dispositivos en el hogar [13][18]. Asimismo, la combinación de tecnologías de comunicación avanzadas con arquitecturas descentralizadas en redes de sensores inalámbricos (WSNs) ha optimizado la transmisión de datos y la conectividad en sistemas inteligentes [19][20].

Finalmente, la literatura resalta la importancia de los modelos de simulación computacional como herramientas fundamentales para evaluar la eficiencia energética en viviendas. Investigaciones previas han demostrado que herramientas como DesignBuilder y el análisis basado en datos permiten predecir con precisión el consumo energético y mejorar el diseño arquitectónico para optimizar la ventilación y el aislamiento térmico [8][21]. DesignBuilder, en particular, ha sido validado bajo el estándar ANSI/ASHRAE Standard 140 (BESTEST), lo que certifica su precisión y confiabilidad en la simulación del rendimiento térmico de edificaciones. Además,

estudios empíricos han mostrado que las simulaciones realizadas con esta herramienta pueden alcanzar una correlación del 99% ($R^2 = 0.99$) con datos medidos en condiciones reales, lo que refuerza su valor como instrumento predictivo en contextos prácticos [22]. Estos hallazgos refuerzan la relevancia del presente estudio, que busca proporcionar evidencia empírica sobre el desempeño comparativo entre viviendas tradicionales y viviendas inteligentes en términos de consumo energético y confort térmico.

II. MÉTODOS

Este estudio comparativo utiliza una metodología mixta que integra una revisión de literatura y simulaciones computacionales para analizar el desempeño energético de viviendas tradicionales y viviendas inteligentes con tecnologías IoT en San Pedro Sula, Honduras. En la primera etapa, se realizó una revisión exhaustiva de la literatura utilizando la base de datos Scopus. Para identificar estudios relevantes, se aplicó la siguiente ecuación de búsqueda:

TITLE-ABS-KEY ("smart home" OR "intelligent home" OR "home automation") AND TITLE-ABS-KEY ("IoT" OR "Internet of Things") AND TITLE-ABS-KEY ("energy efficiency" OR "energy consumption" OR "thermal comfort").

Los términos de búsqueda incluyeron *casa inteligente, automatización del hogar, IoT, eficiencia energética, consumo de energía y confort térmico*, lo que resultó en una base de 1,282 documentos. Posteriormente, los datos bibliográficos se analizaron utilizando R Studio [23] para realizar un análisis bibliométrico, identificando tendencias de investigación, áreas de enfoque y lagunas en el conocimiento actual.

En la segunda etapa, se llevaron a cabo simulaciones computacionales utilizando el software DesignBuilder en su versión de prueba, con el fin de evaluar el desempeño energético y el confort térmico de las viviendas. Se introdujeron parámetros climáticos específicos de San Pedro Sula, obtenidos de la base de datos ASHRAE, para garantizar la precisión de las simulaciones en el contexto local. Se realizaron dos simulaciones comparativas manteniendo el mismo diseño arquitectónico en cuanto a distribución y dimensiones, pero introduciendo variaciones en la orientación de ventanas, el nivel de aislamiento térmico en paredes y ventanas, y la extensión del alero del techo. Estas modificaciones permitieron evaluar el impacto de cada variable en la eficiencia energética y el confort térmico de las viviendas.

Adicionalmente, se realizó un análisis comparativo entre electrodomésticos convencionales y tipo inverter operados mediante controladores IoT con rutinas programables. Se evaluó su consumo energético y eficiencia operativa considerando tres aspectos clave: el consumo energético total anual, la eficiencia operativa en diferentes condiciones de uso y el impacto de las rutinas programables en la optimización del consumo energético.

III. ANÁLISIS DE DATOS

Honduras sigue un enfoque tradicional en la construcción, cumpliendo estrictamente con los planos constructivos, el Código Hondureño de Construcción y las normas ASTM, garantizando así la seguridad, durabilidad y calidad de las edificaciones. El proceso inicia con la remoción completa de instalaciones en áreas como baños y camerinos, preparando el espacio para las nuevas obras.

A. Materiales y Técnicas Térmicamente Eficiente

En cuanto a materiales, se utiliza cemento Portland tipo 1 conforme a las especificaciones ASTM C-150. Para los pisos, se realiza una nivelación con mortero de nivelación o fundición de concreto, asegurando una resistencia mínima de 24 MPa en espesores mayores a 5 cm. En áreas nuevas, se requiere una fundición de concreto de 10 cm de espesor. Las paredes se construyen con bloques de concreto de al menos 15 cm de espesor.

En la estructura, se coloca refuerzo de confinamiento en columnas con una longitud mínima de 45 cm o 1/6 de la altura libre de la columna. Los taludes de cortes o rellenos deben mantener una relación de 1:1, a menos que se indique lo contrario en los planos. Los acabados deben cumplir con la textura, color y calidad especificados, incluyendo repellos, pulidos y pasteados para un acabado uniforme [24].

En la Tabla 1 se categorizan los materiales más utilizados en la construcción de viviendas en Honduras. Esta tabla incluye los materiales más utilizados en la construcción de paredes, pisos y techos, junto con su porcentaje de participación y los destinos donde se emplean con mayor frecuencia [25].

TABLA I
MATERIALES CONVENCIONALES DE CONSTRUCCIÓN EN HONDURAS

Categoría	Material	Participación (%)	Destinos Predominantes
Paredes	Bloque de concreto	87.1	Más del 90% en la mayoría de los destinos, 62.5% en proyectos industriales
	Ladrillo de arcilla	2.1	Proyectos residenciales y comerciales
	Otros (adobe, piedra, madera, vidrio, adobloque)	10.8	Diversos destinos
Pisos	Cerámica	40.3	Proyectos residenciales y comerciales
	Plancha de cemento	30.0	Obras para uso industrial
	Otros (ladrillo de cemento, adoquín,	29.7	Espacios destinados a la prestación de servicios

Categoría	Material	Participación (%)	Destinos Predominantes
	granito, madera)		(ej. estacionamientos, hospitales)
Techos	Aluzinc	62.3	Mayoría de los destinos
	Plancha fundida	9.4	Algunos proyectos específicos
	Otros (zinc, fibrocemento, teja, shingle)	28.3	Común en espacios destinados a la prestación de servicios

B. Materiales y Técnicas Térmicamente Eficiente

El grosor óptimo para maximizar el aislamiento térmico y reducir la entrada de calor exterior en la vivienda, minimizando así el consumo de energía eléctrica para refrigeración, es de 12 cm [26].

La incorporación de fibras naturales en materiales de construcción convencionales, como el cemento y el mortero, mejora sus propiedades de aislamiento térmico al reducir su conductividad térmica en la figura 2 se muestra los materiales tradicionales y fibras naturales con sus propiedades conductivas [27].

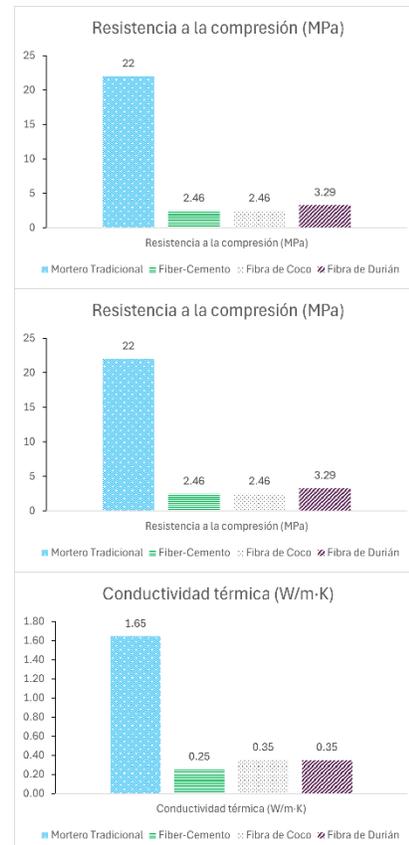


Fig. 2. Comparación de materiales tradicionales y fibras naturales con sus propiedades conductivas.

C. Entorno Climático

La Tabla 3 [28] muestra datos climáticos de San Pedro Sula relacionados con condiciones de diseño para calefacción, humidificación, ventilación, enfriamiento, deshumidificación, entalpía y condiciones extremas anuales. En enero, el mes más frío, las temperaturas de bulbo seco alcanzan los 17.8°C al 99.6% de ocurrencia, mientras que el punto de rocío más bajo es de 15.8°C con una humedad relativa del 11.2%. La velocidad del viento varía de 7.9 m/s a 27.2 m/s, reflejando una variabilidad moderada.

Por otro lado, mayo es el mes más caluroso, con temperaturas de bulbo seco de hasta 36.8°C al 0.4% de ocurrencia y un punto de rocío máximo de 27.9°C, indicando alta humedad. La entalpía llega a 93.3 kJ/kg, mostrando una alta carga térmica y una necesidad significativa de enfriamiento. Las condiciones extremas anuales muestran temperaturas máximas de hasta 43.9°C y mínimas de 12.2°C, con temperaturas de bulbo húmedo de hasta 31.2°C en situaciones de calor extremo.

Estos datos indican que San Pedro Sula enfrenta altas temperaturas y humedad, especialmente en mayo, lo que representa desafíos para la climatización. La implementación de sistemas de enfriamiento eficientes y de control centralizado es clave para gestionar la climatización y el consumo energético en edificaciones comerciales y residenciales de la ciudad.

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A. Resultados Revisión De Literatura

La recopilación y análisis de literatura científica en el ámbito de las casas inteligentes, el Internet de las Cosas (IoT) y la eficiencia energética permitió identificar un total de 1,282 documentos publicados en 780 fuentes académicas, incluyendo revistas científicas, conferencias y libros especializados. El período analizado abarca desde 2008 hasta 2025, lo que proporciona una visión integral sobre la evolución del conocimiento en esta área. Se observó una tasa de crecimiento anual del 19.61%, lo que indica un aumento sostenido en el interés y la producción científica en torno a las aplicaciones de IoT en el sector de la construcción y la optimización del consumo energético.

El análisis preliminar sugiere que la investigación en este campo ha experimentado un impulso significativo en los últimos años, alineándose con el crecimiento exponencial de las tecnologías emergentes y su integración en entornos residenciales. La literatura recopilada aborda distintos enfoques, desde estudios teóricos sobre la viabilidad del IoT en edificaciones hasta investigaciones experimentales y simulaciones computacionales orientadas a evaluar su impacto en la eficiencia energética y el confort térmico. Estos resultados subrayan la relevancia del tema en la comunidad científica y refuerzan la necesidad de continuar explorando estrategias innovadoras para mejorar el desempeño de edificaciones inteligentes mediante la automatización, la selección de

materiales con propiedades térmicas avanzadas y la implementación de dispositivos inverter para la reducción del consumo energético.

TABLA II
RESULTADOS DE DOCUMENTOS EN BIBLIOTECA SCOPUS

Descripción	Resultados
Información Principal Sobre Los Datos	
Periodo De Tiempo	2008:2025
Fuentes (Revistas, Libros, Etc.)	780
Documentos	1282
Tasa De Crecimiento Anual (%)	19.61
Edad Promedio De Los Documentos	4.14
Citas Promedio Por Documento	17.2
Citas Promedio Por Año Por Documento	2.7
Referencias	36398
Tipos De Documentos	
Artículo	483
Libro	6
Capítulo De Libro	74
Artículo De Conferencia	650
Revisión De Conferencia	20
Documento De Datos	3
Editorial	1
Errata	1
Carta	1
Retractado	2
Revisión	41
Contenido De Los Documentos	
Palabras Clave Adicionales (Id)	5775
Palabras Clave De Los Autores (De)	2887
Autores	
Autores	4254
Apariciones De Autores	4996
Autores De Documentos En Solitario	56
Colaboración Entre Autores	
Documentos De Autor Único	61
Documentos Por Autor	0.301
Coautores Por Documento	3.9
Colaboraciones Internacionales (%)	24.18

Análisis de la Estructura Conceptual sobre Casas Inteligentes e IoT

El análisis de la estructura conceptual basada en la coocurrencia de términos y temas de investigación en la base de datos revela la existencia de distintos clústeres que organizan el conocimiento en torno a las casas inteligentes, el Internet de las Cosas (IoT) y la eficiencia energética. Se identifican al menos cinco grupos principales, cada uno representando un enfoque distinto dentro del campo de estudio.

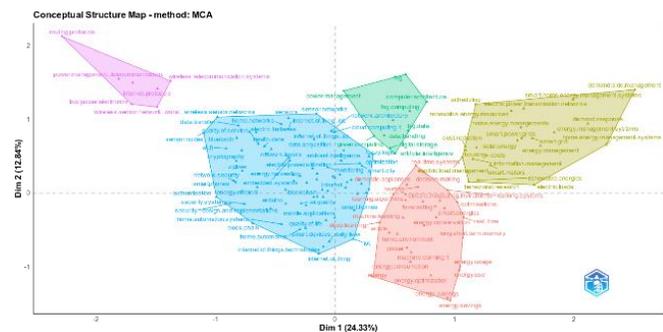


Fig. 3. Mapa Conceptual Bibliométrico Efectuado En R Studio.

El clúster azul está compuesto por términos como network security, authentication, blockchain, security systems, cryptography y sensor networks. Esto sugiere que una parte relevante de la literatura aborda la ciberseguridad en entornos inteligentes, destacando la necesidad de proteger la interconectividad de dispositivos IoT en el hogar. La presencia de términos relacionados con blockchain indica la exploración de esta tecnología como un mecanismo de seguridad para el almacenamiento y gestión de datos en viviendas automatizadas.

En el clúster verde predominan términos como artificial intelligence, big data, fog computing, optimization y power management. Se observa una fuerte conexión con la administración eficiente de la energía mediante algoritmos de aprendizaje automático y modelos predictivos. La computación en la nube y la computación en la niebla (fog computing) emergen como infraestructuras clave para la gestión de datos y la optimización del consumo energético en los hogares inteligentes.

El clúster amarillo engloba conceptos como smart home energy management systems, demand-side management, smart power grids y renewable energy resources. La literatura aquí agrupada se centra en la integración de redes eléctricas inteligentes (smart grids) con sistemas de gestión de energía doméstica, promoviendo un uso eficiente de los recursos energéticos y la implementación de tecnologías renovables para reducir la dependencia de fuentes tradicionales.

El clúster rojo incluye términos como energy consumption, machine learning, energy optimization y smart environments. Su enfoque está en el desarrollo de algoritmos avanzados para optimizar el consumo energético en viviendas inteligentes. La investigación en este clúster se relaciona con la predicción del consumo eléctrico y la implementación de estrategias basadas en deep learning para reducir costos y mejorar la sostenibilidad.

En el clúster morado se encuentran términos como routing protocols, wireless sensor networks (WSNs), power management telecommunication y low power electronics. Este grupo está orientado a la investigación en tecnologías de comunicación y protocolos de bajo consumo energético que permiten la interconectividad eficiente de dispositivos IoT en el hogar. Se destaca el desarrollo de redes de sensores inalámbricos (WSNs), fundamentales para la recolección y transmisión de datos en casas inteligentes.

El análisis de la estructura conceptual indica que la investigación sobre casas inteligentes y IoT está evolucionando en múltiples direcciones. Por un lado, existe un énfasis en la ciberseguridad y la implementación de blockchain para la protección de datos, mientras que, por otro, se están desarrollando modelos de inteligencia artificial y machine learning para mejorar la eficiencia energética. La integración con smart grids y fuentes de energía renovable también es un tema clave, lo que resalta la importancia de optimizar la

infraestructura energética para lograr un mayor impacto en la sostenibilidad.

B. Simulación Casa "A"

Utilizando el simulador DesignBuilder y los datos climáticos de San Pedro Sula especificados en la Tabla 3, se modeló una vivienda (casa "A") de 83.10 m² que incluye dos habitaciones, un baño, sala, cocina/comedor y área de descanso, con la mayoría de las ventanas orientadas hacia el oeste sin aislamiento térmico en ventanas techo y paredes.

La simulación, considerando la trayectoria solar, reveló que en el día más caluroso del año (27 de mayo de 2024), cuando la temperatura de bulbo seco exterior alcanzó los 28.9 °C, se requirieron 31.29298 kWh para enfriar la vivienda utilizando un aire acondicionado tipo split sin ventilación mecánica. De este consumo, 28.1622 kWh se destinaron específicamente a combatir la carga térmica proveniente de las ventanas.

Adicionalmente, el consumo total de energía eléctrica anual para refrigeración fue de aproximadamente 14,908.95 kWh. Estos resultados evidencian el impacto significativo de la orientación oeste de las ventanas en el consumo energético para climatización, tal como se muestra en las Figuras 4 y 5.

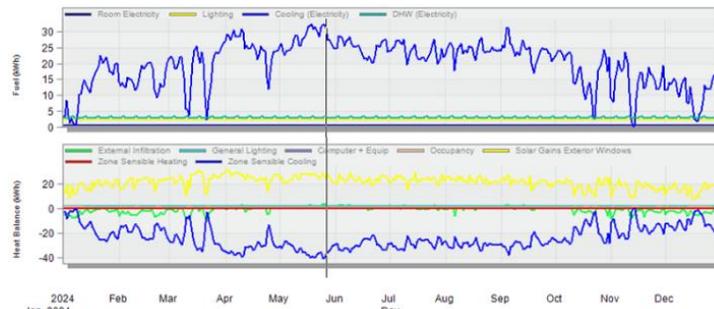


Fig. 4. consumo dw kilowatts y calentamiento por ventanas por hora el 27 de mayo del 2024 (casa "A").

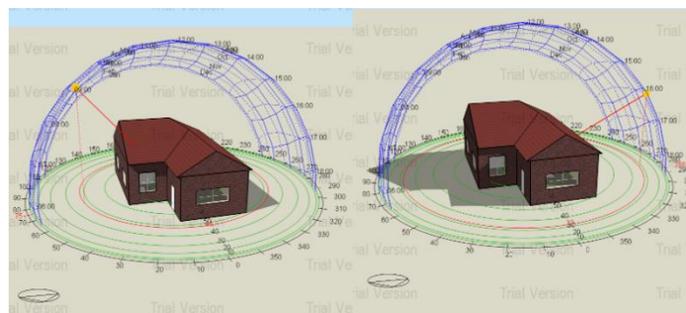


Fig. 5. Posición orbital del sol el 27 de mayo del 2024 (09:00 y 16:00, casa "A").

B. Simulación Casa "B"

Se realizó una simulación adicional utilizando las mismas dimensiones y distribución de la vivienda, pero con algunas mejoras en la eficiencia térmica. En esta versión la casa cuenta

TABLA III.
CONDICIONES CLIMÁTICAS DE SAN PEDRO SULA, HONDURAS

Condiciones Anuales De Calentamiento, Humedad Y Diseño De Ventilación

Mes más Frio	Heating DB		Humidificación DP/MCDB y HR						Mes más frio WS/MCDB			MCWS/PCWD a WSF 99.6% DB			
	99.6%	99%	99.6%		99%		0.4%		1%	MCDB	WS	MCDB	MCWS	PCWD	
			DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB							
1	17.8	18.8	15.8	11.2	23.5	16.9	12.1	23.0	7.9	27.2	7.0	27.5	1.2	210	0.298

Mes más Caliente	Hottest Month DB Range	Enfriamiento DB/MCWB						Evaporación WB/MCDB						
		0.4%		1%		2%		0.4%		1%		2%		
		DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB	WB	MCDB	WB	MCDB	WB	MCDB	MCWS
5	10.1	36.8	25.9	35.6	26.1	34.8	26.2	28.7	32.7	28.2	31.9	27.8	31.4	4.2

Condiciones Anuales Extremas

Velocidad del viento Anual m/s	Temperatura anual extrema		Valores de Retorno de Temperatura Extrema (n-Años)												
	Media		Desviación estándar		n=5 años		n=10 años		n=20 años		n=50 años				
	1%	2.5%	5%	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max		
8.2	7.3	6.4	DB	16.0	40.0	1.1	1.5	15.2	41.1	14.6	42.0	14.0	42.8	13.2	43.9
			WB	15.3	29.8	1.2	0.8	14.5	30.4	13.8	30.8	13.1	31.2	12.2	31.8

con aislamiento térmico de 12 cm en las paredes, ventanas dobles con aislamiento de gas y un techo con un voladizo de un metro que proporciona mayor sombra. Además, la mayoría de las ventanas están orientadas hacia el norte, optimizando la exposición solar. Al utilizar el mismo día de referencia y la misma temperatura (27 de mayo de 2024 con 28.9 °C de bulbo seco exterior), se determinó que el consumo energético para combatir la carga térmica fue de 27.77442 kWh, mientras que 20.04913 kWh se destinaron específicamente a contrarrestar la carga térmica proveniente de las ventanas. El consumo total promedio anual de energía para refrigeración se redujo a aproximadamente 14,030.41 kWh.

Estos resultados mostrados en la figura 6 y 7 demuestran la efectividad del aislamiento térmico, la orientación adecuada de las ventanas y el sombreado del techo para reducir el consumo energético en climatización.

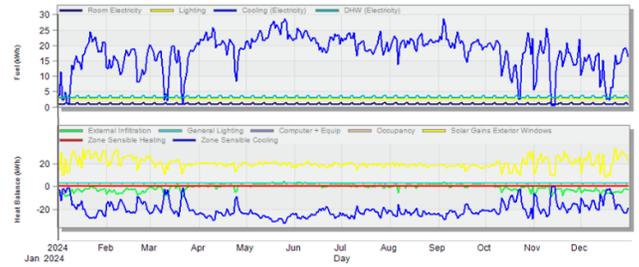


Fig. 6. consumo de kilowatts y calentamiento por ventanas por hora el 27 de mayo del 2024 (casa "B").

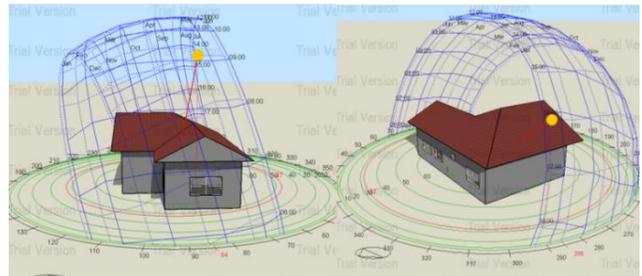


Fig. 7. Posición orbital del sol el 27 de mayo del 2024 (09:00 y 16:00, casa "b").

C. Análisis Energético

Se realizó un análisis energético comparativo considerando los electrodomésticos promedio utilizados en una vivienda típica de San Pedro Sula, como se detalla en la Tabla 4. Para ello, se calcularon los consumos energéticos de los mismos electrodomésticos con igual capacidad, pero con diferentes niveles de eficiencia energética. Se compararon dos escenarios: uno utilizando electrodomésticos de categoría D (menos eficientes) y otro con electrodomésticos de categoría A (más eficientes).

TABLA IV.
ELECTRODOMÉSTICOS DE UNA CASA PROMEDIO EN SAN PEDRO SULA

Variable	Promedio	Etiqueta
H01_1	1.000	H01.1. Refrigeradoras
H01_11	1.000	H01.11. Computadoras
H01_12	1.000	H01.12. Aire acondicionado
H01_2	1.000	H01.2. Estufas de 4 hornillas
H01_3	1.000	H01.3. Televisores
H01_5	1.000	H01.5. Radios o Radio grabadoras
H01_6	1.000	H01.6. Equipos de Sonido
H01_7	1.000	H01.7. Teléfonos fijos

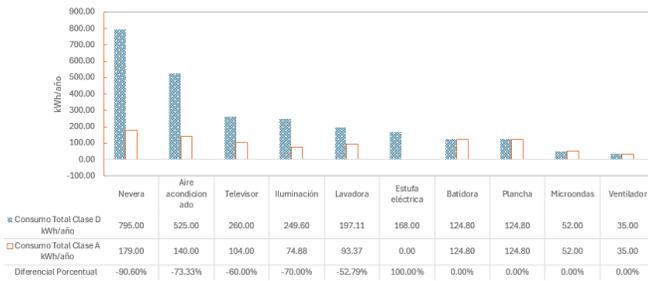


Fig 8. Comparación de consumo entre electrodomésticos clase A y clase D

$$Potencia (kW) = \frac{Consumo (kWh)}{365 \times Horas de uso} \quad (1)$$

$$Consumo anual \left(\frac{kWh}{year} \right) = Potencia (kW) \times Horas de uso al día \times Dias de uso al año \quad (2)$$

Al utilizar electrodomésticos y equipos de alta eficiencia energética, es posible lograr un ahorro de hasta el 80% [27]. Esto se debe a que, al contar con dispositivos inteligentes de control y monitoreo, se puede gestionar el pico de arranque del motor del compresor en sistemas de enfriamiento, como refrigeradoras y aires acondicionados.

En cambio, los electrodomésticos de clase D tienen un motor que arranca al 100%, sin margen para un funcionamiento eficiente. Además, si se combinan soluciones IoT, como la programación de rutinas para refrigeración e iluminación, se puede alcanzar un ahorro de hasta el 50% [29]. Al aplicar las

fórmulas 1 y 2, se obtuvo el consumo en kilovatios por hora de cada electrodoméstico, lo que permite realizar un análisis energético y calcular el diferencial porcentual de ahorro.

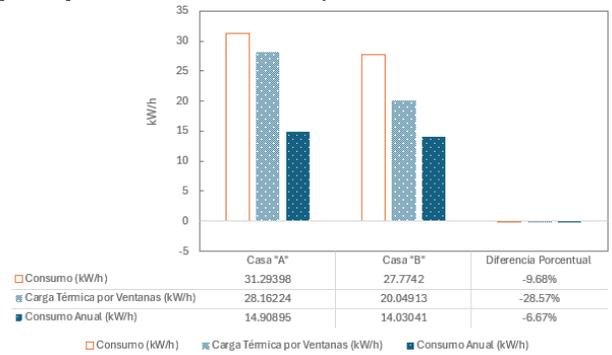


Fig 9. comparación de consumo entre Casa "A" y Casa "B".

V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

La búsqueda en Scopus, utilizando una ecuación específica, resultó en un total de 1,282 documentos.

La comparación entre la Casa B y la Casa A demuestra que, al orientar las ventanas hacia el norte y utilizar materiales aislantes, se puede reducir el consumo de energía necesario para el enfriamiento en un 9.6%. Además, se logra disminuir la carga térmica de las ventanas en un 28.57%, lo que resulta en una reducción del consumo anual de energía de un 6.67%.

El análisis energético también reveló que el uso de tecnologías IoT y equipos de clase A permite una disminución del consumo energético de hasta un 63.97%.

Adicionalmente, se concluyó que el uso de programas como DesignBuilder facilita la anticipación y el modelado preciso de las cargas térmicas, lo que permite realizar construcciones más exactas, eficientes y energéticamente sostenibles. Asimismo, herramientas como RStudio son fundamentales para los investigadores, ya que permiten obtener datos de manera rápida y confiable, mejorando la precisión de los análisis y resultados.

VI. ÁREAS DE MEJORA Y FUTUROS TRABAJOS

Esta investigación establece una base sólida para el desarrollo de una nueva metodología en la construcción de viviendas eficientes y ambientalmente conscientes, específicamente dirigida al contexto de San Pedro Sula. A través de simulaciones realizadas en el software DesignBuilder, se han obtenido resultados que destacan el impacto positivo de las tecnologías inteligentes en la eficiencia energética y el confort térmico de las viviendas.

Sin embargo, existen áreas que requieren profundización en futuros trabajos. En primer lugar, sería beneficioso realizar un análisis costo-beneficio más detallado, que compare los costos iniciales de implementación de tecnologías como IoT y dispositivos inverter con los ahorros a largo plazo.

Este análisis proporcionaría a los desarrolladores y propietarios una visión más clara sobre la viabilidad económica de estas soluciones. Además, ampliar el estudio a otras zonas de Honduras con condiciones climáticas similares permitiría evaluar la aplicabilidad de estas tecnologías en diferentes contextos geográficos, abriendo el camino para soluciones que beneficien a otras regiones del país.

Adicionalmente, un análisis socioeconómico y demográfico sería clave para evaluar la accesibilidad y viabilidad de estas tecnologías en distintos estratos sociales y comunidades hondureñas, identificando barreras económicas y sociales que podrían dificultar su implementación. Asimismo, se podrían desarrollar estrategias de adaptación local que integren estas tecnologías en viviendas tradicionales, tomando en cuenta tanto las particularidades de la construcción local como las necesidades energéticas de los habitantes.

Finalmente, se sugiere realizar estudios sobre la escalabilidad de estas soluciones, con el fin de evaluar su implementación a gran escala en otras ciudades en crecimiento de Honduras. En conjunto, estos futuros trabajos no solo contribuirían al avance de la sostenibilidad en el sector de la construcción, sino que también permitirían mejorar la calidad de vida y la eficiencia energética en el país.

TABLA V.
GLOSARIO DE ABBREVIACIONES EN INGLES

Iniciales (inglés)	Significado en inglés	Traducción al español
DB	Dry Bulb	Temperatura de Bulbo Seco
WB	Wet Bulb	Temperatura de Bulbo Húmedo
DP	Dew Point	Punto de Rocío
HR	Humidity Ratio	Relación de Humedad
MCDB	Mean Coincident Dry Bulb	Temperatura Media Coincidente de Bulbo Seco
MCWB	Mean Coincident Wet Bulb	Temperatura Media Coincidente de Bulbo Húmedo
MCWS	Mean Coincident Wind Speed	Velocidad Media Coincidente del Viento
PCWD	Prevailing Wind Direction	Dirección Predominante del Viento
WS	Wind Speed	Velocidad del Viento
WSF	Wind Speed Factor	Factor de Velocidad del Viento
Enth	Enthalpy	Entalpía

REFERENCIA

[1] E. Forcael, I. Ferrari, A. Opazo-Vega, y J. A. Pulido-Arcas, “Construction 4.0: A Literature Review”, *Sustainability*, vol. 12, núm. 22, Art. núm. 22, ene. 2020, doi: 10.3390/su12229755.

[2] A. Zielonka, M. Woźniak, S. Garg, G. Kaddoum, Md. J. Piran, y G. Muhammad, “Smart Homes: How Much Will They Support Us? A

Research on Recent Trends and Advances”, *IEEE Access*, vol. 9, pp. 26388–26419, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3054575.

[3] P. Mendez-Monroy *et al.*, “IoT System for the Continuous Electrical and Environmental Monitoring into Mexican Social Housing Evaluated under Tropical Climate Conditions”, *Journal of Sensors*, vol. 2022, feb. 2022, doi: 10.1155/2022/5508713.

[4] M. Aricochea y C. Rivera, “PLAN DE NEGOCIOS PARA DESARROLLAR UNA EMPRESA QUE BRINDE EL SERVICIO DE REVALORIZAR EDIFICIOS DE OFICINAS CON ANTIGÜEDAD MAYOR A 10 AÑOS, UTILIZANDO CERTIFICACION LEED COMO UN ATRIBUTO QUE GENERA VALOR”, 2021. doi: 10.13140/RG.2.2.22924.49284.

[5] O. Zhovkva, “Los principios de eficiencia energética y respeto al medio ambiente para complejos multifuncionales”, *Revista ingeniería de construcción*, vol. 35, núm. 3, pp. 308–320, dic. 2020, doi: 10.4067/S0718-50732020000300308.

[6] K. Subramanya, S. Kermanshachi, y B. Rouhanizadeh, *Modular Construction vs. Traditional Construction: Advantages and Limitations: A Comparative Study*. 2020. doi: 10.3311/CCC2020-012.

[7] O. M. and A. S. O. *Edohen, “Systematic Design Approach of Smart Home Automation Device Using Internet of Things”, 2024, doi: 10.5281/zenodo.14317116.

[8] R. Aazami, M. Moradi, M. Shirkhani, A. Harrison, S. F. Al-Gahtani, y Z. M. S. Elbarbary, “Technical Analysis of Comfort and Energy Consumption in Smart Buildings With Three Levels of Automation: Scheduling, Smart Sensors, and IoT”, *IEEE Access*, vol. 13, pp. 8310–8326, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3526858.

[9] H. Meng, S. Feng, y C. Li, “An integrated system of energy generation, storages, and appliances consumption based on machine learning techniques and internet of things”, *Journal of Energy Storage*, vol. 87, p. 111380, 2024, doi: 10.1016/j.est.2024.111380.

[10] Y. Natarajan *et al.*, “Enhancing Building Energy Efficiency with IoT-Driven Hybrid Deep Learning Models for Accurate Energy Consumption Prediction”, *Sustainability*, vol. 16, núm. 5, p. 1925, 2024, doi: 10.3390/su16051925.

[11] R. Bhakhar y R. S. Chhillar, “Dynamic multi-criteria scheduling algorithm for smart home tasks in fog-cloud IoT systems”, *Scientific reports*, vol. 14, núm. 1, p. 29957, 2024, doi: 10.1038/s41598-024-81055-0.

[12] S. K. Sharma, R. AlGhamdi, S. Alasmari, N. K. Sharma, H. Khan, y F. Ahmad, “Fractional order PID controllers for collaborative energy management in IoT-Smart cities: Hybrid optimization algorithms for demand”, *Energy Reports*, vol. 12, pp. 5551–5566, 2024, doi: 10.1016/j.egy.2024.11.038.

[13] L. Cotti, D. Guizzardi, B. R. Barricelli, y D. Fogli, “Enabling End-User Development in Smart Homes: A Machine Learning-Powered Digital Twin for Energy Efficient Management”, *Future Internet*, vol. 16, núm. 6, p. 208, 2024, doi: 10.3390/fi16060208.

[14] A. Bajahzar, “The Importance of AI-Enabled Internet of everything Services for Smart Home Management”, *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*, vol. 17, núm. 1, 2024, doi: 10.2478/ijssis-2024-0026.

[15] Y. Zhong y J. Gu, “Lightweight block ciphers for resource-constrained environments: A comprehensive survey”, *Future Generation Computer Systems*, vol. 157, pp. 288–302, 2024, doi: 10.1016/j.future.2024.03.054.

[16] A. Raza *et al.*, “A lightweight group-based SDN-driven encryption protocol for smart home IoT devices”, *Computer Networks*, vol. 250, p. 110537, 2024, doi: 10.1016/j.comnet.2024.110537.

[17] N. Kumar y R. Ali, “A smart contract-based 6G-enabled authentication scheme for securing Internet of Nano Medical Things network”, *Ad Hoc Networks*, vol. 163, p. 103606, 2024, doi: 10.1016/j.adhoc.2024.103606.

[18] G. E. A. Eltayeb, “A Proposed Perspective for the Successful Deployment of Internet of Things in a Smart Home Environment”, *Int. J. Interact. Mob. Technol.*, vol. 18, núm. 21, pp. 117–133, 2024, doi: 10.3991/ijim.v18i21.50217.

[19] A. Bašić *et al.*, “Multi-Criteria Decision Analysis of Wireless Technologies in WPANs for IoT-Enabled Smart Buildings in Tourism”, *Buildings*, vol. 14, núm. 10, p. 3275, 2024, doi: 10.3390/buildings14103275.

[20] B. E. Bekele, K. Tokarz, N. Y. Gebeyehu, B. Pochopień, y D. Mrozek, “Performance Evaluation of UDP-Based Data Transmission with

- Acknowledgment for Various Network Topologies in IoT Environments”, *Electronics*, vol. 13, núm. 18, p. 3697, 2024, doi: 10.3390/electronics13183697.
- [21] D. Latoñ, J. Grela, y A. Ożadowicz, “Applications of Deep Reinforcement Learning for Home Energy Management Systems: A Review”, *Energies*, vol. 17, núm. 24, p. 6420, 2024, doi: 10.3390/en17246420.
- [22] H. Abba, R. Majid, M. Ahmed, y O. Ayegbusi, “VALIDATION OF DESIGNBUILDER SIMULATION ACCURACY USING FIELD MEASURED DATA OF INDOOR AIR TEMPERATURE IN A CLASSROOM BUILDING”, *Journal of Tourism, Hospitality and Environment Management*, vol. 7, pp. 171–178, mar. 2022, doi: 10.35631/JTHEM.727014.
- [23] R Core Team, “R: A Language and Environment for Statistical Computing”, 2023, [En línea]. Disponible en: <https://www.R-project.org/>
- [24] “CÓDIGO HONDUREÑO DE CONSTRUCCIÓN”. Consultado: el 14 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.tsc.gob.hn/biblioteca/index.php/codigos/427-codigo-hondureno-de-construccion>
- [25] “Estadísticas Macroeconómicas Encuesta de Construcción de Obras Privadas Techadas”. Consultado: el 14 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.bch.hn/estadisticas-y-publicaciones-economicas/sector-real/informes-y-publicaciones/encuesta-trimestral-de-construccion-privada>
- [26] D. Borelli, A. Cavalletti, P. Cavalletti, J. Peshku, y L. A. Tagliafico, “A methodology to evaluate the optimal insulation thickness for heating and cooling needs in different climatic zones for buildings made of reinforced concrete with cavity walls”, *Heliyon*, vol. 10, núm. 10, p. e30653, may 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e30653.
- [27] J. Khedari, B. Suttisonk, N. Pratinthong, y J. Hirunlabh, “New lightweight composite construction materials with low thermal conductivity”, *Cement and Concrete Composites*, vol. 23, núm. 1, pp. 65–70, feb. 2001, doi: 10.1016/S0958-9465(00)00072-X.
- [28] “ASHRAE climatic design conditions 2009/2013/2017/2021”. Consultado: el 16 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://ashrae-meteo.info/v2.0/>
- [29] M. A. Maldonado Fuertes, “Comparación de los Sistemas de AC Inverters y Convencional”, 2013, Consultado: el 16 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://prcrepository.org:443/xmlui/handle/20.500.12475/874>