

Estudio de protocolos de comunicación aplicados a sistemas de domótica.**Study of communication protocols applied to home automation systems.***Quilca Haro Diego Armando, Rosero Angueta Andy Steven, Ing. Jaramillo Gamarra Jampiero Alexis***DIMENSIÓN CIENTIFICA****Enero - junio, V°7-N°1; 2026****Recibido:** 03-01-2026**Aceptado:** 20-01-2026**Publicado:** 30-06-2026**PAÍS**

- Ecuador
- Ecuador
- Ecuador

INSTITUCIÓN

- Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila
- Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila
- Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila

CORREO:

- ✉ diegoquilcaharo@tsachila.edu.ec
- ✉ andyroseroangueta@tsachila.edu.ec
- ✉ alexisjaramillo@tsachila.edu.ec

ORCID:

- ✉ <https://orcid.org/0009-0002-0605-3640>
- ✉ <https://orcid.org/0009-0005-4880-4555>
- ✉ <https://orcid.org/0009-0004-6475-0860>

FORMATO DE CITA APA.

Quilga, D., Rosero, A. & Jaramillo, J. (2026). Estudio de protocolos de comunicación aplicados a sistemas de domótica. Revista G-ner@ndo, V°7 (N°1), p. 473 - 494.

Resumen

La implementación de sistemas domóticos en el sector eléctrico presenta una dificultad recurrente: la selección de los protocolos de comunicación suele responder a prácticas comerciales consolidadas y no a un análisis técnico fundamentado. Esta situación deriva con frecuencia en instalaciones con bajo desempeño, problemas de interoperabilidad y consumos energéticos elevados. Frente a ese vacío en la literatura académica, donde pocas investigaciones contrastan estándares bajo criterios homogéneos, el presente trabajo de alcance descriptivo desarrolla un análisis comparativo de la evolución tecnológica registrada entre 2017 y 2025. El estudio se apoya en normativas internacionales y en especificaciones técnicas de fabricantes para evaluar protocolos como Zigbee, Z-Wave, Wi-Fi y Thread, mediante la simulación de su implementación técnica y económica en una vivienda tipo de 200 m². Los resultados muestran que, pese a la amplia adopción de Wi-Fi, su autonomía se ve condicionada por un consumo energético superior. En contraste, Zigbee se posiciona como la alternativa más viable, al ofrecer una red mallada estable con el menor costo de inversión estimado en USD 542 y un periodo de recuperación inferior a cinco años, superando en eficiencia a opciones de mayor costo como Z-Wave.

Palabras clave: Protocolos, Comunicación, Domótica.**Abstract**

The implementation of home automation systems in the electrical sector presents a recurring difficulty: the selection of communication protocols tends to be based on established commercial practices rather than on a sound technical analysis. This situation often results in poor performance, interoperability issues, and high energy consumption. Faced with this gap in the academic literature, where few studies compare standards using uniform criteria, this descriptive study develops a comparative analysis of the technological evolution recorded between 2017 and 2025. The study is based on international standards and manufacturers' technical specifications to evaluate protocols such as Zigbee, Z-Wave, Wi-Fi, and Thread by simulating their technical and economic implementation in a typical 200 m² home. The results show that, despite the widespread adoption of Wi-Fi, its autonomy is limited by higher energy consumption. In contrast, Zigbee is positioned as the most viable alternative, offering a stable mesh network with the lowest estimated investment cost of USD 542 and a payback period of less than five years, surpassing higher-cost options such as Z-Wave in efficiency.

Keywords: Protocols, Communication, Home automation.

Introducción

Durante décadas, la domótica fue concebida como una tecnología marginal, asociada principalmente al confort residencial de alto nivel y a soluciones orientadas al lujo más que a la funcionalidad esencial. Esta percepción limitó su adopción en proyectos constructivos convencionales y en edificaciones de uso público. Sin embargo, el desarrollo sostenido de la electrónica, las telecomunicaciones y los sistemas de control ha transformado progresivamente esta visión, posicionando a la domótica como un componente estructural de la arquitectura contemporánea.

En la actualidad, la incorporación de sistemas domóticos en edificaciones modernas no obedece únicamente al avance tecnológico ni al auge del Internet de las Cosas (IoT), sino a una necesidad operativa concreta relacionada con la eficiencia energética, la automatización de procesos y la gestión inteligente de recursos. Los edificios, tanto residenciales como institucionales e industriales, demandan soluciones que permitan optimizar el consumo eléctrico, reducir costos operativos y mejorar los niveles de seguridad y confort de los usuarios.

Este cambio de paradigma ha desplazado el enfoque de la domótica desde un valor agregado estético hacia una herramienta funcional indispensable. En este contexto, los sistemas automatizados se integran desde la fase de diseño arquitectónico, permitiendo la supervisión y control centralizado de iluminación, climatización, accesos, sistemas de alarma y monitoreo energético. La eficacia de estas funciones depende, en gran medida, de la fiabilidad y eficiencia de los protocolos de comunicación que articulan los distintos dispositivos del sistema.

Los protocolos de comunicación constituyen el eje vertebrador de cualquier sistema domótico, ya que determinan la interoperabilidad, escalabilidad, velocidad de transmisión y seguridad de la información. La correcta selección del protocolo influye directamente en el rendimiento global del sistema, así como en su capacidad de adaptación a futuras ampliaciones o integraciones con plataformas IoT y sistemas de gestión energética más complejos.

La revisión de la literatura técnica producida en los últimos ocho años evidencia un interés creciente por evaluar y contrastar los protocolos de comunicación predominantes en el sector domótico, con el objetivo de identificar sus ventajas, limitaciones y campos de aplicación específicos (Corro López & Yurian Inés, 2022). Estos estudios reflejan la necesidad de contar con criterios técnicos claros que orienten la selección del protocolo más adecuado según el tipo de edificación, el entorno operativo y los requerimientos funcionales.

El análisis abarca protocolos basados en infraestructura cableada, como KNX y BACnet, ampliamente utilizados en edificios inteligentes de gran escala por su estabilidad, estandarización y robustez. Estos protocolos han demostrado una elevada fiabilidad en entornos industriales y comerciales, aunque su implementación suele implicar mayores costos iniciales y una planificación técnica más rigurosa desde la etapa constructiva.

Paralelamente, se ha observado una expansión significativa de tecnologías inalámbricas orientadas a entornos residenciales y de pequeña y mediana escala, entre las que destacan Zigbee, Z-Wave y el protocolo IoT MQTT (Orfanos et al., 2023). Estas soluciones ofrecen ventajas en términos de flexibilidad, facilidad de instalación y reducción de costos, aunque plantean desafíos asociados a la seguridad de la información, la latencia y la estabilidad de la comunicación en entornos saturados.

En este escenario, el estudio comparativo de los protocolos de comunicación aplicados a sistemas de domótica se vuelve imprescindible para comprender su impacto en el diseño, implementación y sostenibilidad de los edificios inteligentes. Analizar sus características técnicas, niveles de compatibilidad y comportamiento en distintos contextos permite aportar criterios fundamentados que contribuyan al desarrollo de soluciones domóticas eficientes, seguras y alineadas con las demandas actuales de la gestión energética y la automatización inteligente.

Materiales y Métodos

Esta investigación sigue un enfoque cuantitativo de alcance descriptivo y comparativo.

El objetivo es analizar las características técnicas y limitaciones de los protocolos domóticos basándose en datos objetivos, para así evitar la subjetividad en la evaluación. En cuanto al diseño, el trabajo se define como no experimental. Esto significa que el estudio observa las variables en su estado natural sin alterarlas ni manipularlas. El análisis se fundamenta en la revisión de información técnica proveniente de documentos y estudios previos para obtener los datos necesarios.

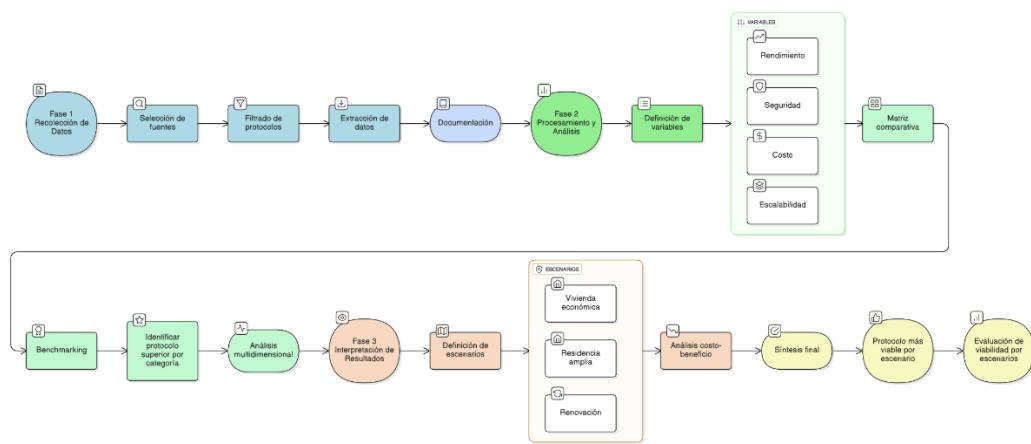
El estudio es de tipo documental y analítico, puesto que se fundamenta en la revisión, análisis e interpretación de información procedente de artículos científicos, libros especializados, tesis y publicaciones técnicas actualizadas sobre domótica e Internet de las Cosas (IoT). El diseño es no experimental y transversal, ya que los datos se obtienen en un solo momento temporal sin intervención directa del investigador. El diseño de la presente investigación se clasifica como no experimental, transversal y descriptivo-comparativo. Es de diseño no experimental: no se manipulan variables ni se interviene directamente sobre los protocolos de comunicación. El estudio se basa en observación, análisis y comparación de información documental y técnica proveniente de artículos científicos, normas y manuales de fabricantes de sistemas de domótica. Transversal o transaccional, los datos se recolectan en un solo momento temporal, dentro del periodo de referencia comprendido entre 2018 y 2025, lo que permite analizar las características actuales de los protocolos sin realizar seguimiento a lo largo del tiempo.

El diseño permite identificar, describir y comparar las principales características técnicas de los protocolos, tales como eficiencia energética, cobertura, velocidad de transmisión, seguridad e interoperabilidad. Este análisis facilita determinar cuáles protocolos son más adecuados para aplicaciones residenciales de domótica y cuáles presentan limitaciones o desafíos específicos.

Este diseño garantiza que la investigación sea objetiva, sistemática y verificable, proporcionando información confiable para profesionales y usuarios interesados en la implementación de sistemas de domótica eficientes y seguros, a continuación, en la figura, el diseño de investigación a realizar para cumplir con la investigación.

Figura 1.

Diseño de investigación.



Nota. La siguiente imagen muestra las características de protocolos Alámbricos e Inalámbricos.

Análisis de Resultados

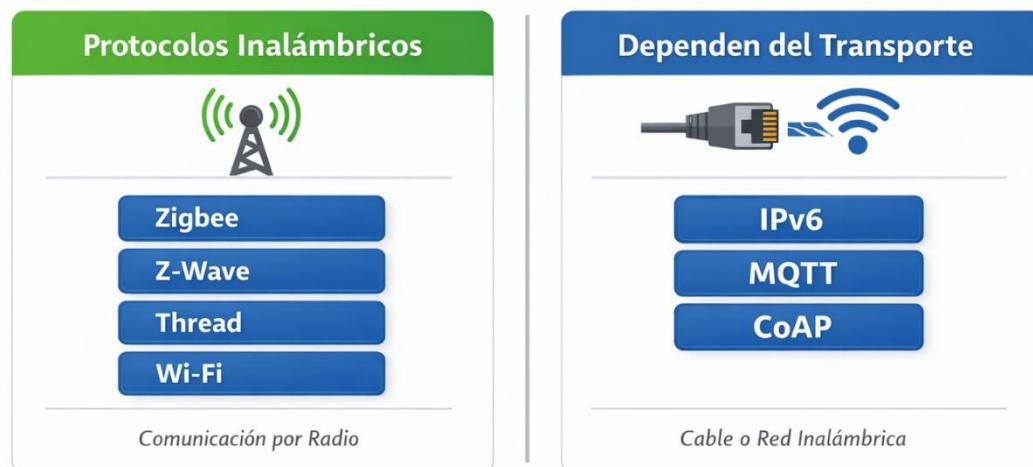
Identificación de protocolos de comunicación utilizados en los sistemas de domótica residencial

En el mercado de la automatización de hogares, existen diferentes tipos de protocolos, todos diferentes según su aplicabilidad y entorno al utilizarse. Los protocolos en algunas categorías: en alámbricos son los que llevan en su mayoría su conexión por cable, los inalámbricos que son sin conexión por cable y los mixtos que depende de su instalación, pueden ser por conexión por cable o sin cable. En este estudio según los índices de mercado se ha tomado en cuenta los protocolos mixtos e inalámbricos más importantes, tal como se presenta

en la **Figura**, los alámbricos no son objeto de estudio, debido que no son comunes, ni utilizados en la actualidad.

Figura 2.

División de protocolos de Comunicación- Inalámbricos/Mixtos.



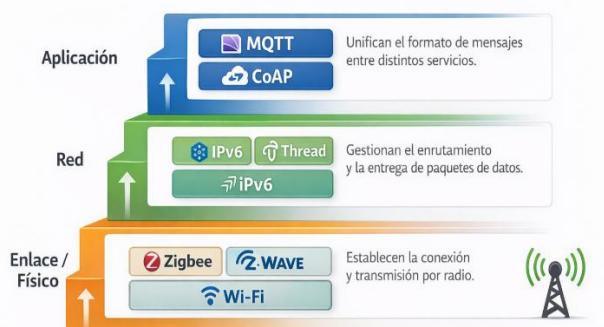
Nota. La siguiente imagen muestra los protocolos de objeto de estudio para la presente investigación.

Los protocolos también se pueden clasificar de forma jerárquica según sus características y el nivel funcional en el que operan dentro de un sistema de comunicación. Para este estudio, los protocolos se han organizado considerando su ubicación dentro de la pila de comunicación y el rol específico que cumplen en un sistema de automatización o de Internet de las Cosas.

En un primer nivel se encuentran los protocolos orientados al acceso al medio y a la transmisión física de la información. Por otro lado se tiene en un nivel intermedio se ubican los protocolos de red y transporte, responsables del direccionamiento, el enrutamiento y la entrega de datos entre nodos y por último jerárquicamente se tiene a los protocolos de aplicación, encargados de definir la forma en que la información se estructura, se intercambia y se interpreta entre dispositivos y servicios.

Figura 3.

Jerarquía de protocolos de comunicación



Nota. La siguiente imagen muestra la jerarquía de protocolos de comunicación existente más importantes

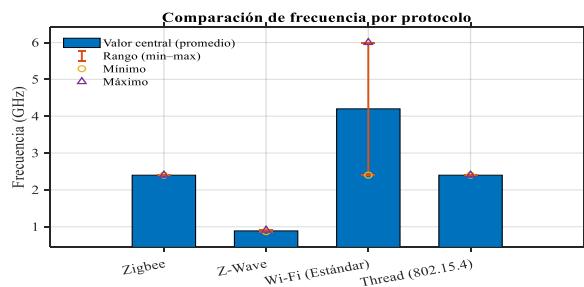
Comparación de los protocolos de comunicación

Para llevar a cabo la comparación entre los distintos protocolos evaluados, se establecerá un conjunto de variables organizadas conforme a un criterio jerárquico previamente definido. Este enfoque permitirá estructurar el análisis de manera ordenada y coherente, facilitando una evaluación comparativa consistente entre las diferentes alternativas, en función de su nivel funcional y de las características técnicas que las distinguen.

Comparativa de protocolos de enlace físico

Figura 4.

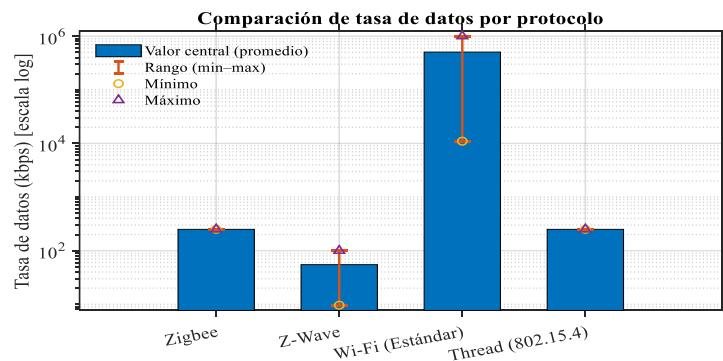
Comparación de frecuencia por protocolo físico.



Nota. La siguiente imagen muestra la frecuencia de cada protocolo físico, donde Zigbee y Thread operan en 2.4 GHz a nivel global. Z-Wave usa sub-1 GHz (868/908 MHz), con mejor penetración en interiores, pero depende de la región. Wi-Fi trabaja en 2.4, 5 y 6 GHz

Figura 5.

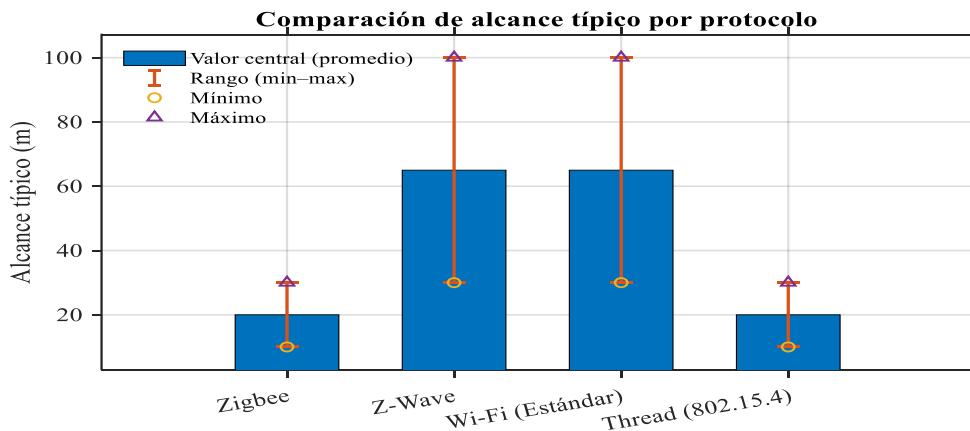
Comparación de tasa de datos por protocolo físico.



Nota. La siguiente imagen muestra tasa de datos: Zigbee y Thread alcanzan hasta 250 kbps, suficientes para aplicaciones IoT de bajo consumo. Z-Wave maneja velocidades menores (9.6–100 kbps), priorizando confiabilidad sobre capacidad. Wi-Fi ofrece tasas muy superiores, desde decenas de Mbps hasta más de 1 Gbps.

Figura 6.

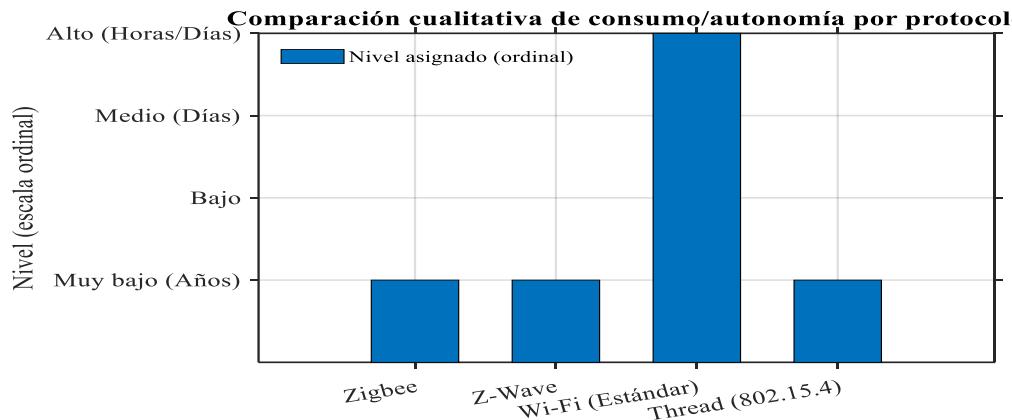
Comparación de alcance típico por protocolo físico.



Nota. La siguiente imagen menciona el alcance típico en interiores, Zigbee y Thread cubren distancias cortas de aproximadamente 10 a 30 m, adecuadas para redes malladas. Z-Wave alcanza entre 30 y 100 m, ofreciendo mayor cobertura por nodo. Wi-Fi presenta un rango similar, dependiente de la potencia y del punto de acceso.

Figura 7.

Comparación de autonomía por protocolo físico.



Nota. La siguiente imagen muestra el consumo: Zigbee, Z-Wave y Thread consumen muy poco, por eso pueden durar años con batería. Wi-Fi consume más, así que la autonomía suele ser de horas o pocos días.

Comparativa de protocolos de red

Para este apartado se analizará los criterios más comunes de protocolos de red, tal como se muestra en la tablas los cuales son: esquema de direccionamiento, mecanismos de enrutamiento, overhead de encabezados y la interoperabilidad con Internet.

Tabla 1

Características comparativas de protocolos de red.

Criterio	IPv6 estándar (Wi-Fi/Ethernet)	Thread (802.15.4/6LoWPAN)
Direccionamiento	SLAAC/DHCPv6	RLOC + EID
Enrutamiento	Gateway/protocolos optimizado para malla	IP; no Malla con MLE; routers mantienen tablas
Overhead	40 bytes	2–7 bytes
Internet	Nativo- router directo	Requiere Border Router

Criterio	IPv6 estándar (Wi-Fi/Ethernet)	Thread (802.15.4/6LoWPAN)
Escalabilidad	Alta; limitada por infraestructura	Limitada por partición -32 routers; menor en práctica

Elaborado: Autores

Comparativa de protocolos de aplicación

Tabla 2.

Características comparativas de protocolos de aplicación.

Criterio	MQTT (TCP)	CoAP (UDP)
Latencia	Media al inicio (handshake TCP)	Muy baja
Overhead	Medio (ligero a nivel de aplicación, pesado por TCP)	Muy bajo
Seguridad	TLS (robusto, mayor costo computacional)	DTLS
Integración web	Indirecta (requiere puentes o WebSockets)	Directa
Comunicación	Publicación/suscripción	Petición/respuesta

Elaborado: Autores

Evaluación técnica y económica de cada protocolo

Evaluación económica

La evaluación técnica y económica se estructurará a partir del análisis comparativo de los distintos protocolos considerados. Como referencia se adoptará una edificación tipo de 200 m², representativa de una vivienda residencial promedio, lo que permitirá establecer criterios homogéneos para la valoración de desempeño, costos de implementación y viabilidad operativa. En la siguiente la tabla se presenta el CAPEX total de los protocolos de enlaces físicos.

Tabla 3.

Protocolos de enlace físico.

Rubro	Zigbee	Z-Wave	Wi-Fi
Interruptores/dimmers (6 u.)	120	270	108
Enchufes inteligentes (4 u.)	60	140	48
Sensores puerta/ventana (4 u.)	48	120	60
Sensores movimiento (2 u.)	30	70	36
Sensores temp./hum. (2 u.)	24	80	30
Sensor fuga de agua (1 u.)	15	45	18
Sirena (1 u.)	30	60	25
Hub/controlador	80	130	—
Mejora Wi-Fi (AP/mesh)	—	—	120
Consumibles y accesorios	20	20	20
Mano de obra instalación eléctrica	90	90	90
Puesta en marcha y pruebas	25	25	25
TOTAL	\$542	\$1050	\$580

Elaborado: Autores Fuentes: (*Archer AX10 | Router AX1500 Wi-Fi 6 | TP-Link Ecuador*, n.d.;

ZigBee Dimmer Switch|Best 1/2/3 Gang White Black Dimmable Light Switch – MOES, n.d.)

En este apartado se analizará el COPEX de los protocolos de Red, tal como se presenta en la tabla

Tabla 4.

Protocolos de red.

Rubro	Thread	IPv6
Interruptores/dimmers (6 u.)	240	108
Enchufes inteligentes (4 u.)	120	48
Sensores puerta/ventana (4 u.)	100	60
Sensores movimiento (2 u.)	60	36
Sensores temp./hum. (2 u.)	50	30
Sensor fuga de agua (1 u.)	30	18
Sirena (1 u.)	50	25
Border Router (Thread)	100	—
Router compatible IPv6	—	120
Switch gigabit	—	35
Cableado Cat6 + conectores + canaleta	—	80
Access Point Wi-Fi 6	—	90
Mano de obra cableado	—	90
Pruebas/etiquetado de red	—	20
Consumibles y accesorios	20	20
Mano de obra instalación eléctrica	90	90
Puesta en marcha y pruebas	25	25
TOTAL	\$885	\$895

Elaborado: Autores

Fuentes: (*Eve Energy Review 2021 – HomeKit Smart Plug Gets Better with Thread - HomeKit Authority*, n.d.; *TL-SG108 | 8-Port 10/100/1000Mbps Desktop Switch | TP-Link*, n.d.)

En este apartado se analizará el COPEX de los protocolos de aplicación, tal como se presenta en la tabla.

Tabla 5.

Protocolos de Aplicación.

Rubro	MQTT	CoAP
Interruptores/dimmers (6 u.)	72	72
Enchufes inteligentes (4 u.)	40	40
Sensores puerta/ventana (4 u.)	32	32
Sensores movimiento (2 u.)	20	20
Sensores temp./hum. (2 u.)	16	16
Sensor fuga de agua (1 u.)	10	10
Sirena (1 u.)	18	18
Servidor local (Raspberry/mini-PC)	95	95
UPS mini	45	45
MicroSD/backup	15	15
Cajas/fuentes/terminales	35	35
Configuración avanzada (horas)	100	120
Ajuste seguridad (DTLS/OSCORE)	—	20
Consumibles y accesorios	20	20
Mano de obra instalación eléctrica	90	90
Puesta en marcha y pruebas	25	25

Rubro	MQTT	CoAP
TOTAL (USD)	633	673

Elaborado: Autores

Fuentes:(*INTERRUPTOR INTELIGENTE TOUCH 4 CANAL WIFI NEGRO*, n.d.; *Tarjetas de Memoria - Computron*, n.d.)

Retorno a la inversión y payback

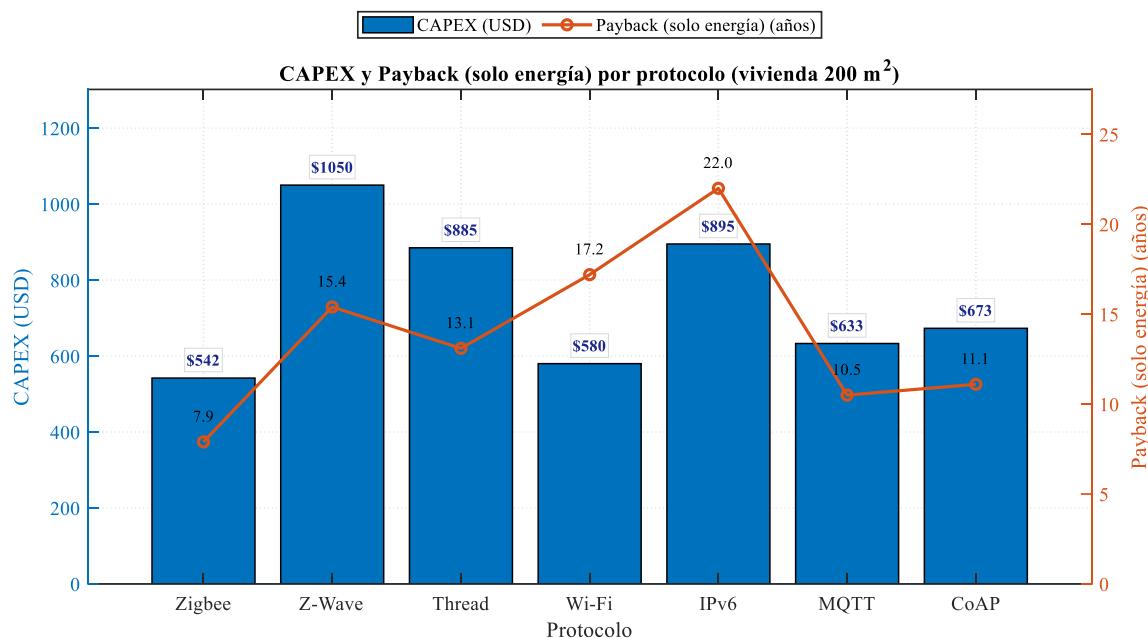
Para poder estimar el ROI y el periodo de recuperación es necesario introducir un beneficio económico explícito, aun cuando en domótica residencial este no sea el principal motor de adopción. Tomando una vivienda tipo con una factura eléctrica de 90 USD mensuales, el ahorro anual por automatización se estima en 86.4 USD cuando la red es estable, en 64.8 USD cuando la solución depende de Wi-Fi con alta carga de nodos, y en 75.6 USD cuando existe una infraestructura IP bien implementada, con IPv6 y puntos de acceso cableados. Si además se incorpora el efecto de pérdidas evitadas por una fuga de agua mediante sensor, se añade un valor esperado de 40 USD por año. Con ello, el beneficio anual total se ubica entre 104.8 y 126.4 USD, según el nivel de estabilidad de la red y el protocolo empleado. A continuación se presenta el ROI_{anual} (1) y el payback (2), toca mencionar que todos estos precios son referenciales.

$$ROI_{anual} = \frac{B_{anual} - OPEX_{anual}}{CAPEX} \times 100\% \quad (1)$$

$$Payback = \frac{CAPEX}{B_{anual} - OPEX_{anual}} \quad (2)$$

Figura 8.

Resumen de análisis económico: CAPEX y payback.



Nota. La siguiente imagen resumen el análisis económico de los distintos protocolos.

Evaluación técnica

El planteamiento distingue con claridad entre criterios técnicos y condicionantes prácticos.

Desde una perspectiva estrictamente de arquitectura, Thread presenta una base bien resuelta para sensores y actuadores residenciales. El uso de topología en malla, direccionamiento IPv6 nativo y la interoperabilidad que introduce Matter permiten un sistema menos atado a fabricantes específicos y más alineado con esquemas de integración a largo plazo. No obstante, ese mérito técnico todavía se enfrenta a una barrera tangible: el costo de los dispositivos y una disponibilidad comercial que sigue siendo limitada frente a alternativas más maduras.

Al trasladar el análisis al equilibrio técnico–económico, *Zigbee suele imponerse en escenarios reales*, tal como se presenta en la figura. Su malla es estable, el consumo energético resulta adecuado para nodos a batería y el ecosistema de dispositivos es amplio. En una vivienda

del orden de 200 m², la instalación de algunos interruptores y enchufes fijos suele ser suficiente para garantizar redundancia y cobertura, sin necesidad de incorporar repetidores dedicados. Ese punto reduce complejidad y mantiene el CAPEX dentro de márgenes razonables, lo cual pesa de forma significativa en proyectos académicos o de implementación doméstica.

Cuando el entorno presenta mayores desafíos de propagación, como muros densos o separaciones amplias, Z-Wave destaca por su comportamiento en radiofrecuencia. Esta ventaja se refleja en enlaces más consistentes, aunque a costa de un mayor desembolso inicial. Wi-Fi, en cambio, no resulta adecuado como red principal para sensores alimentados por batería en este tipo de viviendas. Su rol se entiende mejor en dispositivos con demanda sostenida de ancho de banda, como cámaras o equipos multimedia, donde su consumo deja de ser un factor limitante. Conviene aclarar que tecnologías como IPv6, MQTT o CoAP no compiten con Zigbee o Thread en el plano físico. Su función aparece en capas superiores, aportando orden, escalabilidad y operación local al sistema.

Conclusiones

El estudio permitió identificar que los sistemas de domótica residencial actuales se sustentan predominantemente en protocolos inalámbricos y mixtos, dado que los protocolos alámbricos han perdido relevancia en entornos residenciales por su mayor complejidad de instalación, menor flexibilidad y limitada adaptación a remodelaciones o ampliaciones. Esta tendencia confirma que la evolución del mercado y de las necesidades del usuario final privilegia soluciones escalables, de bajo impacto constructivo y compatibles con arquitecturas IoT modernas.

Desde el punto de vista de la capa física, los resultados evidencian que Zigbee, Z-Wave, Thread y Wi-Fi presentan comportamientos claramente diferenciados. Zigbee y Thread destacan por su bajo consumo energético y su adecuación para redes malladas de sensores y actuadores, mientras que Z-Wave ofrece ventajas significativas en alcance y penetración en interiores. Wi-Fi,

aunque superior en tasa de datos, muestra limitaciones importantes en autonomía, lo que restringe su uso como protocolo principal en dispositivos alimentados por batería.

El análisis de la capa de red demuestra que Thread, basado en IPv6 y 6LoWPAN, representa una solución técnicamente robusta y alineada con la interoperabilidad futura, especialmente cuando se integra con ecosistemas Matter. No obstante, su implementación exige componentes adicionales, como el Border Router, lo que incrementa el costo y la complejidad inicial. Por su parte, IPv6 sobre infraestructuras Wi-Fi o Ethernet ofrece alta escalabilidad y conectividad directa a Internet, pero no está optimizado para redes malladas de bajo consumo, lo que limita su eficiencia en domótica residencial distribuida.

En cuanto a la capa de aplicación, la comparación entre MQTT y CoAP evidencia que ambos protocolos son adecuados para sistemas domóticos, aunque responden a necesidades distintas. MQTT ofrece un modelo de publicación/suscripción robusto y ampliamente soportado, ideal para escenarios de monitoreo centralizado, mientras que CoAP destaca por su bajo overhead y latencia reducida, siendo más eficiente en entornos con restricciones de energía y procesamiento. La elección entre ambos depende del equilibrio deseado entre simplicidad, consumo de recursos y modelo de comunicación.

La evaluación económica muestra que existen diferencias significativas en el CAPEX según el protocolo físico seleccionado. Zigbee se posiciona como la alternativa más equilibrada en términos de costo-beneficio para una vivienda tipo de 200 m², mientras que Z-Wave implica un mayor desembolso inicial, justificado únicamente en escenarios donde el alcance y la confiabilidad del enlace sean críticos. Wi-Fi presenta un costo intermedio, pero con mayores costos operativos implícitos asociados al consumo energético y a la necesidad de reforzar la infraestructura de red.

El análisis del retorno de la inversión (ROI) y del periodo de recuperación (payback) confirma que, si bien la domótica residencial no se adopta primordialmente por razones económicas, los sistemas bien diseñados pueden generar beneficios medibles a través del

ahorro energético y la prevención de pérdidas, como fugas de agua. Los protocolos con redes más estables y menor carga operativa muestran mejores indicadores de recuperación, reforzando la importancia de una correcta selección tecnológica desde la fase de diseño.

Finalmente, desde una perspectiva técnica integral, se concluye que no existe un protocolo universalmente superior, sino soluciones más o menos adecuadas según el contexto. Thread representa la opción con mayor proyección tecnológica a largo plazo, Zigbee emerge como la alternativa más viable y madura para implementaciones residenciales actuales, Z-Wave se justifica en entornos complejos de propagación, y Wi-Fi debe reservarse para dispositivos de alto ancho de banda. La correcta articulación entre capas física, red y aplicación es el factor determinante para lograr sistemas domóticos eficientes, sostenibles y técnicamente coherentes.

Referencias Bibliográficas

- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 17(4), 2347–2376.
<https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2444095>
- Archer AX10 | Router AX1500 Wi-Fi 6 | TP-Link Ecuador. (n.d.). Retrieved December 26, 2025, from <https://www.tp-link.com/ec/home-networking/wifi-router/archer-ax10/>
- Asadullah, M., & Raza, A. (2016). An overview of home automation systems. *2016 2nd International Conference on Robotics and Artificial Intelligence (ICRAI)*, 27–31.
<https://doi.org/10.1109/ICRAI.2016.7791223>
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787–2805. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>
- Azhar, K., Zafar, S., Kashif, A., Aljaedi, A., & Albalawi, U. (2022). Fault-Tolerant Partition Resolvability in Mesh Related Networks and Applications. *IEEE Access*, 10, 71521–71529. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3188319>
- Bandyopadhyay, D., & Sen, J. (2011). Internet of Things: Applications and Challenges in Technology and Standardization. *Wireless Personal Communications*, 58(1), 49–69.
<https://doi.org/10.1007/s11277-011-0288-5>
- Chhillar, M., & Yadav, R. (2025). Home Automation System: A Comparative Analysis of Popular Home Automation Technologies Based on Performance, Scalability, and user Experience. *2025 Seventh International Conference on Computational Intelligence AndCommunication Technologies (CCICT)*, 730–739.
<https://doi.org/10.1109/CCICT65753.2025.00116>
- Corro Lopez, & Yurian Ines. (2022). Domótica y Privacidad: Navegando entre la Comodidad Tecnológica y la Seguridad de los Datos.
- Dorge, B. M., & Scheffler, T. (2011). Using IPv6 and 6LoWPAN for home automation

- networks. 2011 IEEE International Conference on Consumer Electronics -Berlin (ICCE-Berlin), 44–47. <https://doi.org/10.1109/ICCE-Berlin.2011.6031865>
- Eve Energy Review 2021 – HomeKit smart plug gets better with Thread - HomeKit Authority. (n.d.). Retrieved December 26, 2025, from <https://www.homekitauthority.com/eve-energy-review-homekit-smart-plug-gets-better-with-thread/>
- Gavi, K. (2024). A Detailed Exploration of the Evolution and Progress in Home Automation Systems.
- Gomez, C., & Paradells, J. (2010). Wireless home automation networks: A survey of architectures and technologies. *IEEE Communications Magazine*, 48(6), 92–101. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2010.5473869>
- IBM. (2020). What is the Internet of Things (IoT)? | IBM. <https://www.ibm.com/think/topics/internet-of-things>
- IEEE Computer Society. (2012). IEEE Standard for Information Technology—Telecommunications and Information Exchange between Systems Local and Metropolitan Area Networks. IEEE.
- INTERRUPTOR INTELIGENTE TOUCH 4 CANAL WIFI NEGRO. (n.d.). Retrieved December 26, 2025, from <https://roboticsec.com/producto/interruptor-inteligente-touch-4-canales-wifi-tuya-wt-u4-negro/>
- ISO/IEC 7498-1:1994. (2000). Information technology — Open Systems Interconnection — Basic Reference Model: The Basic Model. ISO/IEC 7498-1:1994.
- KNX Industry. (2023). Instructivo de KNX b.
- Kodali, R. K., & Soratkal, S. (2016). MQTT based home automation system using ESP8266. 2016 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC), 1–5. <https://doi.org/10.1109/R10-HTC.2016.7906845>
- Kodali, R. K., Yatish Krishna Yogi, B., Sharan Sai, G. N., & Honey Domma, J. (2018). Implementation of Home Automation Using CoAP. TENCON 2018 - 2018 IEEE

- Region 10 Conference, 1214–1218. <https://doi.org/10.1109/TENCON.2018.8650135>
- Laghari, S. U. A., Li, W., Manickam, S., Nanda, P., Al-Ani, A. K., & Karuppayah, S. (2024). Securing MQTT Ecosystem: Exploring Vulnerabilities, Mitigations, and Future Trajectories. *IEEE Access*, 12, 139273–139289. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3412030>
- Lan, D., Pang, Z., Fischione, C., Liu, Y., Taherkordi, A., & Eliassen, F. (2019). Latency Analysis of Wireless Networks for Proximity Services in Smart Home and Building Automation: The Case of Thread. *IEEE Access*, 7, 4856–4867. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2888939>
- Linh An, P. minh, & Kim, T. (2018). A Study of the Z-Wave Protocol: Implementing Your Own Smart Home Gateway. 2018 3rd International Conference on Computer and Communication Systems (ICCCS), 411–415. <https://doi.org/10.1109/CCOMS.2018.8463281>
- Mousa, A. H., Mohammed, N. T., & Mohammed, E. A. (2019). EFCNT: An evaluation framework for computer's network topologies. 050010. <https://doi.org/10.1063/1.5123126>
- Orfanos, V. A., Kamaridis, S. D., Papageorgas, P., Piromalis, D., & Kandris, D. (2023). A Comprehensive Review of IoT Networking Technologies for Smart Home Automation Applications. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 12(2), 30. <https://doi.org/10.3390/jsan12020030>
- Rihan, M., Salim Beg, M., & Amu, E. (2002). Evolution of Home Automation Technology.
- Song, E. Y., Lee, K. B., Fick, S. E., & Donmez, A. M. (2011). An IEEE 1451.5–802.11 standard-based wireless sensor network with embedded WTIM. 2011 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference, 1–6. <https://doi.org/10.1109/IMTC.2011.5944344>
- SourceBae. (n.d.). What is Automation? What Are the Different Components Used in

Automation? Retrieved December 4, 2025, from <https://sourcebae.com/blog/what-is-automation-what-are-the-different-components-used-in-automation/>

Tarjetas de Memoria - Computron. (n.d.). Retrieved December 26, 2025, from <https://www.computron.com.ec/producto-categoría/almacenamiento/tarjetas-de-memoria/>

TL-SG108 | 8-Port 10/100/1000Mbps Desktop Switch | TP-Link. (n.d.). Retrieved December 26, 2025, from <https://www.tp-link.com/us/home-networking/8-port-switch/tl-sg108/>

T M Sathish Kumar. (2024). Low-Power Communication Protocols for IoT-Driven Wireless Sensor Networks. *Journal of Wireless Sensor Networks and IoT*, 1(1). <https://doi.org/10.31838/WSNIOT/01.01.06>

ZigBee Dimmer Switch|Best 1/2/3 Gang White Black Dimmable Light Switch – MOES. (n.d.). Retrieved December 26, 2025, from <https://moeshouse.com/products/us-zigbee-dimmer-switch>