



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA CREACIÓN DE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA LA
INTERCONEXIÓN DE UN REFRIGERADOR CONVENCIONAL A INTERNET Y LA
AUTOMATIZACIÓN DE SUS FUNCIONES MEDIANTE COMANDOS
DE VOZ A TRAVÉS DE AWS**

Yeremy Anthony Josué Chun Quinillo

Asesorado por el Ing. Rodolpho Carlos Barillas Fuentes

Guatemala, febrero 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA CREACIÓN DE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA LA
INTERCONEXIÓN DE UN REFRIGERADOR CONVENCIONAL A INTERNET Y LA
AUTOMATIZACIÓN DE SUS FUNCIONES MEDIANTE COMANDOS
DE VOZ A TRAVÉS DE AWS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

YEREMY ANTHONY JOSUÉ CHUN QUINILLO

ASESORADO POR EL ING. RODOLPHO CARLOS BARILLAS FUENTES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS

GUATEMALA, FEBRERO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Fernández Cáceres
EXAMINADOR	Ing. Edgar Estuardo Santos Sutuj
EXAMINADOR	Inga. Mirna Ivonne Aldana
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA CREACIÓN DE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA LA
INTERCONEXIÓN DE UN REFRIGERADOR CONVENCIONAL A INTERNET Y LA
AUTOMATIZACIÓN DE SUS FUNCIONES MEDIANTE COMANDOS
DE VOZ A TRAVÉS DE AWS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha de 19 de noviembre de 2022.



Jeremy Anthony Josué Chun Quinillo



EEPFI-PP-2163-2022

Guatemala, 19 de noviembre de 2022

Director
Carlos Gustavo Alonzo
Escuela De Ingenieria En Sistemas
Presente.

Estimado Ing. Alonzo

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **CREACIÓN DE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA LA INTERCONEXIÓN DE UN REFRIGERADOR CONVENCIONAL A INTERNET Y LA AUTOMATIZACIÓN DE SUS FUNCIONES MEDIANTE COMANDOS DE VOZ A TRAVÉS DE AWS.**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Telecomunicaciones - Telecomunicaciones**, presentado por el estudiante **Jeremy Anthony Chun Quinillo** carné número **200512053**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Ingeniería Para La Industria Con Especialidad En Telecomunicaciones.

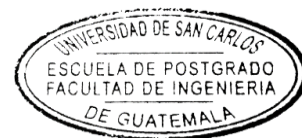
Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Mtro. Rodolpho Carlos Barillas Fuentes
Asesor(a)

Mtro. Mario Renato Escobedo Martinez
Coordinador(a) de Maestría



Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería

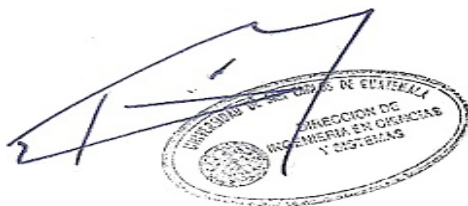




EEP-EICS-1773-2022

El Director de la Escuela De Ingenieria En Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **CREACIÓN DE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA LA INTERCONEXIÓN DE UN REFRIGERADOR CONVENCIONAL A INTERNET Y LA AUTOMATIZACIÓN DE SUS FUNCIONES MEDIANTE COMANDOS DE VOZ A TRAVÉS DE AWS.**, presentado por el estudiante universitario **Jeremy Anthony Chun Quinillo**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Carlos Gustavo Alonzo
Director
Escuela De Ingenieria En Sistemas

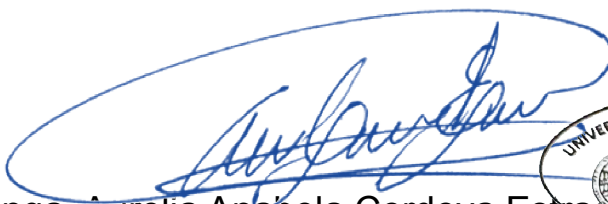
Guatemala, noviembre de 2022

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.142.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA CREACIÓN DE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA LA INTERCONEXIÓN DE UN REFRIGERADOR CONVENCIONAL A INTERNET Y LA AUTOMATIZACIÓN DE SUS FUNCIONES MEDIANTE COMANDOS DE VOZ A TRAVÉS DE AWS**, presentado por: **Yeremy Anthony Josué Chun Quinillo**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, febrero de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por todas las bendiciones que me otorga y por permitirme completar mis estudios universitarios con salud y sabiduría hasta en los momentos más difíciles.

Mi familia

Por todo el apoyo que me han dado para culminar esta meta, por los consejos que me han dado y principalmente por que juntos hemos salido adelante ante la adversidad.

AGRADECIMIENTOS

Dios

Porque no me ha faltado nada en la vida y siempre me ha otorgado el conocimiento necesario para completar con éxito los retos personales y profesionales que he enfrentado.

Mi familia

Porque cuando más los necesité siempre estuvieron para ayudarme. Gracias por su esfuerzo y dedicación, esto es un logro que conseguimos juntos.

Universidad de San Carlos de Guatemala

Mi *alma mater*, gloriosa y tricentenaria universidad, única universidad gratuita de Guatemala.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	I
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
3.1. Descripción general	7
3.2. Definición del problema	7
3.3. Especificación del problema	8
3.3.1. Delimitación del problema	8
3.3.2. Pregunta principal de investigación.....	9
3.3.3. Preguntas complementarias de investigación	9
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. OBJETIVOS	13
5.1. General	13
5.2. Específicos.....	13
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	15

7.	MARCO TEÓRICO	19
7.1.	Microcontrolador	19
7.2.	Wifi	20
7.3.	Electrodoméstico	21
7.4.	Pantalla <i>touch screen</i> (Pantalla táctil)	22
7.5.	Raspberry Pi.....	23
7.6.	MQTT	24
7.7.	IOT	25
7.8.	Servidor	26
7.9.	AWS	26
7.10.	AWS IoT núcleo.....	27
7.11.	Involucrados en el proyecto.....	29
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO	31
9.	METODOLOGIA	35
9.1.	Diseño de la investigación	35
9.2.	Enfoque de la investigación.....	35
9.3.	Instrumentos de recolección de datos	36
9.4.	Técnicas de análisis de datos.....	36
10.	CRONOGRAMA	39
11.	FACTIBILIDAD DE ESTUDIO	41
12.	REFERENCIAS	43

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Modelo de solución para automatización de refrigerador.....	16
2.	Placa de sensores Sense Hat	17
3.	Ejemplo de un microcontrolador.....	20
4.	Logo de Wifi	21
5.	Electrodomésticos del hogar	21
6.	Pantalla táctil.....	23
7.	Ejemplo de MQTT	25
8.	Ejemplos de uso de IoT.....	26
9.	Zonas de AWS al rededor del mundo, fuente (amazon, 2022)	27
10.	Agente de mensajes de AWS IoT Core.....	28
11.	Integración del servicio de voz Alexa para AWS IoT Core	28
12.	Diagrama de Gantt.....	39
13.	Diagrama de Gantt.....	40

TABLAS

I.	Criterios de Evaluación	41
II.	Costos Estudio	42

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperio
I	Corriente
°C	Grados Celsius
RH _{mean}	Humedad relativa media diaria
RH _{min}	Humedad relativa mínima diaria
mA	Miliamperios
mV	Milivoltios
Ω	Ohm
V	Voltaje

GLOSARIO

AES	Estándar de encriptación avanzado sirve para encriptar la información que se transmite hacia dispositivos conectados al Internet de las cosas.
API	Interfaz de programación de aplicación sirve para establecer la comunicación entre aplicaciones mediante contratos de funcionamiento.
Aplicación embebida	Son un conjunto de instrucciones que se ejecutan en microcontroladores y que sirven para interactuar con otros componentes electrónicos conectados al microcontrolador.
AWS	<i>Amazon Web Services</i> es una plataforma de tecnologías que dispone la compañía Amazon Inc. Estas tecnologías están basadas en computación en nube y tienen una alta calidad de servicio.
Computación en nube	Es un conjunto de servidores remotos que se encuentran alojados en un centro de datos a los cuales accedemos de forma remota.
<i>Firewall</i>	Tecnología que sirve para bloquear accesos no autorizados y que puede implementarse utilizando programas o hardware.

<i>Hardware</i>	Conjunto de los componentes electrónicos que forman un sistema informático.
IOT	Internet de las cosas.
MQTT	Es un protocolo de mensajería estándar para el Internet de las cosas.
QoS	La calidad de servicio es una medida que representa que tan buena es la implementación de un servicio de red. Establece parámetros como la disponibilidad de la conexión, el retardo de la transmisión de la información y la pérdida que pueda sufrir.
RF	La radio frecuencia se representa por ondas de radio que viajan en el espacio y que son emitidas por antenas para ser colectadas por unidades receptoras. En una radio frecuencia se transmite información.

1. INTRODUCCIÓN

El ser humano en su afán de facilitarse la vida y utilizar de mejor manera su tiempo, ha descubierto que los objetos convencionales que utiliza a diario pueden mejorar su calidad de vida al contar con cierta inteligencia. Siempre que esta inteligencia, sea para beneficio personal y que se encuentre disponible cuando se necesita. El internet de las cosas es la integración entre objetos convencionales y los seres humanos, mediante la interconexión a través de internet, para satisfacer necesidades de comunicación e interacción en todo momento.

El concepto de internet de las cosas abarca también la información que se obtiene de un objeto que se encuentra conectado a internet. La información que puede obtenerse de los objetos necesita ser medida, procesada y enviada a través de internet, para ser interpretada a su conveniencia. La utilización de sensores ayuda a medir las variables del objeto y el microcontrolador ayuda a interconectar estos datos a través de internet.

Debido a que las personas conectan cada vez más objetos a internet, se cuenta con una gran cantidad de información para transmitir, procesar y almacenar; es necesario contar con una infraestructura de red capaz de comunicar cada vez más dispositivos, por lo cual las redes de nueva generación han ayudado al transporte de datos desde cualquier parte del mundo. Esta facilidad para transmitir la información también la expone a que pueda ser malversada. Es importante mencionar que toda información que se comparte a través de internet corre el riesgo de ser expuesta con o sin nuestro permiso. La

privacidad es un tema muy importante para los seres humanos y no es hasta que se pierde que cobra relevancia.

Este trabajo de investigación muestra experimentos realizados en un refrigerador convencional y los beneficios que se pueden conseguir a corto plazo en su integración al internet de las cosas. Para ello se han realizado modificaciones en su diseño y operatividad, con el objetivo de extender y mejorar sus capacidades actuales y conocer el estado en que se encuentra en todo momento, a través de una conexión a internet. Para su monitoreo y control a través de internet, se utilizan comandos de voz que son procesados por *Amazon Alexa*, estos comandos de voz se encargan de emitir instrucciones hacia el refrigerador convencional, el cual posee un microcontrolador que puede comprender estas instrucciones, procesarlas y devolver respuestas sobre el estado del refrigerador.

En los primeros capítulos se abordan los fundamentos del Internet de las cosas, lo cual servirá para guiar al lector en los conceptos del Internet que son la base fundamental en las comunicaciones a nivel mundial. También se abordan en los siguientes capítulos, el detalle de los estándares de comunicación que existen en el mercado y las diferencias entre los mismo, una comparativa que muestre los beneficios al utilizar las tecnologías.

Luego se muestran los fundamentos de AWS IoT, en los cuales se basa la comunicación del refrigerador inteligente para finalmente mostrar los resultados de las pruebas y evaluar las mejoras que podrían hacerse a nuestro sistema. Descubrir si al agregarle inteligencia a un refrigerador convencional, vale la pena según el costo de este y su mantenimiento. Por último, se responden a las preguntas que han motivado a la investigación y que originan el problema planteado.

2. ANTECEDENTES

El término de Internet de las Cosas (IoT), se utilizó en 1999 por el tecnólogo Kevin Ashton, para poder describir un sistema que consistía en dos objetos cotidianos y del mundo físico, interactuando a través de una conexión a internet. No se puede hablar del IoT sin mencionar el protocolo IP, el cual es un estándar que se utiliza en implementaciones de redes en el mundo. También es importante mencionar que el surgimiento de la computación en la nube ha hecho posible que cada vez más dispositivos puedan interconectarse para procesar, gestionar y almacenar información. (Rose, Eldridge, y Chapin, 2015)

Urias (2019) menciona que se necesita de un medio tecnológico, que permita controlar la velocidad con la que se desplazan los buses extraurbanos en Guatemala y que afectan a los ciudadanos al viajar a exceso de velocidad. Mediante la creación de un prototipo de software en un pequeño controlador, comunica la velocidad que alcanzan los autobuses utilizando un chip de teléfono y un GPS. Es importante mencionar que la transmisión de la telemetría sirve de investigaciones para deducir hasta qué velocidades alcanzan los autobuses.

Estrada (2015) realiza una investigación para la aplicación de IoT en un sistema de controles estadísticos, el cual permite acceder de forma remota hacia las habitaciones y ambientes de un hotel. Se pretende obtener un modelo de negocio rentable, para vender a otros hoteles. Se determinan los componentes de hardware y software que se necesitan, su costo de implementación y si es rentable para la empresa hotelera.

La privacidad de las personas que utilizan los objetos que se conectan a internet es clave, con la investigación de Solís (2017) se comprende que el manejo de la información es clave en la seguridad de la información: *La privacidad de la información generada por dispositivos de domótica en el internet de las cosas*. Mediante entrevistas resuelve dudas sobre el manejo de la información y determina que la privacidad del usuario puede verse comprometida por que existe desconocimiento sobre el uso que las empresas le dan a la información sin el consentimiento del usuario.

Como lo indica Campos (2019):

Una de las ventajas del IoT es que no es exclusivo de los sectores industriales, sino que también existen en el mercado diferentes opciones para implementar esta tecnología y controlar diferentes objetos cotidianos de forma remota, sin embargo, su penetración en la sociedad se ve frenada por factores como los elevados costos de inversión y por la poca apreciación de los usuarios respecto a los beneficios que pueden obtener, por lo que representan un área de oportunidad de desarrollo técnico y dentro del mercado el cual aún es joven y cuenta gran potencial económico (p. 3)

En la presentación de Ashton (1999), un pionero de la tecnología que tituló su presentación en P&G “Internet de las cosas”, para cautivar la atención de los ejecutivos más importantes de la empresa y presentar al mundo un concepto totalmente revolucionario: Cualquier objeto de uso cotidiano, podría conectarse a Internet en cualquier momento y desde cualquier lugar del mundo. Kevin Ashton es considerado precursor y padre del IoT debido a sus ideas pioneras.

En este otro documento se pueden analizar diferentes perspectivas en las cuales posicionarse. Una de ellas es la implementación en logística, almacenamiento, venta y entrega, permitiendo optimizar costos operativos y maximizar los ingresos. Por otro lado, la visión estratégica focalizada en los clientes para brindar nuevas experiencias de compra (diferenciadoras de los competidores). Todo esto en una era donde los cambios de usos y costumbres se ven influenciados por las nuevas tecnologías, así como también sistemas de comunicación que permiten estar siempre conectados. El IoT, presenta un cambio debido al entorno enriquecido digitalmente que conecta los objetos con los usuarios que promete dar a la cadena minorista formas innovadoras de acercarse a sus clientes. Esta tecnología difiere de las innovaciones anteriores, ya que son ubicuas, inteligentes y autónomas. (Kahlert, Constantinides, y Vries, 2017)

También mencionar a las redes de nueva generación como la 5G, que son cada vez más capaces de manejar grandes cantidades de información transmitida a por medio de internet; es muy importante que la información sea accedida de forma rápida y confiable, por ello extender la capacidad de la red por medio de analítica avanzada y aprendizaje de máquina es tan importante hoy en día, no basta con almacenar la información, sino que debemos poder utilizarla para favorecer al usuario. Las tecnologías han evolucionado de tal manera que, en el año 2019, los dispositivos de IoT generaron alrededor de 18 zettabytes de datos, y para el 2025, IDC espera que ese número se triplique a más de 73 zettabytes (SAP, 2022).

Se encontró el siguiente antecedente en el cual indican que existen empresas, que se dedican a procesar y almacenar esta información que se transmite por internet. Debido a que es una gran cantidad de información que debe ser procesada, empresas como Amazon, Microsoft y Google; se dedican a

brindar servicios específicos para el procesamiento y almacenamiento de la información García (2022).

Estas grandes empresas además de contar con centros de datos por todo el mundo, para manejar nuestra información cuentan con productos electrónicos que se integran a sus servicios de IoT y así poder recolectar información de vital importancia como: Búsquedas realizadas, productos comprados, páginas visitadas y el horario de ocio que se tiene. Usan esta información para vender aún más objetos y crear un negocio perfecto: venta de productos que saben que se desean tener.

Por esta razón el tema de la privacidad es muy importante en el Internet de las cosas. El mayor riesgo que se corre al contar con dispositivos conectados al internet, es que sufran un ataque y la información se vea comprometida. El reto es grande cuando se habla de la privacidad y la seguridad en IoT (CETYX, 2022).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Descripción general

En una vivienda es común encontrar una gama de electrodomésticos que facilitan la vida cotidiana del ser humano. Dichos aparatos electrónicos cumplen una o más funciones, y tienen como objetivo principal facilitar una tarea doméstica. En la actualidad se pueden comprar refrigeradores de gama alta que pueden conectarse a internet y comunicar su estado a los usuarios; recolectan información útil para su funcionamiento y se comunican entre sí con otros electrodomésticos del hogar.

La mayoría de los electrodomésticos del hogar no poseen ningún tipo de automatización, por lo que es necesario describir una guía para la creación de un sistema embebido en un refrigerador convencional, que permita la comunicación de su estado a través de internet y que sus funciones se puedan automatizar mediante el uso de comandos de voz, utilizando para ello el servicio de AWS IoT y Alexa, también el listado y descripción de todos los componentes electrónicos y de software necesarios para su realización.

3.2. Definición del problema

Con el desarrollo de este proyecto, se pretende conectar un refrigerador convencional hacia el internet, ante la falta de una conexión propia en los electrodomésticos convencionales y ante la falta de un guía, que muestre los pasos necesarios para el desarrollo de un sistema, que permita la integración con

AWS IoT y el monitoreo de un refrigerador convencional mediante comandos de voz utilizando Amazon Alexa.

3.3. Especificación del problema

Debido a la falta de sensores, controladores y conectividad hacia el internet, es necesario estar presente para saber el estado en el que se encuentra un refrigerador convencional en el hogar y que podría ser monitoreado o controlado a través de internet. Es necesario realizar un diseño que incorpore un microcontrolador dentro del refrigerador con el objetivo de brindarle nuevas funciones.

Este diseño debe contemplar el uso de sensores para poder monitorear el estado del refrigerador y debe contar con un sistema de comunicación hacia el internet. Para facilitar el control y monitoreo del refrigerador, es necesario integrarle un sistema de ayuda al usuario mediante comandos de voz. Con esta integración el usuario dueño del refrigerador podrá ordenar utilizando comandos de voz hacia Amazon Alexa y obtener mediante mensajes de audio, las respuestas sobre las instrucciones realizadas a través de la bocina incorporada de Amazon Alexa.

3.3.1. Delimitación del problema

Este estudio se pretende realizar en base a diseño y desarrollo de *software*; interconexión de dispositivos electrónicos y configuración de servicios en la nube, utilizando un refrigerador convencional de uso doméstico en el Departamento de Guatemala. Se estará recolectando datos durante dos semanas, bajo la idea del uso que puede tener un electrodoméstico tan

importante como lo es un refrigerador, en un hogar para una familia tradicional de tres personas.

Se estará utilizando un enlace de internet HFC y utilizando un firewall para aislar el refrigerador de las otras redes del hogar a medida de seguridad. La información que se transmita y recolecte del refrigerador, será transmitida a través de una VPN como medida de seguridad.

3.3.2. Pregunta principal de investigación

¿Qué se necesita para que un refrigerador convencional del hogar pueda comunicar su estado a través de internet y que sus funciones se puedan automatizar mediante el uso de comandos de voz, utilizando para ello el servicio de AWS IoT y Alexa?

3.3.3. Preguntas complementarias de investigación

- ¿Cuál es el procedimiento que se debe seguir para monitorear el estado de las funciones de un refrigerador a través de la plataforma AWS IoT?
- ¿Cuáles son los requisitos tecnológicos que debe cumplir un refrigerador para integrarse al Internet de las cosas?
- ¿Cómo identificar las principales vulnerabilidades de un sistema embebido que se encuentra enviando telemetría a través de internet?
- ¿Cuáles son los componentes electrónicos que un refrigerador convencional necesita para ser monitoreado a través de internet?

- ¿Qué necesita un sistema embebido para transmitir la información detectada por los sensores y transductores hacia el internet?
- ¿Qué es específicamente el internet de las cosas y cuáles son los verdaderos beneficios y problemas de su adopción en el hogar?

4. JUSTIFICACIÓN

En Guatemala existen más de 22 millones de dispositivos móviles registrados, con un crecimiento del 8.5 % respecto al año 2020 (Gamarro, 2022). Lo cual indica que somos un país en donde una gran parte de sus habitantes tiene un dispositivo móvil.

Existen dos grandes operadores de telefonía móvil: Claro y Tigo. Es muy importante mencionar esta parte porque en Guatemala el Internet de las Cosas, es un tema que será muy importante en los próximos años.

Los guatemaltecos además de contar con dispositivos móviles, también se han vuelto expertos en el uso de aplicaciones de redes sociales. El internet de las cosas será muy importante en los próximos años cuando se pueda controlar más dispositivos o cosas del hogar desde nuestro teléfono.

Por esta razón es importante contar con una guía actualizada que permita identificar los estándares de comunicación, entre dispositivos de IoT y que la industria los ha adoptado como estándares de la comunicación. Es importante investigar sobre las nuevas tecnologías que han ido surgiendo y cómo se integran con tecnologías de IoT ya maduras como Amazon y Google.

La realización de este trabajo contempla el desarrollo de un software, que se integra a los servicios de Amazon y que permite mediante comandos de voz, la comunicación hacia un sistema embebido en un refrigerador, con el propósito de conocer su estado. Esto hará que el aparato electrónico del hogar pueda

comunicarse con otros sistemas y automatizar su uso; lo cual le otorgará otros beneficios al usuario.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Facilitar por medio de este trabajo de graduación, una guía completa para la integración de un refrigerador convencional del hogar hacia el internet; así como, el listado de los componentes electrónicos que se necesitan para la automatización de sus funciones, mediante la interconexión de un sistema embebido en el refrigerador y la utilización de Amazon Alexa para recibir comandos de voz que permitan conocer la temperatura, humedad, presión y consumo energético del refrigerador.

5.2. Específicos

- Establecer cuáles son los protocolos de comunicación entre los dispositivos IoT que existen actualmente en el mercado mediante una comparativa de costos y beneficios para su adopción.
- Realizar una investigación que oriente al lector sobre los componentes electrónicos, sensores, actuadores y transductores que se necesitan para automatizar las funciones de un refrigerador y monitorear su estado mediante comandos de voz utilizando AWS IoT y Amazon Alexa.
- Definir la seguridad mínima y políticas privacidad que necesita el sistema embebido en el refrigerador para integrarse al Internet de las cosas.

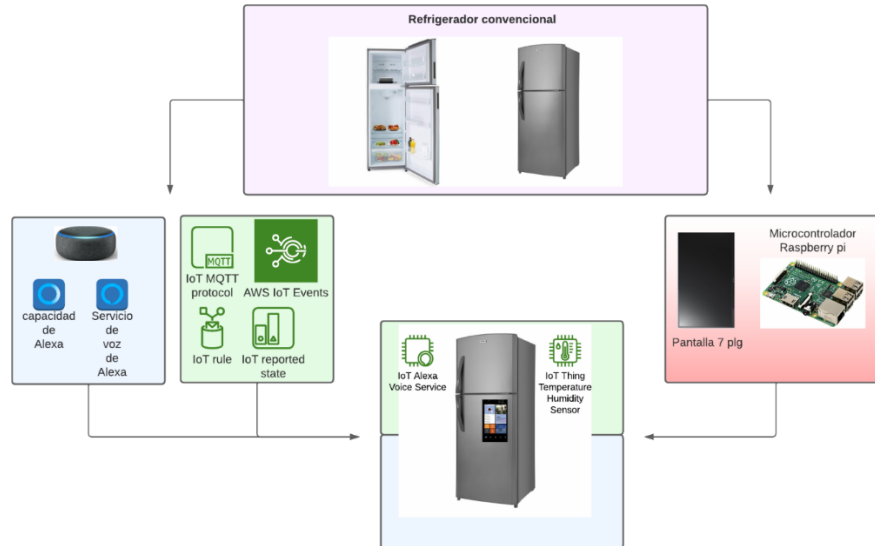
- Mostrar el impacto y los beneficios económicos que tiene la automatización de las funciones de un refrigerador convencional en los hogares guatemaltecos gracias al monitoreo de su estado a través de internet mediante la recopilación de información durante dos semanas de pruebas del sistema.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

El ser humano por su naturaleza de desarrollo y constante innovación se encuentra acostumbrado que los avances tecnológicos le faciliten la vida, por lo que muchos aparatos electrónicos son desechados constantemente, con el pasar de los años y son sustituidos por otros aparatos electrónicos, con más capacidades y mucho más rápidos. Esta investigación pretende cubrir una necesidad de desarrollo del ser humano, la cual se encuentra entrelazada con el aporte a la calidad de vida y la calidad de experiencia, al utilizar un refrigerador convencional mejorado y con capacidades de conectividad al internet y comunicación de su estado mediante comandos de voz.

La solución se divide en tres fases: La primera fase se realizará la configuración de los dispositivos electrónicos, la cual contempla la instalación de software dentro del microcontrolador, configuración con la pantalla táctil y comunicación con una red inalámbrica y finalizará con el acceso al internet, con su aseguración de seguridad mediante un *firewall* local.

Figura 1. **Modelo de solución para automatización de refrigerador**



Fuente: elaboración propia, empleando *Lucidchart*.

Durante la fase inicial se resolverán los problemas de integración de los sensores y componentes electrónicos, de ser necesario se harán los ajustes respectivos para que los controladores y sensores puedan integrarse entre sí.

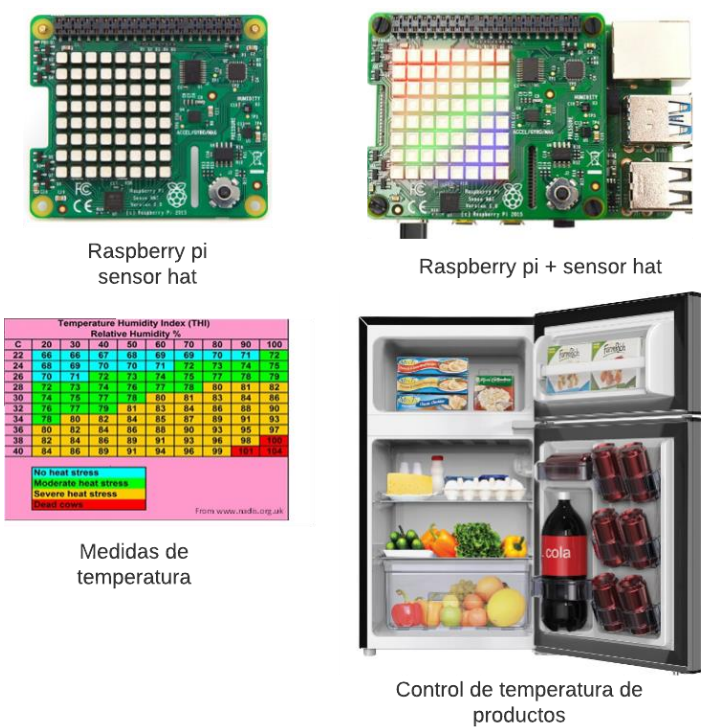
La segunda fase contempla la comunicación entre los dispositivos electrónicos y los servicios IoT de AWS. Esta es una fase especial porque se inician las pruebas específicas de medición de los sensores y que el sistema pueda enviar y recibir telemetría, a través de la plataforma IoT y el bróker MQTT.

Es importante mencionar que se llevará un registro de bitácora para las pruebas realizadas y los escenarios planteados. El objetivo es poder recolectar toda la información necesaria para la siguiente fase.

Para la fase final se va a realizar una investigación que oriente al lector sobre los componentes electrónicos, sensores, actuadores y transductores que

se necesitan para automatizar un refrigerador convencional y controlarlo mediante comandos de voz. En este documento, se encuentran detallados los componentes electrónicos, que se necesitan instalar en el refrigerador convencional y la configuración necesaria para integrarlo a un servicio de Internet de las cosas de Amazon. El lector podrá seguir las recomendaciones de instalación de sensores, pantalla táctil y cámara para poder monitorear el interior del refrigerador.

Figura 2. **Placa de sensores *Sense Hat***



Fuente: elaboración propia, empleando *Lucidchart*.

Dentro de las capacidades de los sensores se pueden resaltar: Temperatura, humedad, presión barométrica y giroscopio. Por lo que se puede saber el estado y la temperatura de los alimentos almacenados en el refrigerador. Con la combinación de los sensores y el manejo de telemetría a través del bróker

MQTT de IoT de Amazon, se puede combinar comandos de voz y recepción de la información a través del dispositivo IoT de *Amazon* llamado Alexa. Al facilitarle comandos de voz se puede saber el estado en el cual se encuentra el refrigerador. Por ejemplo, si se le ordena a Alexa, mediante un comando de voz, conocer la temperatura del refrigerador, indicará mediante su altavoz la temperatura actual que el microcontrolador ha detectado y comunicado.

7. MARCO TEÓRICO

A continuación, se describen los dispositivos electrónicos que servirán para el desarrollo de la solución propuesta y que ayudan al lector a comprender la interacción que tienen en IoT.

7.1. Microcontrolador

Es un conjunto de circuitos electrónicos, que se encuentran integrados mediante una placa electrónica y coordinados por un microprocesador, para la ejecución de órdenes almacenadas en su memoria interna, o en combinación con otros sistemas que le envían señales. Se encuentra compuesto de varios bloques funcionales que cumplen una tarea específica.

- En su interior incluye tres unidades funcionales de una computadora:
- Unidad central de procesamiento (CPU)
- Memoria (ROM y RAM)
- Periféricos de entrada y salida.

Gracias a que cuenta con los bloques funcionales, como una computadora se puede utilizar como un pequeño dispositivo de cómputo, algunos de ellos pueden usar palabras de cuatro bits y funciona a velocidad de reloj, con frecuencias tan bajas como 4 kHz, con un consumo de baja potencia. Un microcontrolador puede ser usado para muchas aplicaciones, siendo algunas de

ellas: manejo de sensores, controladores, juegos, calculadoras, cerrojos electrónicos, control de motores, robots, entre otros usos. (Xerlin.xbot.es, 2022)

Figura 3. **Ejemplo de un microcontrolador**



Fuente: Tecnología informática, *Sistemas embebidos y microcontroladores*. Recuperado de: <https://www.tecnologia-informatica.com/funciones-de-la-computadora>

7.2. Wifi

Es una tecnología inventada en el año 2000, para interconexiones entre dispositivos electrónicos, tales como computadoras personales, teléfonos inteligentes, consolas de videojuegos, televisores, entre otros.

La marca Wi-Fi fue inventada por la alianza Wi-Fi que fue conocida como WECA (*Wireless Ethernet Compabitility Alliance*) hasta el año 2003.

Figura 4. **Logo de Wifi**



Fuente: Lifewire, *The IEEE 802.11 Networking Standards Explained* Recuperado de:
<https://www.lifewire.com/802-11-wireless-network-818282>

7.3. **Electrodoméstico**

Es un dispositivo eléctrico que realiza funciones automatizadas, con el objetivo de cumplir con tareas domésticas en un hogar. Entre los diferentes electrodomésticos se pueden listar: Televisores, lavadoras, refrigeradores, etc.

Figura 5. **Electrodomésticos del hogar**



Fuente: Home Electrical, *Electric Appliance Repair*. Recuperado de: <https://ru-electrical.com/home-electrical/repair-service>

7.4. Pantalla *touch screen* (Pantalla táctil)

Una pantalla táctil es aquella que, por medio de un toque directo a su superficie, permite la manipulación de información, ingreso de datos y el dar instrucciones a un dispositivo, pudiendo mostrar los resultados de las interacciones en la pantalla; siendo un dispositivo que funciona como un periférico tanto de entrada y salida de datos, en la actualidad se puede interactuar con ellas por medio de un lápiz óptico, los dedos de la mano u otras herramientas similares.

Existen tres tipos de pantallas *touch* de uso habitual: las resistivas son más accesibles y no les afecta el polvo ni el agua salada; son más precisas y se pueden usar con un puntero o el dedo; pero tienen hasta un 15 % menos de brillo y son más gruesas.

Capacitivas: estas están basadas en sensores capacitivos, tienen una capa de aislamiento eléctrico como el cristal, recubierto por un conductor transparente el ITO, ya que el cuerpo humano es un conductor eléctrico al contacto con la pantalla genera una distorsión del campo electrostático y se mide el cambio de la capacidad eléctrica. Se pueden utilizar diferentes tecnologías, para determinar la posición donde se realizó el toque y se envía al controlador para su procesamiento.

Este tipo de pantallas tienen una mayor calidad y la respuesta, es mejor, además permiten el uso de varios dedos a la vez (multi toque) pero su costo es mayor y se necesita de un puntero especial para las pantallas (Ecured, 2022).

Onda acústica de superficie: utiliza ondas ultrasónicas, que pasa sobre el panel de la pantalla táctil. Cuando se toca el panel, se absorbe una parte de la

onda y este cambio registra la posición del evento, y envía la información al controlador para su procesamiento.

Es el panel de pantalla táctil más avanzado de los tres tipos, pero puede dañarse con elementos externos. (definicion, 2020) (definicionabc, 2022)

Figura 6. **Pantalla táctil**



Fuente: *Touchscreen me*. Recuperado de: <https://www.touchscreen-me.com/touchscreen-components.php>

7.5. **Raspberry Pi**

Es un microcontrolador, que cuenta con un procesador central para la ejecución de órdenes y cuenta con un diseño, que permite extender sus propias capacidades, mediante instrumentos electrónicos adicionales como, por ejemplo: Sensores, actuadores, comunicación por USB. Este tipo de microcontrolador ha sido desarrollado a bajo costo en el Reino Unido, por la *Raspberry Pi Foundation* y tiene como objetivo poner a disposición pequeñas computadoras, a más personas alrededor del mundo.

El modelo original buscaba la promoción de la enseñanza de informática en las escuelas, pero su uso terminó siendo tan popular en otras áreas como la robótica. (Cellan, 2022).

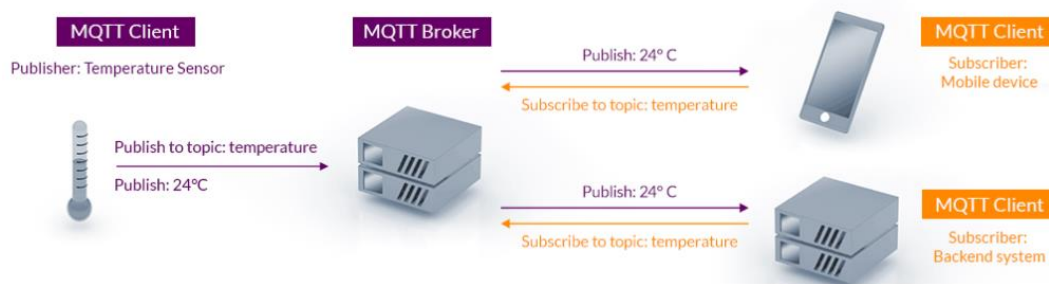
7.6. MQTT

Es un protocolo de comunicación basado en mensajería. Significa Transporte de Telemetría mediante Cola de Mensajes (*Message Queuing Telemetry Transport*). Este protocolo tiene un diseño ligero, es decir que está pensado para ser ejecutado en computadoras con pocos recursos como, por ejemplo: los microcontroladores. Por esta razón, ha sido adoptado de buena manera en proyectos de IoT y muchas empresas tecnológicas lo utilizan, como estándar entre sus productos electrónicos.

Este protocolo funciona sobre la capa TCP/IP y se extiende utilizando un diseño de topología de red, basado en suscripciones y empuje de peticiones por parte de los dispositivos que se encuentren en comunicación. Existen dos tipos de actores: Los clientes y los brókeres. El bróker participa en la comunicación, como servidor de mensajes encolados y los clientes son quienes envían información de telemetría, o bien pueden recibir dicha información de otros clientes.

El protocolo MQTT se basa en la suscripción por eventos, lo que permite una transmisión bajo demanda de información, es decir no se establece una sesión para mantener comunicación continua. Esto permite también que la cantidad de información que se transmite durante un período de tiempo sea menor, ya que los clientes envían información al bróker únicamente cuando necesitan hacerlo y el bróker únicamente envía información a otros clientes conectados, bajo este mismo principio.

Figura 7. Ejemplo de MQTT

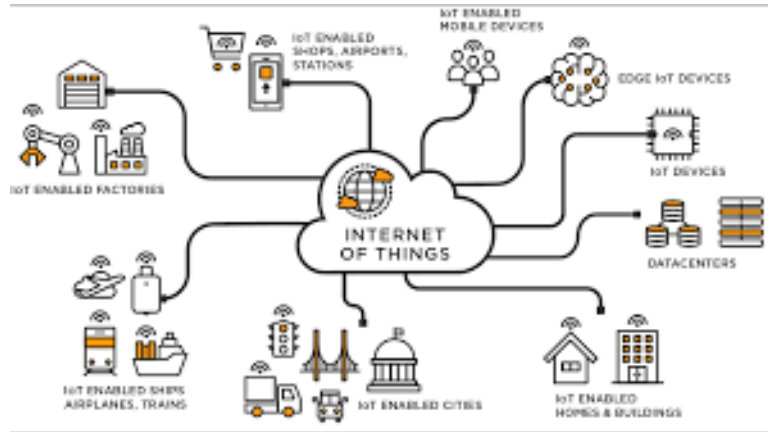


Fuente: MQTT. *Publish and Subscribe Architecture*. Recuperado de: <https://mqtt.org/>

7.7. IOT

Es un término que se utiliza para hacer referencia a las cosas que se pueden conectar a una red local o al internet y que puedan intercambiar información con otras cosas. Estas cosas se encuentran representadas por objetos que se utilizan de forma cotidiana como, por ejemplo: Relojes, televisores, cafeteras, hornos microondas, etc. El objetivo principal del IoT, es el intercambio de información entre objetos y observadores, los cuales llevan un registro del estado de estos objetos para que el funcionamiento sea más eficiente.

Figura 8. Ejemplos de uso de IoT



Fuente: Towardsai, *Pros and cons of internet of thing*. Recuperado de:
<https://www.towardsai.blog/pros-and-cons-of-internet-of-things-iot/>

7.8. Servidor

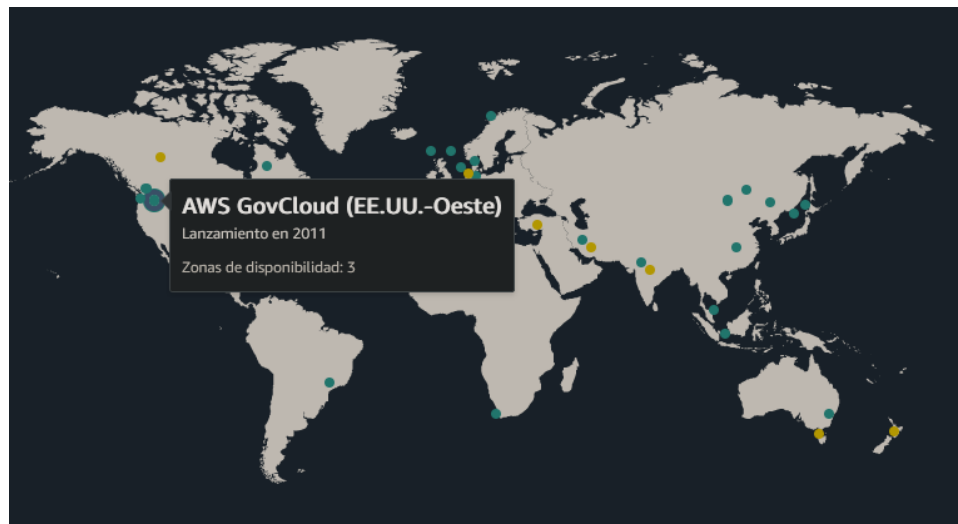
Es un sistema que tiene como objetivo proveer información bajo demanda, la cual puede estar conformada por todo tipo de datos, los cuales son solicitados por otros sistemas de información llamados clientes. Los servidores siempre responden ante solicitudes de estos clientes, y se encuentran organizados en diferentes categorías, como por ejemplo un servidor de correos: Tiene como objetivo el intercambio de mensajería a través de internet.

7.9. AWS

“Amazon Web Services (AWS) es una de las plataformas en la nube más adoptada y completa en el mundo, que ofrece más de 200 servicios integrales de centros de datos a nivel global” (Amazon, 2022).

Se encuentra conformado por centros de datos alrededor del mundo. Los cuales se encargan de brindar servicio de alojamiento, procesamiento de datos, configuración entre otros servicios. Cuenta con centros de datos de respaldo, para las diferentes áreas geográficas alrededor del mundo y construidas en sitios estratégicos. “Entre sus clientes se encuentran bancos internacionales y otras organizaciones que deben cumplir con requisitos de seguridad del ejército” (Amazon, 2022).

Figura 9. Zonas de AWS al rededor del mundo



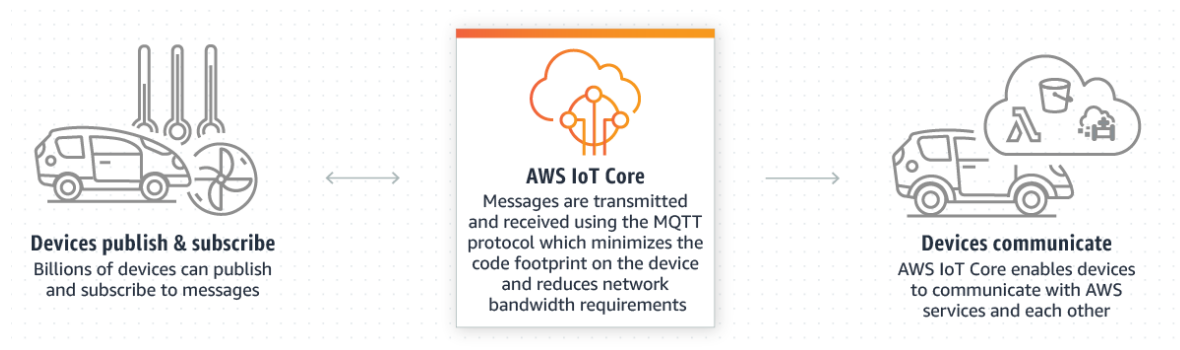
Fuente: Amazon, *Zonas de AWS alrededor del mundo*. Recuperado de:
<https://aws.amazon.com/es/about-aws/global-infrastructure/regional-product-services/>

7.10. AWS IoT núcleo

Es un servicio de la empresa Amazon que permite la interconexión entre millones de dispositivos IoT y dirige “billones de mensajes a los servicios de AWS” (Amazon Web Services, 2022).

Este servicio permite la selección del protocolo de comunicación, que se va a utilizar para la interconexión: MQTT, HTTPS, MQTT a través de Lora WAN (Amazon Web Services, 2022)

Figura 10. **Agente de mensajes de AWS IoT Core**

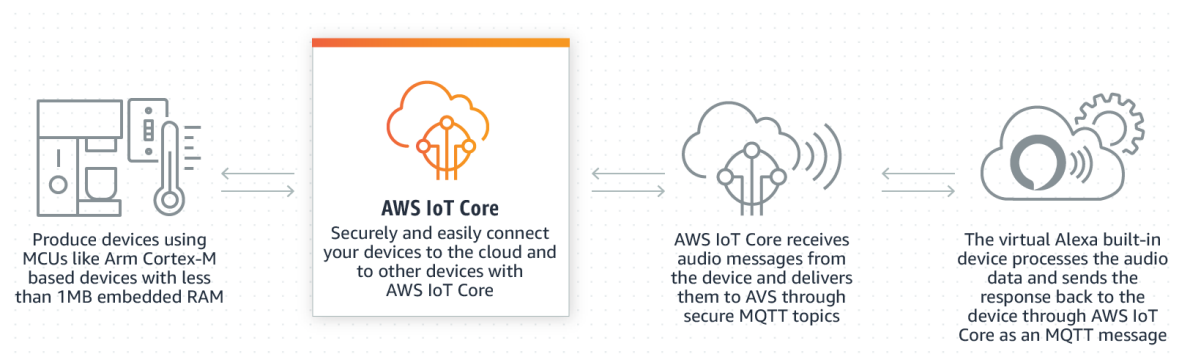


Fuente: Amazon Web Services, *AWS IoT Core*.

Recuperado de: <https://aws.amazon.com/es/iot-core/>

Mediante los servicios de AWS IoT Core se establece un portafolio de servicios relacionados al IoT y administrar las conexiones entre los diferentes dispositivos.

Figura 11. **Integración del servicio de voz Alexa para AWS IoT Core**



Fuente: Amazon Web Services, *Alexa integrado*. Recuperado de:

<https://aws.amazon.com/es/iot-core/>

7.11. Involucrados en el proyecto

El principal beneficiado en un proyecto de relacionado a IoT, es el usuario que utiliza los objetos que se interconectan al Internet y transmiten información para facilitar su propio uso. Esta información puede ser manipulada a conveniencia y sirve como entrada para otros procesos de interconexión, con otros objetos en el Internet de las cosas.

Existen otros grupos de interés: El principal son las industrias que se dedican a fabricar dispositivos electrónicos, debido a que los seres humanos compran una gran cantidad de aparatos electrónicos para el hogar y el trabajo. De forma directa los grandes fabricantes de chips electrónicos y microcontroladores se ven favorecidos con el aumento del uso del IoT, debido a que son cada día más los fabricantes de aparatos electrónicos convencionales, que implementan nuevas mejoras y ante la necesidad que se tiene por conectar estos aparatos a nuestra casa, carro o en el trabajo; tienen un mercado amplio para vender sus productos.

También existen empresas que se dedican a procesar y almacenar esta información que se transmite por internet. Debido a que es una gran cantidad de información que debe ser procesada, empresas como Amazon, Microsoft y Google; se dedican a brindar servicios específicos para el procesamiento y almacenamiento de la información.

Estas grandes empresas, además de contar con centros de datos por todo el mundo para manejar la información de sus usuarios, cuentan con productos electrónicos, que se integran a sus servicios de IoT y así poder recolectar información de vital importancia como: Búsquedas que realizan los usuarios, productos que compran, páginas visitadas y el horario de ocio que tienen.

Usan esta información para vendernos aún más objetos y crear un negocio perfecto: Vendernos productos que saben que deseamos tener. Por esta razón el tema de la privacidad es muy importante en el Internet de las cosas. El mayor riesgo que se corre al contar con dispositivos conectados, al internet es que sufran un ataque y la información se vea comprometida. El reto es grande cuando se habla de la privacidad y la seguridad en IoT.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

OBJETIVOS

JUSTIFICACIÓN

INTRODUCCIÓN

1. INTERNET DE LAS COSAS

- 1.1. Fundamentos del IoT
- 1.2. Características del IoT
- 1.3. Actuador
- 1.4. Sensor
- 1.5. Transductor
- 1.6. Microcontroladores
- 1.7. Sistemas embebidos
- 1.8. Sistemas inteligentes
- 1.9. Microprocesador

2. PROTOCOLOS Y ESTÁNDARES DE COMUNICACIÓN

- 2.1. Modelo OSI
 - 2.1.1. Capa de aplicación
 - 2.1.2. MQTT
 - 2.1.3. HTTP
 - 2.1.4. Wifi

- 2.1.5. Zigbee
 - 2.1.6. Móvil
 - 2.1.7. Bluetooth
 - 2.1.8. LoRa
 - 2.1.9. LoRaWan
- 2.2. AWS IoT
 - 2.2.1. Capa de transporte
 - 2.2.1.1. TCP
 - 2.2.1.2. UDP
- 2.3. Capa de red
 - 2.3.1. IP
 - 2.3.2. 6LoWPAN
- 2.4. Capa de enlace
 - 2.4.1. IEEE 802.15.4
 - 2.4.2. LPWAN
- 2.5. Capa física
 - 2.5.1. BLE
 - 2.5.2. Ethernet
 - 2.5.3. LTE
 - 2.5.4. NFC
 - 2.5.5. PLC
 - 2.5.6. RFID
 - 2.5.7. WIFI 802.11
 - 2.5.8. Z-WAVE
- 2.6. AWS IoT Core
 - 2.6.1. Alexa
 - 2.6.2. SDK AWS IoT
 - 2.6.3. Gateway
 - 2.6.4. Agente de mensajes

- 2.6.5. Seguridad
- 2.6.6. Motor de reglas
- 2.6.7. Alexa Voice Service
- 2.6.8. AWS IoT Analítico

3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

- 3.1. Factibilidad económica para la integración de un sistema embebido en un refrigerador convencional
 - 3.1.1. Análisis del costo y beneficio
 - 3.1.2. Relación de la experiencia de usuario - costo
- 3.2. Presentación de resultados
- 3.3. Discusión de resultados

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICE

ANEXOS

9. METODOLOGIA

En este capítulo se describen los aspectos de la metodología utilizado y el proceso de investigación realizado durante esta investigación. Se describen las ideas principales que el investigador ha tomado, para garantizar los resultados que sean válidos y confiables, de acorde a los objetivos planteados al principio de la investigación.

9.1. Diseño de la investigación

Para esta investigación se utiliza una metodología de investigación mixta con un enfoque de diseño experimental para comprender y explicar el comportamiento de un refrigerador convencional y sus funciones básicas, mediante comandos de voz. Se estarán recolectando datos a partir de mensajes enviados a través de Amazon Alexa y procesados en su plataforma de IoT, para luego ser recibidos por el microcontrolador dentro del refrigerador. Esta información que se va a recolectar se utilizará para establecer una relación entre un refrigerador convencional y uno inteligente. Al hacer este cruce de información, se podrá resaltar la importancia del uso de la tecnología para satisfacer necesidades del ser humano.

9.2. Enfoque de la investigación

El enfoque de la investigación es mixto, debido que se deben recolectar datos por medio de sensores en un refrigerador convencional mejorado e integrado al Internet de las Cosas. Existirán datos para ser cuantificados y procesados mediante AWS, como consecuencia se podrá monitorear la

recepción de la información y comunicación en el refrigerador inteligente. Con esta información se busca comprender y describir estos fenómenos, para que el lector pueda comprender los beneficios de integrar cierta inteligencia a un dispositivo convencional.

9.3. Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se establecerá un monitor de mensajes en los procesos de AWS y en el refrigerador inteligente, para tener el detalle de la información de los sensores, así como la información que transmite el dispositivo inteligente.

Mediante el uso de monitores de red, se puede medir la conectividad entre AWS y el dispositivo inteligente; también mediante la medición constante de los sensores dentro del refrigerador. AWS IoT posee una plataforma para conectarse y llevar el control del histórico de los mensajes transmitidos y de los cuáles han sido entregados con éxito y los mensajes de error.

9.4. Técnicas de análisis de datos

Se llevará un control de los datos transmitidos en tiempo real, y se podrán almacenar en una base de datos para su posterior estudio. Es posible utilizar herramientas de medición y de estado de salud de los servicios como, por ejemplo: *Graphana* y *Prometeus*. Sin embargo, la idea es integrar esta aplicación a las herramientas de AWS, por lo que se puede utilizar la herramienta: *AWS IoT Analytics*.

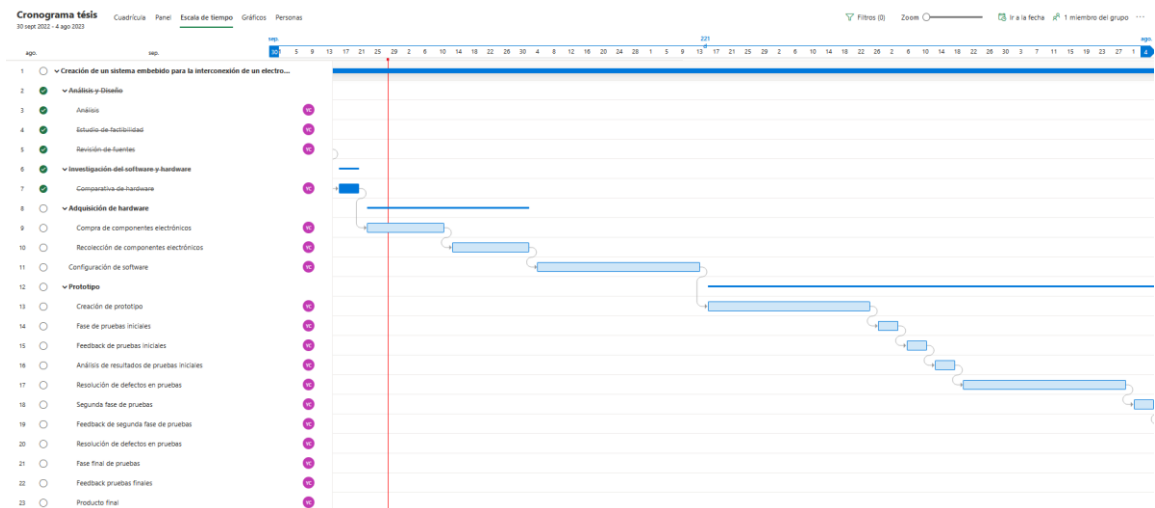
AWS IoT Analytics es un servicio administrado por Amazon, que ayuda en la ejecución e instrumentación, con el objetivo de poder analizar los datos en

grandes cantidades de volúmenes. Principalmente cuando se tiene mucha información y se encuentra desorganizada. Es importante mencionar que esta herramienta se encuentra en un alto nivel de madurez, por lo que es capaz de realizar análisis de datos de sensores, temperatura y video, aun cuando dicha información cuenta con cierto retraso o cuando no ha podido ser procesada de forma correcta y se encuentren errores.

10. CRONOGRAMA

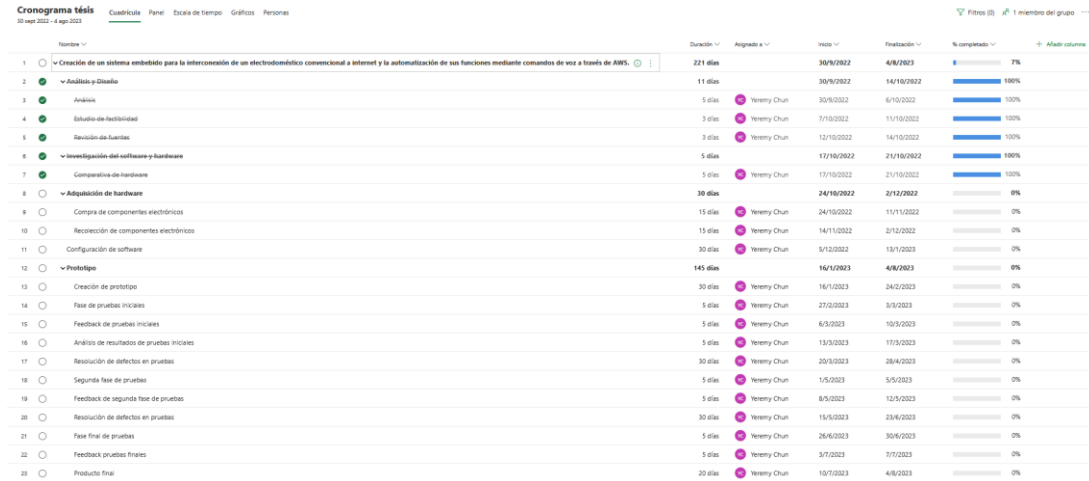
A continuación, se presenta la organización cronológica del proceso de la elaboración de la propuesta final que da solución al problema de investigación, estará organizado por días, abarcando 221 días, desde el inicio hasta la presentación del producto final.

Figura 12. Diagrama de Gantt



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Project 365.

Figura 13. Diagrama de Gantt



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Project 365.

11. FACTIBILIDAD DE ESTUDIO

Creación de un sistema embebido para la interconexión de un refrigerador convencional a internet y la automatización de sus funciones mediante comandos de voz a través de AWS.

El Hardware deberá responder a las necesidades del software, para poder automatizar el dispositivo y dicha automatización contará con los procesos de investigación, análisis, diseño, desarrollo de prototipo del proyecto, iteraciones de pruebas del prototipo y resolución de errores de las pruebas realizadas.

Del mismo modo, se debe evaluar el software a utilizar para la conexión del refrigerador hacia el internet, tomando en cuenta los siguientes criterios:

Tabla I. **Criterios de Evaluación**

Criterios de Evaluación	
Características técnicas	Necesidades de hardware y software que requiere el refrigerador.
	Costos de Mantenimiento.
	Características de seguridad.
	Características de monitoreo por medio de sensores.
	Interfaz de conectividad.

Continuación Tabla I.

		Sincrónicas: Catalogo de alimentos en lista de compras, temperatura actual, humedad actual, estado del refrigerador.
Características de seguridad		Seguridad a través de firewall local.
		Segmentación de la red para manejo de red aislada.
		Usuario se autentica con doble factor.

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Costos Estudio**

Físico	1	Raspberry Pi	https://amzn.to/3fz2y8T	49.99	Q386.75
Físico	1	Router VPN Firewall	https://amzn.to/3fyaYxg	59.99	Q464.12
Físico	1	Kit sensores temperatura	https://amzn.to/3E4gjqI	9.99	Q77.29
Físico	1	Pantalla LCD touch	https://amzn.to/3RqtyES	56.99	Q440.91
Físico	1	Supresor de corriente	https://amzn.to/3fujNbk	47.99	Q371.28
Físico	1	Computadora Dell (propio)		1500	Q11,604.81
Software	1	Sistema Operativo (gratis)		0	Q0.00
Software	1	SDK de AWS para MQTT ~ 3 meses		50	Q386.83
Físico	1	Refrigerador convencional (propio)		200	Q1,547.31
Físico	1	AWS Amazon Echo Dot	https://amzn.to/3fxQEMz	49.99	Q386.75
Físico	1	conexión a Internet (Tigo One)		115	Q889.70
Total				2139.94	Q16,555.73
Tipo de Cambio al 29/09/2022 Q. 7.73654					

Fuente: elaboración propia.

12. REFERENCIAS

1. Amazon Web Services. (2022). *AWS IoT Core, Conecte dispositivos a la nube de manera fácil y segura*. Recuperado de: <https://aws.amazon.com/es/iot-core>
2. Amazon Web Services. (2022). *¿Qué es AWS?* Recuperado de: <https://aws.amazon.com/es/what-is-aws>
3. Campos, R. (2019) *Sistema de IoT para control de luminarias*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México.
4. Cellan, R. (Mayo, 2011). *A 15 pound computer to inspire young programmers* .BBC. Recuperado de: https://www.bbc.co.uk/blogs/thereporters/rorycellanjones/2011/05/a_15_computer_to_inspire_young.html
5. Cetyx (2019) *La privacidad digital en Internet de las Cosas (IoT)*. Recuperado de: <https://www.cetys.mx/trends/tecnologia/la-privacidad-digital-en-internet-de-las-cosas-iot/>
6. Delgado, A. (Noviembre, 2020) *¿Qué es Raspberry Pi y para qué sirve?* Geeknetic. Recuperado de: <https://www.geeknetic.es/Raspberry-Pi/que-es-y-para-que-sirve>

7. Estrada, L. (2015). *Diseño de un sistema de análisis, control y seguridad de usuarios aplicando internet of things*. (Tesis de licenciatura). Guatemala: USAC.
8. Gamarro, U. (Abril, 2022). *La telefonía celular ha crecido en Guatemala a un ritmo promedio de 1 millón de líneas por año desde el 2000, y la tendencia se mantiene*. Prensa Libre. Recuperado de: <https://www.prensalibre.com/economia/la-telefonía-celular-ha-crecido-en-guatemala-a-un-ritmo-promedio-de-1-millon-de-lineas-por-ano-desde-el-2000-y-la-tendencia-se-mantiene>
9. García, C. (2022). *El lado oscuro de las GAFAM: monopolización de los datos y pérdida de privacidad*. Recuperado de: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-92732022000200009&script=sci_arttext
10. Hernández, S. (2014). *¿Qué es un microcontrolador?* Recuperado de: <http://sherlin.xbot.es/microcontroladores/introduccion-a-los-microcontroladores/que-es-un-microcontrolador>
11. Kahlert, M., Constantinides, E., Vries, S. (2017). *The relevance of technological autonomy in the customer acceptance of IoT services in retail*. Recuperado: https://www.researchgate.net/publication/323376032_The_relevance_of_technological_autonomy_in_the_customer_acceptance_of_IoT_services_in_retail

12. Llamas, L. (2022) *¿Qué es MQTT? Su importancia como protocolo IoT*. Recuperado: <https://www.luisllamas.es/que-es-mqtt-su-importancia-como-protocolo-iot/>
13. Muralles, E. (2020) *Diseño de protocolo de internet de las cosas basado en HTTP para control de actuadores y sensores en domótica*. (Tesis de licenciatura). Guatemala: USAC.
14. Pantalla táctil. (2022). *Ecured*, Recuperado de: https://www.ecured.cu/Pantalla_t%C3%A1ctil/
15. Pérez Porto, J., Merino, M. (23 de enero de 2013). *Definición de pantalla táctil - Qué es, Significado y Concepto*. Definicion.de. Recuperado de: <https://definicion.de/pantalla-tactil/>
16. Raspberry Pi. (2022) *Wikipedia*. Recuperado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi
17. Red Gráfica Latinoamérica (2010). *Wi-Fi un estándar mundial*. Recuperado de: <https://redgrafica.com/Wi-Fi-un-estandar-mundial>
18. Redhat (2019) *¿Qué es el Internet de las cosas (IoT)?* Recuperado: <https://www.redhat.com/es/topics/internet-of-things/what-is-iot>
19. Rose, K., Eldridge, S. y Chapin, L. (2015). *Internet Society*, Geneva, Suiza. Recuperado de: <https://www.internetsociety.org/es/resources/doc/2015/iot-overview>

20. SAP (2021) *¿Qué es IoT y cómo funciona?* Recuperado: <https://www.sap.com/latinamerica/insights/what-is-iot-internet-of-things.html>
21. Solis, D. (2016). *La privacidad de la información generada por dispositivos de domótica en el internet de las cosas*. (Tesis de licenciatura). Guatemala: USAC.
22. Souza, I. (2019) *¿Qué es un servidor web y para qué sirve en Internet?* Recuperado: <https://rockcontent.com/es/blog/que-es-un-servidor/>
23. Srivastava, L., Biggs, F., Kelly, T., (2005). *International Telecommunication Union (ITU)*, Geneva, Suiza. Recuperado: <https://www.itu.int/net/wsis/tunis/newsroom/stats/The-Internet-of-Things-2005.pdf>
24. Urias, M. (2019) *Prototipo de aplicación IoT para monitoreo de velocidad de transporte extraurbano en Guatemala*. (Tesis de licenciatura). Guatemala: USAC.