

Artículo

Optimización de la accesibilidad arquitectónica en circulaciones verticales domésticas mediante la integración del internet de las cosas (IoT).

Jael Villegas Roa ^{1*}, Ignacio Paredes de Jesús ² y Edwin Misael Alpizar Velázquez³

¹ Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Huichapan, Licenciatura en Arquitectura, México y Colegio de Formación Educativa TENAM, S.C.

^{2,3} Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Huichapan, Licenciatura en Arquitectura, México

* Correspondencia: jvillegas@iteshu.edu.mx

Resumen:

La accesibilidad arquitectónica, especialmente en la circulación vertical para personas con movilidad reducida, facilita el acceso a diferentes niveles dentro de una Vivienda. El objetivo principal es implementar un sistema que mejore la eficiencia y la fiabilidad del monitoreo y mantenimiento predictivo de un ascensor al menos dos niveles, utilizando la tecnología del Internet de las Cosas (IoT) para la transmisión de datos a través de un celular. Con una Metodología que permite programar un protocolo de mensajería ligero y eficiente llamado Message Queuing Telemetry Transport (MQTT), aplicado a un microcontrolador de bajo consumo y alta conectividad a Wi-Fi y Bluetooth llamado ESP32. Se obtiene un código de libre acceso que envía datos sobre el peso, apertura de puertas y estado del elevador; el sistema recibe los datos en tiempo real para monitorear como un suscriptor de datos y el intermediario que aloja la información en la nube, llamado Broker.

Keywords: accesibilidad arquitectónica, vivienda, mantenimiento, Internet de las cosas.

1. Introducción

El Internet de las Cosas (IoT) es una revolución tecnológica que permite la comunicación y el intercambio de información entre dispositivos inteligentes. Se aplica en diversas áreas como salud, construcción, tráfico, agricultura y educación. La integración de IoT en estas áreas busca fortalecer la formación de Smart Cities, mejorando servicios públicos y privados y optimizando el uso de recursos de manera eficiente. El Urban IoT se refiere a la aplicación de IoT en las actividades cotidianas de los ciudadanos y su interacción con los servicios y recursos de la ciudad [1-4].

Este artículo, se enfoca específicamente en la accesibilidad arquitectónica, con énfasis en la circulación vertical para personas con movilidad reducida. La Accesibilidad Universal facilita el acceso a diferentes niveles dentro de una vivienda, destacando la importancia del mantenimiento y la utilización de IoT sin complicaciones para el usuario [5].

La accesibilidad es esencial para promover la igualdad y la inclusión de todas las personas. Algo es accesible si es "de fácil acceso para cualquier persona, incluso aquellas con limitaciones en la movilidad, comunicación o entendimiento, permitiéndoles llegar a un lugar, objeto o servicio". Esto mejora la calidad de vida de las personas y de la sociedad en su conjunto.

Citar este trabajo: Villegas Roa, Jael.; Paredes de Jesús, Ignacio; Alpizar Velázquez, Edwin Misael. *Optimización de la accesibilidad arquitectónica en circulaciones verticales domésticas mediante la integración del internet de las cosas (IoT)*. RELITEC'S 2024, 7ma, edición.

ISSN 2395-972X

<https://relitecs.iteshu.edu.mx>

Recibido: 18-10-2024

Aceptado: 12-11-2024

Publicado: 30-11-2024

La accesibilidad universal en el hogar, como célula social de la sociedad, es esencial para garantizar que todas las personas, independientemente de sus capacidades físicas, puedan disfrutar de una vida autónoma y segura. Los propietarios de viviendas, así como sus familiares y amigos, pueden encontrarse en situaciones donde la accesibilidad es crucial, ya sea por vejez, discapacidad temporal o permanente. Por ello, es fundamental que el hogar sea un espacio accesible para todos [6].

El objetivo principal es implementar un sistema de accesibilidad arquitectónica en la movilidad vertical de una vivienda unifamiliar de al menos dos niveles, utilizando la tecnología IoT para el monitoreo y mantenimiento predictivo de un ascensor. Prevenir situaciones de riesgo y mejorar la seguridad y comodidad del usuario en su desplazamiento interno.

Las implicaciones según la Guía de Accesibilidad en la Vivienda y las recomendaciones de la Unión Europea y el Ministerio de Derechos Sociales y Agenda 2030, menciona algunos aspectos a considerar para lograr estos factores de accesibilidad: las entradas y salidas con rampas con pendientes adecuadas (entre 6% y 10%) y ser antideslizantes; puertas con anchos mínimos de 80 cm para permitir el paso de sillas de ruedas y personas con muletas, andaderas o bastones; pasillos y espacios de giro al menos de 1.20 m de ancho y los espacios de giro para sillas de ruedas deben permitir un diámetro de 1.50 m.; baños y cocinas con mobiliarios adecuados en su altura, barras de apoyo y duchas a ras de suelo, en cocinas en donde se dispongan superficies de trabajo a diferentes alturas y espacio libre debajo de fregaderos y encimeras para permitir el acceso en silla de ruedas.

La tecnología y la comunicación también juegan un papel crucial. Los sistemas de alarmas visuales y auditivos son esenciales para personas con discapacidades motoras. Además, la domótica permite el control de la iluminación, temperatura y seguridad mediante dispositivos accesibles como teléfonos móviles, computadoras u otros dispositivos fáciles de usar.

Lo más habitual es que la instalación de un elevador doméstico o casero (contando dispositivo + mano de obra) tenga un precio de entre 50,000, \$100,000 y \$150,00 MXN, aproximadamente. No obstante, si hablamos de elevadores de lujo, podríamos hablar de cifras cercanas a los \$200,000 MXN.

Se requiere tener como mínimo una cabina de 650x 770 para 220kg para un cupo de dos personas y dos niveles, ofrecer comodidad, seguridad y que no haga ruido en su funcionamiento. Es muy probable que tenga un apoyo lateral en uno de los muros de carga. Otro aspecto a considerar es que si no hay energía eléctrica de momento se pueda subir manualmente.

Para construir un elevador que levante 300 kg y cubra dos niveles, se requiere de una combinación de materiales específicos, mano de obra especializada y considerar los costos asociados.

Tabla1.Comparativa entre una escalera de concreto y un elevador para una casa habitación

Aspecto	Escalera de Concreto	Elevador
Costo Inicial	Relativamente bajo (\$1,000 - \$3,000 USD)	Alto (\$8,000 - \$20,000 USD)
Mantenimiento	Bajo, requiere poco mantenimiento	Alto, requiere mantenimiento regular y especializado
Espacio Requerido	Ocupa más espacio en planta y altura	Ocupa menos espacio en planta, pero requiere un hueco
Instalación	Sencilla, puede ser realizada por albañiles	Compleja, requiere técnicos especializados
Durabilidad	Alta, puede durar décadas con poco mantenimiento	Alta, pero depende del mantenimiento adecuado
Accesibilidad	Limitada, no apta para personas con movilidad reducida	Alta, ideal para personas con movilidad reducida
Velocidad	Depende del usuario, generalmente lenta	Rápida, puede moverse entre niveles en segundos
Seguridad	Alta, pero depende del diseño y uso adecuado	Alta, incluye múltiples sistemas de seguridad
Estética	Puede ser personalizada y adaptada al diseño de la casa	Puede ser personalizada, pero con más limitaciones
Impacto Ambiental	Bajo, materiales naturales y duraderos	Medio, consumo de energía y uso de materiales industriales

1.1. Las consideraciones Adicionales

- Escalera de Concreto:
- Ventajas: Económica, duradera, y puede ser un elemento arquitectónico atractivo¹.
- Desventajas: No es accesible para todos y ocupa más espacio;

- Elevador:
- Ventajas: Alta accesibilidad, rapidez, y comodidad. disminuir en un 57% los accidentes; ○ Desventajas: Alto costo inicial y de mantenimiento, y requiere espacio específico.

LoT está revolucionando muchos aspectos de la vida cotidiana, incluyendo los elevadores en las viviendas [7-10].

1.1.1. Algunas estadísticas muestran los resultados en el uso de un elevador dentro de casa:

1. Accesibilidad Mejorada: Los elevadores domésticos son especialmente beneficiosos para personas mayores o con problemas de movilidad. Facilitan el desplazamiento entre pisos y ayudan a mantener la independencia y autonomía de los residentes.
2. Incremento del Valor de la Propiedad: La instalación de un elevador puede aumentar significativamente el valor de una propiedad. En un mercado competitivo, disponer de un elevador puede ser un factor decisivo para muchos compradores potenciales.
3. Normativa de Seguridad: En España, la nueva normativa de ascensores de 2024 establece estándares de seguridad más estrictos para garantizar el óptimo funcionamiento de los elevadores, especialmente aquellos con más de 30 años de antigüedad.
4. Proporción de Elevadores: España es el país con más ascensores en proporción a su población, con aproximadamente 24 elevadores por cada mil habitantes.

Los ascensores domésticos instalados en viviendas unifamiliares se rigen bajo la directiva de máquinas 2006/42/CE, y no bajo normativas más estrictas aplicables a otros tipos de ascensores. Estos dispositivos deben cumplir con varios requisitos regulativos, como estar registrados en el Registro de Aparatos Elevadores, operar a una velocidad máxima de 0.15m/s, mantener un contrato activo de mantenimiento con una empresa certificada y realizar inspecciones periódicas a través de un Organismo de Control, de acuerdo con lo establecido por la Instrucción Técnica Complementaria específica y el Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención. Es por ello la conveniencia de monitorear en casa a través de un celular el funcionamiento y el mantenimiento de éste [11].

1.1.2. El mantenimiento de un ascensor con telemetría

El mantenimiento de un ascensor se puede definir como la revisión y supervisión constante del elevador con el fin de garantizar su seguridad y el buen estado del mismo, preservando así su vida útil. El mantenimiento de éste suele suponer un 40% de los gastos generales del usuario. Por este motivo, es necesario conocer bien a la empresa con la que se trabaja y ver los servicios contratados de acuerdo al costo requerido.

La normativa que regula actualmente el mantenimiento de ascensores es la Instrucción Técnica Complementaria (ITC) AEM 1 del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, aprobada en el año 2013. Esta normativa no solamente recoge la manutención o conservación de los ascensores, si no también, aspectos tan importantes como su diseño, fabricación, instalación y puesta en servicio de los mismos.

Por otra parte, los requisitos y condiciones que deben cumplir las empresas de mantenimiento y reparación de ascensores para poder ejercer la actividad, las cuales deben obtener un número de identificación que acredite su inclusión en el registro de industria.

Como norma general y salvo algunas excepciones, todos los aparatos de elevación instalados de forma permanente en edificios u otras construcciones que sirvan niveles definidos, con un habitáculo (Cabina), que se desplace a lo largo de guías rígidas con una inclinación superior a 15 grados y que esté destinado al transporte de personas y objetos, deben tener suscrito un contrato de mantenimiento con una empresa debidamente registrada.

Lo mismo aplicará para aquellos aparatos de elevación destinados al transporte de objetos, si disponen de un habitáculo accesible para personas provisto de elementos para accionar el elevador desde el interior del mismo.

Entre las principales excepciones o exclusiones de esta normativa:

- Los elevadores que se desplacen a través de una escalera o rampa, como es el caso de los salvaescaleras, tanto sillas como plataformas;
- Los destinados a servir una distancia vertical menor que la existente entre dos plantas de un edificio. Como el caso de los elevadores verticales de corto recorrido, que es el estudio del caso para esta investigación.

Los ascensores con velocidad inferior a 0,15 m/seg, (También conocidos coloquialmente como Ascensores unifamiliares, Elevadores domésticos o Montacargas para personas), incluidos en la aplicación de esta ITC, pasan a tener también la obligatoriedad de estar registrados ante los órganos competentes, previa adaptación, si fuera necesario, a una serie de requisitos recogidos en el Real Decreto 1644/2008 y que atañen principalmente a la seguridad en la comercialización y puesta en servicio de este tipo de elevadores.

Los ascensores suelen tener una vida útil de más de 20 años, aunque con el tiempo es cierto que el rendimiento de éste puede verse afectado. La inspección por ley, es obligado realizar una Inspección cada 6 años [12].

La transmisión de datos para un montacargas o elevador permite la implementación de sistemas de telemetría que permiten monitorear y gestionar el rendimiento y estado del equipo en tiempo real. Estos sistemas recopilan datos sobre diversas métricas, como la velocidad, el consumo de energía, la ubicación, y el estado de la carga.

Los beneficios de la telemetría en montacargas-elevador son: el monitoreo en tiempo real: Permite obtener información inmediata sobre el estado del vehículo, lo que facilita la programación de rutas y el monitoreo de las condiciones de operación; ahorro de costos: Ayuda a prevenir fallas y a optimizar el uso de los recursos, lo que puede reducir los costos operativos; seguridad: mejora la seguridad al proporcionar alertas sobre posibles fallas mecánicas y al reducir los accidentes; gestión eficiente: Facilita la administración del desempeño operacional y evita el mal uso de los equipos [13-14].

El ascensor conectado al exterior al servicio de las personas' que, a través de la tecnología e View, única en el mundo, permite tanto a los usuarios como al soporte técnico de Otis interactuar con el elevador [15].

2. Materiales y Métodos

2.1. *La Integración del Hardware y Software en el IoT*

La integración del hardware y software en el Internet de las Cosas (IoT) es fundamental para crear sistemas eficientes y funcionales para desarrollar modelos que logren ser seguros y repetibles al interior de la vivienda.

Para llevar a cabo el mantenimiento del elevador para personas con cierta discapacidad es necesario coordinar los dispositivos físicos (sensores, actuadores, etc.) puedan comunicarse y trabajar de manera efectiva, considerando la fácil trabajabilidad al usuario [16]. Para lograrlo se ha considerado el ESP3MQTT Protocol en la figura 1 y 2 que especifica oportunamente la Meto ESP32, funciona como “publicador” enviando los datos a través del “Wifi”, (suscrito a una aplicación móvil) sobre su estado: posición, velocidad, temperatura del motor y cualquier fallo detectado. Se presenta en tiempo real la información en el propio “celular” del usuario para simplemente llamar y disponer del servicio de mantenimiento. En los siguientes apartados se explica con mayor la metodología aplicada: la transmisión de datos para el correcto mantenimiento en tiempo real, el funcionamiento de MQTT, el esquema de implementación IoT en un elevador, y lo vital de la Calidad de Servicio (QoS).

2.1.1. La transmisión de datos para el mantenimiento de un elevador a través de un celular

La transmisión de datos para el mantenimiento de un elevador a través de un celular es una tecnología que permite monitorear y gestionar el estado del elevador en tiempo real.

2.1.2. Funcionamiento de MQTT en el Mantenimiento de Elevadores

1. Sensores y Dispositivos IoT: Los elevadores están equipados con sensores y dispositivos IoT (Internet de las Cosas) que recopilan datos sobre su funcionamiento, como la velocidad, el uso, y posibles fallos.
2. Transmisión de Datos: Estos datos se transmiten a través de redes móviles (como 4G o 5G) a una plataforma en la nube. Esto permite que la información esté disponible en tiempo real desde cualquier lugar.
3. Aplicaciones Móviles: Las empresas de mantenimiento utilizan aplicaciones móviles para acceder a estos datos. Por ejemplo, aplicaciones como MovilGmao permiten digitalizar todas las tareas y rutinas de mantenimiento, logrando un control en tiempo real:
4. Alertas y Notificaciones: Las aplicaciones pueden enviar alertas y notificaciones al personal de mantenimiento en caso de detectar algún problema, permitiendo una respuesta rápida y eficiente.
5. Historial y Análisis de Datos: La información recopilada se almacena y se analiza para prever posibles fallos y optimizar el mantenimiento preventivo. Esta tecnología no solo mejora la eficiencia del mantenimiento, sino que también aumenta la seguridad y la fiabilidad de los elevadores [17-20].

2.1.3. Esquema de implementación IoT en el mantenimiento de un elevador

Para lograrlo se ha considerado el siguiente esquema que especifica oportunamente la implementación de IoT para el mantenimiento del elevador, con una Metodología de protocolo MQTT, aplicado a ESP32, como lo muestra la figura 1.

1. Publicador

2. Suscriptor
3. Broker MQTT
4. Temas (Topics)

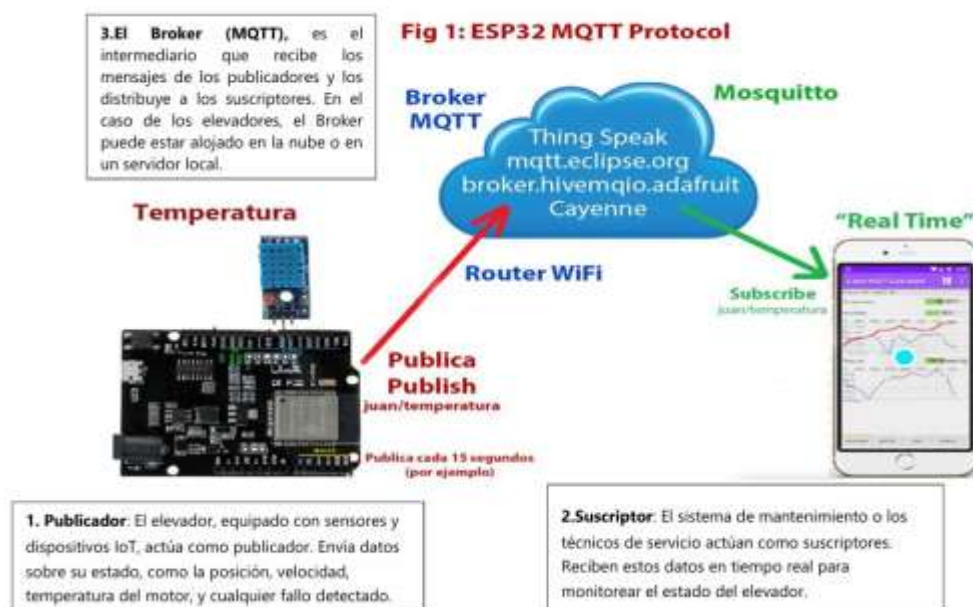


Figura 1. Metodología de protocolo MQTT, aplicado a ESP32.

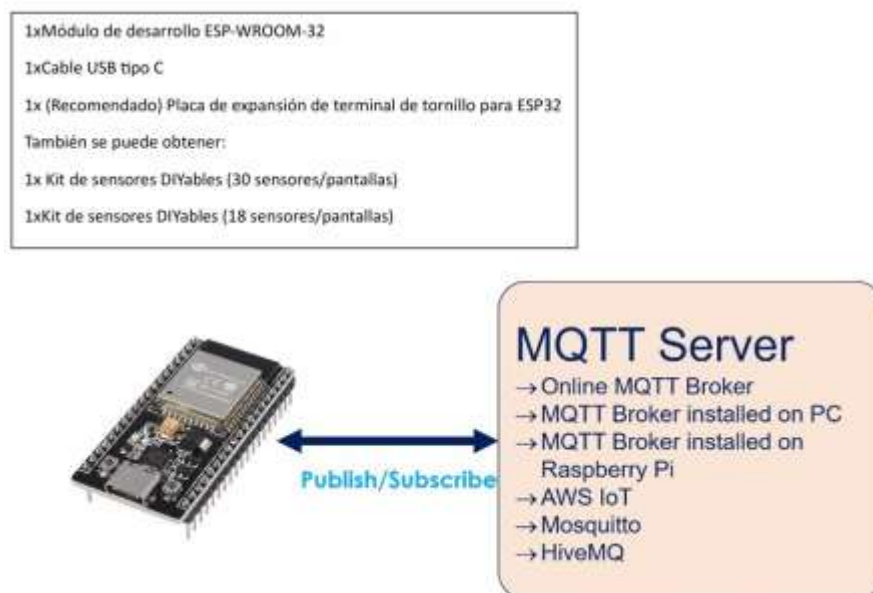


Figura 2. Broker MQTT, con diferentes opciones de publicadores.

Los datos se organizan en temas específicos. Sensor de peso, sensor de Puerta y de estado del elevador. Ver figura 3. Los suscriptores se aplican a los temas relevantes para recibir la información necesaria.

2.1.4. La Calidad de Servicio (QoS)

La mensajería ligera y eficiente del MQTT, un microcontrolador, ESP32, de bajo consumo y alta conectividad a Wi-Fi y Bluetooth permite definir niveles de calidad de servicio para asegurar la entrega de mensajes. Esto es crucial en el mantenimiento de elevadores, donde la información debe ser precisa y oportuna.

2.1.5. Ventajas de Usar MQTT para el Mantenimiento de Elevadores

- Eficiencia: MQTT es muy ligero, lo que lo hace ideal para dispositivos con recursos limitados.
- Bajo Consumo de Ancho de Banda: Utiliza menos ancho de banda en comparación con otros protocolos, lo que es beneficioso para conexiones móviles o de baja velocidad;
- Fiabilidad: Los niveles de QoS aseguran que los mensajes importantes lleguen a su destino.
- Escalabilidad: Puede manejar una gran cantidad de dispositivos y mensajes, lo que es útil para grandes edificios con múltiples elevadores [21-24].

2.1.6. Aplicaciones

Un ejemplo de código en Python que utiliza MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) para transmitir datos de un elevador a través de un celular. Se considerará para este estudio un Código de acceso abierto que permite monitorear y gestionar el estado del elevador en tiempo real.

2.1.7. Seguridad en la confidencialidad MQTT

Para asegurar la confidencialidad de los datos en MQTT, se utilizan varias técnicas y mecanismos de seguridad:

- Cifrado SSL/TLS: Este es el método más común para proteger la transmisión de datos. SSL/TLS cifra los datos durante su transmisión, asegurando que no puedan ser leídos por terceros no autorizados;
- Autenticación de clientes: MQTT puede utilizar certificados de cliente para autenticar tanto al cliente como al servidor, verificando la identidad de ambas partes antes de permitir la comunicación;
- VPN (Red Privada Virtual): Utilizar una VPN puede añadir una capa adicional de seguridad al encapsular el tráfico MQTT dentro de una red privada, protegiendo así la comunicación de posibles interceptaciones;
- Firmas digitales y mecanismos de hash: Estos se utilizan para garantizar la integridad de los datos, asegurando que no hayan sido alterados durante la transmisión. Estas medidas ayudan a mantener la confidencialidad y la integridad de los datos en aplicaciones que utilizan MQTT, especialmente en entornos de IoT y automatización industrial.

2.1.8. Ampliación de las funciones en el monitoreo de sensores específicos

Las funciones en el monitoreo de los sensores específicos dependen del envío de alertas de mantenimiento:

- Definición de Umbrales con una alerta de mantenimiento;
- Sistema de Notificaciones a través de correo electrónico, SMS o aplicaciones móviles;
- Historial de Mantenimiento para futuras referencias y análisis.

2.1.9. Esquema del sistema MQTT/ESP32

A continuación, se muestra el esquema del sistema para el monitoreo de sensores, envío de alertas de mantenimiento, peso máximo recibido, seguridad de puertas y mantenimiento para un elevador utilizando MQTT con un ESP32 y la librería PubSubClient.

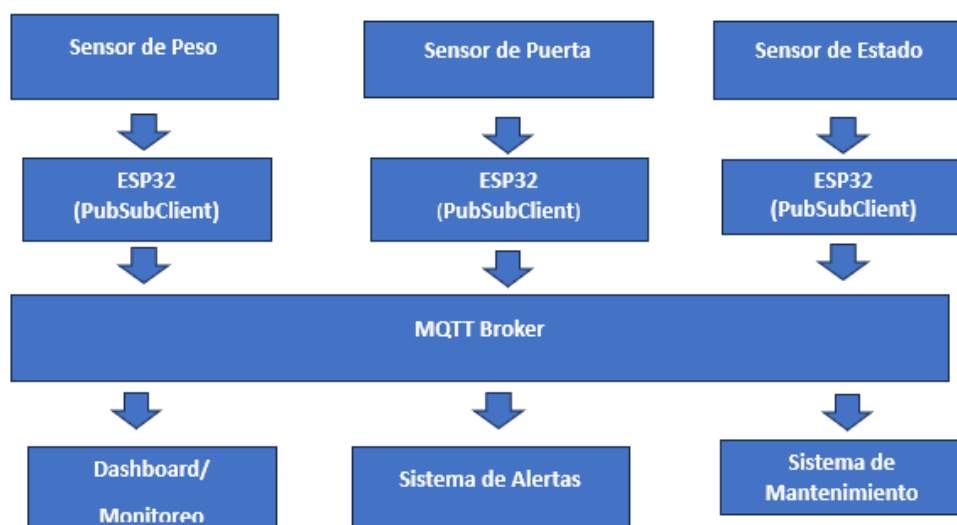


Figura 3. Esquema del Sistema

Para determinar el control del mantenimiento en casa del elevador, se presenta el tutorial para enviar y recibir datos usando ESP32 y MQTT. Se puede encontrar en línea en este enlace: <https://esp32io.com/tutorials/esp32-mqtt> [25].

En este tutorial se logra aprender cómo conectar ESP32 a test.mosquitto.org, un broker MQTT online creado por Mosquitto. Tenga en cuenta que este corredor debe usarse solo con fines de prueba.

El siguiente código ESP32 lo hace:

- Conectar MQTT.
- Suscribirse a un tema o necesidad(es), en este caso como lo indica el esquema del sistema: sensor de peso, sensor de puerta y sensor de estado.
- Publicar periódicamente mensajes en el mismo tema al que se suscribe.

- Configurar el corredor de Mosquitto en la computadora. Conectar ESP32 a este corredor local y co/*.

* Este código ESP32 es creado por esp32io.com y es de dominio público. Para obtener más detalles (instrucciones y diagrama de cableado), visite <https://esp32io.com/tutorials/esp32-mqtt> [25]

```

1 //
2 // This ESP32 code is created by esp32io.com
3 //
4 // This ESP32 code is released in the public domain
5 //
6 // For more detail (instructions and wiring diagram), visit https://esp32io.com/tutorials/esp32-mqtt
7 //
8 //
9
10 #include <WiFi.h>
11 #include <MQTTClient.h>
12 #include <ArduinoJson.h>
13
14 #define WIFI_SSID "YOUR_WIFI_SSID" // CHANGE TO YOUR WIFI SSID
15 #define WIFI_PASSWORD "YOUR_WIFI_PASSWORD" // CHANGE TO YOUR WIFI PASSWORD
16
17 #define MQTT_BROKER_ADDRESS "test.mosquitto.org" // CHANGE TO MQTT BROKER'S ADDRESS
18 #define MQTT_PORT 1883
19 #define MQTT_CLIENT_ID "YOUR-NAME-esp32-001" // CHANGE IT AS YOU DESIRE
20 #define MQTT_USERNAME "" // CHANGE IT IF REQUIRED, empty if not required
21 #define MQTT_PASSWORD "" // CHANGE IT IF REQUIRED, empty if not required
22
23 // The MQTT topics that ESP32 should publish/subscribe
24 #define PUBLISH_TOPIC "YOUR-NAME-esp32-001/loopback" // CHANGE IT AS YOU DESIRE
25 #define SUBSCRIBE_TOPIC "YOUR-NAME-esp32-001/loopback" // CHANGE IT AS YOU DESIRE
26
27 #define PUBLISH_INTERVAL 3000 // 3 seconds
28
29 WiFiClient network;
30
31 MQTTClient mqtt = MQTTClient(256);
32
33 unsigned long lastPublishTime = 0;
34
35 void setup() {
36   Serial.begin(9600);
37
38   // set the ADC attenuation to 11 dB (up to ~3.3V input)
39   analogSetAttenuation(ADC_11dB);
40
41   WiFi.mode(WIFI_STA);
42   WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
43
44   Serial.println("ESP32 - Connecting to Wi-Fi");
45
46   while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
47     delay(500);
48     Serial.print(".");
49   }
50   Serial.println();
51
52   connectToMQTT();
53
54   Serial.println("Connected to MQTT");
55
56   void loop() {
57     mqtt.loop();
58
59     if (mqtt.isConnected() & lastPublishTime < PUBLISH_INTERVAL) {
60       // Publish data
61       String json = "{\"temp\": 25.5, \"humidity\": 60}";
62       mqtt.publish(PUBLISH_TOPIC, json);
63       lastPublishTime = millis();
64     }
65   }
66 }

```

```

37   sendToMQTT();
38   lastPublishTime = millis();
39 }
40
41
42 void connectToMQTT() {
43   // Connect to the MQTT broker
44   mqtt.begin(MQTT_BROKER_ADDRESS, MQTT_PORT, network);
45
46   // Create a handler for incoming messages
47   mqtt.onMessage(messageHandler);
48
49   Serial.print("ESP32 - Connecting to MQTT broker");
50
51   while (!mqtt.connect(MQTT_CLIENT_ID, MQTT_USERNAME, MQTT_PASSWORD)) {
52     Serial.print(".");
53     delay(100);
54   }
55   Serial.println();
56
57   if (!mqtt.connected()) {
58     Serial.println("ESP32 - MQTT broker Timeout!");
59     return;
60   }
61
62   // Subscribe to a topic, the incoming messages are processed by messageHandler() function
63   if (mqtt.subscribe(SUBSCRIBE_TOPIC))
64     Serial.print("ESP32 - Subscribed to the topic: ");
65
66   Serial.print("ESP32 - Failed to subscribe to the topic: ");
67
68   Serial.println(SUBSCRIBE_TOPIC);
69   Serial.println("ESP32 - MQTT broker Connected!");
70
71
72   while sendToMQTT() {
73     StaticJsonDocument<100> message;
74     message["timestamp"] = millis();
75     message["data"] = analogRead(0); // If you can read data from other sensors
76     char messageBuffer[512];
77     serializeJson(message, messageBuffer);
78
79     mqtt.publish(PUBLISH_TOPIC, messageBuffer);
80
81     Serial.println("ESP32 - sent to MQTT:");
82     Serial.print("- topic: ");
83     Serial.println(PUBLISH_TOPIC);
84     Serial.print("- payload:");
85     Serial.println(messageBuffer);
86
87
88   void messageHandler(String topic, String payload) {
89     Serial.println("ESP32 - received from MQTT!");
90     Serial.println("- topic: " + topic);
91     Serial.println("- payload:");
92     Serial.println(payload);
93   }

```

Figura 3'. Código creado por ESP32io.com de dominio público.



Figura 4. Instalación de biblioteca MQTT.



Figura 5. Instalación de biblioteca Arduino.

Algunos pasos para el buen funcionamiento del protocolo:

1. Copiar el código anterior y ábralo con Arduino IDE.
2. Reemplace la información de WiFi (SSID y contraseña en el código con la suya.
3. En el Código, verá la palabra TU NOMBRE tres veces.
4. Reemplace esta palabra con su nombre o caracteres aleatorios (solo caracteres del alfabeto, sin espacios). Esto es necesario porque si no realiza el cambio, es posible que haya varias personas ejecutando este código al mismo tiempo, lo que podría provocar conflictos porque los ID de cliente y los temas de MQTT son los mismos para todos.
5. Haga clic en el botón Cargar en Arduino IDE para cargar el código en ESP32.
6. Abra el monitor serie
7. Ver resultado en Serial Monitor.

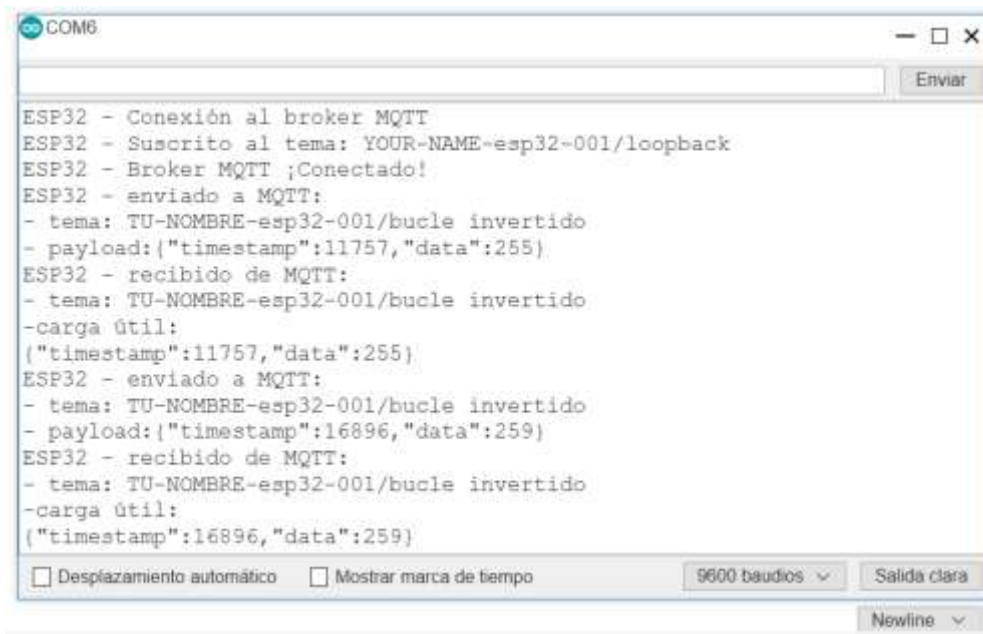


Figura 6. Vista de serial del Monitor.

El ESP32 publica mensajes en el corredor MQTT y luego recibe el mismo mensaje de vuelta. Esto se debe a que el código proporcionado se suscribe al mismo tema en el que publica datos. Si prefiere que el ESP32 no reciba el mensaje que publica, puede lograrlo fácilmente haciendo que el tema SUBSCRIBE sea diferente del tema PUBLISH.

También se puede conectar el ESP32 al broker MQTT instalado en su PC. Ver link de tutorial <https://esp32io.com/tutorials/esp32-mqtt> [25].

3. Resultados

Por el momento, instalar un elevador en casa puede ser un proyecto significativo a corto, mediano y largo plazo, en este caso el planteamiento de la presente investigación, permite la planificación adecuada para asentar las bases previas en la evaluación de las necesidades, el espacio disponible, la selección del tipo de elevador doméstico (hidráulico, de tracción o neumático) considerando sus ventajas y desventajas en términos de costo, mantenimiento y espacio requerido. Considerar las regulaciones y permisos de ser necesario, la contratación de profesionales con experiencia y asegurarse de que estén certificados y que dispongan de buenas referencias. También, considerar el mantenimiento a largo plazo para asegurar su funcionamiento y eficiencia a pesar de ser monitoreado por nuestro celular. Por último, asegurarse de que el elevador tenga todas las características de seguridad, como sistemas de emergencia, puertas automatizadas y sensores de obstrucción. De esta manera se puede mejorar mucho la accesibilidad y comodidad a través del monitoreo y mantenimiento predictivo del ascensor utilizando la tecnología del Internet de las Cosas (IoT) con la metodología MQTT/ESP32 para la transmisión de datos a través de un celular.

4. Discusión

Es necesario reemplazar los caracteres aleatorios con el nombre o identidad del usuario porque si no realiza el cambio, es posible que haya varias personas ejecutando este código al mismo tiempo, lo que podría provocar conflictos porque los ID de cliente y los temas de MQTT son los mismos para todos. También el uso de la red, energía eléctrica que permitan su funcionamiento.

La aplicación de la IoT se ve limitada al no tener una arquitectura y estándares para que todas puedan interactuar entre sí, además IoT requiere grandes esfuerzos para abordar y presentar soluciones para su seguridad y amenazas a la privacidad.

Otras aplicaciones de IoT, son los dispositivos electrónicos CCTV (Circuito Cerrado de Televisión) en los hogares e incluso cámaras de seguridad en las ciudades podrán utilizar la visión artificial para dejar de ser dispositivos limitados a grabar videos únicamente, al contrario, se contará con ayuda para detectar accidentes como enviar una alerta si un niño cae en una piscina y no simplemente grabarlo como sería lo común. Determinar en las calles accidentes automovilísticos y enviar alerta a las ambulancias y que este les informe de la situación y no esperar que alguien llame vía telefónica.

El precio de un ascensor puede variar en función de distintos factores, y en algunos casos su instalación puede ser obligatoria también en México, además del gasto energético y, por supuesto, el costo de la instalación.

Como dato adicional, la proporción de Elevadores en España es el país con más ascensores en proporción a su población, con aproximadamente 24 elevadores por cada mil

habitantes. Estos datos muestran cómo los elevadores domésticos no solo mejoran la accesibilidad y comodidad, sino que también pueden ser una inversión valiosa y segura.

5. Conclusiones

Con la revisión del estado del arte de IoT y Visión Artificial se han evidenciado que los estudios y avances tecnológicos en un futuro no muy lejano serán implementados a la vida cotidiana de las personas y se podrá convivir con ello. Estas tecnologías buscan brindar confort y dar facilidades en los diferentes ambientes en que residimos. A pesar de no tener por el momento una aplicación física del modelo del elevador, si permite planificar antes de llegar a la tercera edad o una complicación de salud que limite la movilidad motriz para cualquier habitante de un hogar.

Para optimizar la accesibilidad arquitectónica en circulaciones verticales, se propone implementar la tecnología IoT en los elevadores domésticos, mejorando así la movilidad y comodidad diaria de los habitantes de un hogar. Con las consideraciones analizadas en este artículo, no se busca mejorar la metodología MQTT/ESP32, sino aplicarla de manera efectiva.

Contribución: Conceptualización, Jael Villegas Roa; metodología, Jael Villegas Roa; software, Jael Villegas Roa; validación: Ignacio Paredes de Jesús y Edwin Misael Alpizar Velázquez.

Financiamiento: "Esta investigación no recibió financiamiento externo".

Agradecimientos: Agradecemos a mi asesor Dr. Madain Pérez Patricio, de la asignatura Transmisión de datos, en Ingeniería Aplicada, Colegio de Formación Educativa TENAM, S.C.

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Referencias

1. Chen, S., Xu, H., Liu, D., Hu, B., & Wang, H. (2014). A Vision of IoT: Applications, Challenges, and Opportunities with China Perspective. *IEEE Internet of Things Journal*, 349-359.
2. Ansari, A. N., Sedky, M., Sedky, M., & Tyagi, A. (2015). An Internet of things approach for motion detection using Raspberry Pi. *Proceedings of 2015 International Conference on Intelligent Computing and Internet of Things, ICIT 2015*, (págs. 131-134).
3. Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of Things for Smart Cities. *IEEE Internet of Things Journal*, 22-32.
4. Internet de las Cosas y Visión Artificial, Funcionamiento y Aplicaciones: Revisión de Literatura Enfoque UTE, vol. 8, núm. 1, Suppl, pp. 244-256, 2017. DOI: <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n1.121>
5. Accesibilidad 4 all. 2024. <https://accesibilidad4all.com/accesibilidad-universal/>
6. Sistema de Información Científica Redalyc, Red de Revistas Científicas. 2017. <https://www.bidea.es/noticias/normativa-accesibilidad-edificios-viviendas/>
7. El País. 4.0 Transformación digital. 2024. <https://elpais.com/tecnologia/digitalizacion/2021-04-15/ascensores-inteligentes-que-conectan-con-las-personas.html#:~:text=Otis%20cuenta%20actualmente%20con%20100.000>
8. Extra Software. Las ventajas del IoT en el ahorro energético de la vivienda. 2024. <https://www.extrasoft.es/iot-ahorro-energetico-de-la-vivienda/>
9. Nueva normativa de ascensores 2024: en que consiste y a quién afecta. 2024. Revista Digital dedicada a la rehabilitación de edificios. <https://todorehabilitacion.com/nueva-normativa-de-ascensores/>

10. Vieira, S. (2023, August 11) ¿Qué es el internet de las cosas? Metrovacesa. <https://metrovacesa.com/blog/que-es-el-internet-de-las-cosas>
11. Sicre, L. (2024, June 8). ¿Cuánto cuestan los ascensores para Casas particulares? Idalista/news. <https://www.idalista.com/news/inmobiliario/vivienda/2024/06/08/816591-cuanto-cuestan-los-ascensores-para-casas-particulares>
12. Ascensores unifamiliares.2024. <https://ascensoresymas.com/mantenimiento-y-conservacion-del-elevador/>. <https://ascensoresymas.com/mantenimiento-y-conservacion-del-elevador/>
13. La telemetría y su implementación en montacargas. 2020. <https://curso-montacargas.com/la-telemetria-y-su-implementacion-en-montacargas/#:~:text=Estudios%20realizados%20a%20la%20telemetría>
14. Montacargas y servicios. Cómo leer los datos de la placa del montacargas. 2023. <https://montacargasservicios.com/lp/que-es-placa-datos-montacargas-como-leerla/>
15. Periódico el País. 2024. Ascensores inteligentes que conectan con las personas. <https://elpais.com/tecnologia/digitalizacion/2021-04-15/ascensores-inteligentes-que-conectan-con-las-personas.html>
16. Integrando dispositivos IoT con la nube: Mejores prácticas y casos de USO. .2023, October 30). SEIDOR | Consultoría Tecnológica. <https://www.seidor.com/blog/integrando-dispositivos-iot-nube>
17. Software para Ascensores: App de mantenimiento – app Movil Gmao. (2024, April 9). Movil Gmao. <https://movilgmao.es/software-app-ascensores/>
18. Predictive maintenance Solutions for elevators and escalators – KONE 2024. Kone México. https://www.citefast.com/?s=APA7#_Webpage.
19. Tuto window. 2023. <https://tutowindow.com/como-opera-un-elevador-con-el-celular/>
20. Ascensores Duplex. Línea de teléfono en ascensores: ¿qué debes saber? August18, 2024. <https://www.duplexascensores.com/blog/linea-telefono-ascensores/>
21. Normativa de Mantenimiento de Ascensores. 2024.(2024, March 31) Ascensores y más.<https://ascensoresymas.com/ascensores-mantenimiento-normativa/>
22. Elevadores, G. 2024. Mantenimiento de ascensores. Todo lo que debes saber. Guía de levadores. <https://www.generalelevadores.com/es/post/mantenimiento-de-ascensores/>
23. Todo Lo Que necesitas saber sobre el mantenimiento de UN elevador. (2024, June 12). Vertika ° Elevadores / Fahrstuhl / Elevators/ Ascensores. <https://vertika.com.mx/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-el-mantenimiento-de-un-elevador/>
24. Ascensoresymas.com. Mantenimiento y conservación del elevador. 2024. <https://ascensoresymas.com/mantenimiento-y-conservacion-del-elevador/>

Códigos de línea

25. ESP32 MQTT publish subscribe with Arduino IDE. <https://esp32io.com/tutorials/esp32-mqtt>. 2024, June 17). Random Nerd Tutorials.<https://randomnerdtutorials.com/esp32-mqtt-publish-subscribe-arduino-ide/>
26. ESP32 - MQTT | ESP32 tutorial. (n.d.). ESP32 Tutorial. <https://esp32io.com/tutorials/esp32-mqtt>
27. ESP8266 MQTT client tutorial using PubSubClient library. (2024, March 10). C2P Labs.<https://c2plabs.com/blog/2022/01/02/esp8266-mqtt-client-tutorial-using-pubsubclient-library/Conclusiones>
28. Masteriot/parte_iot/masteriot/src/main.cpp at 4d3f8c657f5851d5b6d372434a5e905b971945aa · japihack/masteriot. (n.d.). GitHub. https://github.com/japihack/masteriot/blob/4d3f8c657f5851d5b6d372434a5e905b971945aa/parte_iot/masteriot/src/main.cpp
29. Masteriot/parte_iot/masteriot/src/main.cpp at 4d3f8c657f5851d5b6d372434a5e905b971945aa · japihack/masteriot. (n.d.). GitHub. https://github.com/japihack/masteriot/blob/4d3f8c657f5851d5b6d372434a5e905b971945aa/parte_iot/masteriot/src/main.cpp

30. *Repo2/arduino mqtt wifi.cpp at c089bd09ca80f44d61dc61480d648eb580487732*. Davydero/Repo2. (n.d.). GitHub.<https://github.com/Davydero/Repo2/blob/c089bd09ca80f44d61dc61480d648eb580487732/arduino%20mqtt%20wifi.cpp>
31. *Repo2/arduino mqtt wifi.cpp at c089bd09ca80f44d61dc61480d648eb580487732*. Davydero/Repo2. (n.d.). GitHub. <https://github.com/Davydero/Repo2/blob/c089bd09ca80f44d61dc61480d648eb580487732/arduino%20mqtt%20wifi.cpp>
32. Molina, E. (2021, May 12). *IoT o big data: Así innova Otis para Que sus ascensores Sean más seguros*. Forbes España.<https://forbes.es/empresas/75099/iot-o-big-data-asi-innova-otis-para-que-sus-ascensores-sean-mas-seguros/>
33. *La Inteligencia artificial Y el IoT llegan a los ascensores*. (2019, October 2). Redes&Telecom.<https://www.redestelecom.es/infraestructuras/la-inteligencia-artificial-y-el-iot-llegan-a-los-ascensores/>

Videos de aplicación

34. *Cómo conectar Una ESP32 con UN servidor MQTT (HiveMQ)*. (2023, April 20). YouTube. <https://youtu.be/IQu67UkoNQ4?si=Q-wglIdWAGHUIzqE>
35. *Protocolo MQTT (ESP32 + broker Gratuito)*. (2021, November 9). YouTube. <https://youtu.be/x5GML1FqcTQ>
36. *Protocolo MQTT (ESP32 + broker Gratuito)*. (2021, November 9). YouTube. <https://youtu.be/x5GML1FqcTQ?si=SIN0UA3IR9oqVjMN>

Características ESP32

37. *¡No Creerás Lo Que el esp32 Puede Hacer! kit terminal esp32 - Elecrow*. (2023, November 21). YouTube. <https://youtu.be/J1pIeZx8MsI>
38. *¿Qué es el esp32?* (2019, August 20). YouTube. <https://youtu.be/9ouMjvVACnc>