INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TANTOYUCA

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

“PROTOTIPO PARA EL CONTROL RFID DE UN ALMACÉN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS, EN LA EMPRESA RJCB S.A DE C.V., MEDIANTE TECNOLOGÍA RFID E INTERNET DE LAS COSAS Y ANÁLISIS AMEF”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

PRESENTA

YURIDIA EUSEBIA SANTOS CRUZ

DIRECTOR DE TESIS

DRA. LIDILIA CRUZ RIVERO

TANTOYUCA, VERACRUZ. AGOSTO DEL 2021

SEP SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA | TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO | VERACRUZ GOBIERNO DEL ESTADO | SEV Secretaría de Educación | DET Dirección de Educación Tecnológica del Estado de Veracruz

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TANTOYUCA

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

FORMATO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN
DE TESIS DE POSGRADO

Tantoyuca, Ver., a 02 de julio de 2021.

C. Yuridia Eusebia Santos Cruz
P R E S E N T E:

De acuerdo al dictamen emitido por el jurado asignado para la revisión de su Trabajo Profesional, integrado por los siguientes catedráticos:

PRESIDENTE: **Dra. Lidilia Cruz Rivero**
SECRETARIO: **Dra. María Leonor Méndez Hernández**
VOCAL: **Dr. Daniel Ángeles Herrera**
SUPLENTE: **M.C.C. Rogelio García Rodríguez**

Y considerando que cumple con todos los requisitos del reglamento de titulación en vigor del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, doy a usted la autorización para que proceda a imprimir su Trabajo de Posgrado para titulación por la:

Opción de "TESIS" cuyo nombre del trabajo es: **"PROTOTIPO PARA EL CONTROL RFID DE UN ALMACÉN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS, EN LA EMPRESA RJCB S.A. DE C.V., MEDIANTE TECNOLOGÍA RFID E INTERNET DE LAS COSAS Y ANÁLISIS AMEF".**

Lo anterior lo hago de su conocimiento para los fines correspondientes a su Examen de Grado de **Maestro en Ingeniería Industrial**, por lo cual deberá entregar al encargado de Titulación de Posgrado un ejemplar de su documento final de tesis empastado en color vino con letras doradas y cuatro CD's (debidamente rotulados) en archivo PDF, así como donar un libro (nuevo) de su LGAC al Centro de Información (Biblioteca).

Esperando que el logro del mismo sea congruente con sus deseos profesionales.

A T E N T A M E N T E

Director Académico

C.c.p. Servicios Escolares.
Titulación de Posgrado

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TANTOYUCA

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Tantoyuca, Veracruz a 30 de junio de 2021

Yo, **Yuridia Eusebia Santos Cruz**, alumno (a) de la carrera de **Maestría en Ingeniería Industrial**, con numero de control **M183S0029**, por medio del presente declaro mi conformidad para ceder los derechos del proyecto: **"PROTOTIPO PARA EL CONTROL RFID DE UN ALMACÉN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS, EN LA EMPRESA RJCB S.A. DE C.V., MEDIANTE TECNOLOGÍA RFID E INTERNET DE LAS COSAS Y ANÁLISIS AMEF"**, desarrollado en: **LA EMPRESA RJCB S.A. DE C.V.,** durante el periodo comprendido del **27 de Septiembre del año 2019** al **20 de Marzo del año 2020** del cual declaro:

- Que es inédito
- Que es de mi autoría y me hago responsable por su contenido
- Que autorizo al Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca para que, en el caso de que sea requerido pueda hacer uso libre de la totalidad del contenido del proyecto, para que sea desarrollado o divulgado en cualquier medio impreso o electrónico.
- El presente instrumento no contempla remuneración alguna por la transferencia de los derechos sobre dicho proyecto.

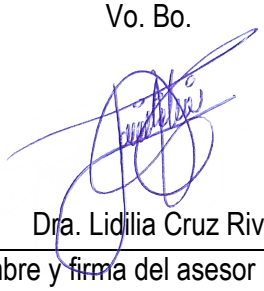
Lo anterior con el fin de que quede expresamente asentado mi consentimiento total a favor del instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca en todo lo relativo al proyecto en mención.

Para constancia firma:

Yuridia Eusebia Santos Cruz

Nombre y firma del(a) alumno(a)

Vo. Bo.



Dra. Lidilia Cruz Rivero

Nombre y firma del asesor interno.

Dedicatoria

A Dios, a mi hija y familia, que son la razón que me impulsa de ser mejor profesionista y ser humano.

Con amor: Mamá.

Agradecimientos

A Dios, por estar siempre guiándome por el camino correcto, por dejarme vivir esta nueva experiencia que me hace crecer como profesionista.

A mi asesora de tesis, que con su entusiasmo y apoyo, me motivó a seguir con mi proyecto de tesis.

A mi asesor externo de tesis, que siempre estuvo dispuesto a apoyarme.

A mis padres, que siempre están presentes en todo lo que emprendo.

A mi esposo e hija, por ser el motor que me impulsa a seguir superándome como persona y profesionista.

Y a todos aquellos que me apoyaron y estuvieron conmigo en este arduo camino, les doy las gracias de todo corazón.

Resumen

En los últimos años gracias a la evolución de la tecnología y la transformación digital de la industria 4.0, el auge de sensores y actuadores integrados mediante internet de las cosas es cada vez más esperado por el cliente. Esto ha dado la oportunidad de beneficiarse de la información generada en tiempo real para analizarla, comprenderla y tomar decisiones desde cualquier parte del mundo.

En la presente tesis se realiza un prototipo de un sistema de control que verifica la cantidad de equipo y herramienta disponibles en un almacén, implementando la tecnología RFID e internet de las cosas para el diseño del prototipo, así como también se ocupa la metodología AMEF para identificar y analizar los modos de fallos en el dispositivo.

En el primer capítulo se presenta una extensa búsqueda del estado del arte de los métodos y herramientas a utilizar, así como también de las tecnologías RFID, (identificación por radiofrecuencia), que junto con la tecnología IoT abren la puerta a nuevas formas de identificación, control y trazabilidad de productos. En el segundo capítulo se refiere al marco teórico y a la importancia que tiene el estudio, se enuncian los objetivos que se persiguen, el cuál es aplicar estas tecnologías de vanguardia como lo son el RFID y el IoT. En el tercer capítulo se presentan la metodología y herramienta a utilizar para la construcción del prototipo y en el cuarto capítulo se expone el estado actual de la empresa, se enuncian las estrategias utilizadas para el desarrollo del prototipo, se hacen un análisis de modos de fallo mediante la metodología AMEF y en el último capítulo se presentan las conclusiones a las que se llegaron con el estudio y también se enuncian las recomendaciones.

Abstract

In recent years, thanks to the evolution of technology and the digital transformation of Industry 4.0, the rise of sensors and actuators integrated through the Internet of Things is increasingly expected by the customer. This has given the opportunity to benefit from the information generated in real time to analyze, understand and make decisions from anywhere in the world.

In this thesis, a prototype of a control system is made that verifies the amount of equipment and tools available in a warehouse, implementing RFID technology and the internet of things for the design of the prototype, as well as the FMEA methodology for identify and analyze failure modes in the device.

The first chapter presents an extensive search for the state of the art of the methods and tools to be used, as well as RFID technologies (radio frequency identification), which together with IoT technology open the door to new forms of identification, control and traceability of products. The second chapter refers to the theoretical framework and the importance of the study, the objectives to be pursued are stated, which is to apply these cutting-edge technologies such as RFID and IoT. In the third chapter, the methodology and tool to be used for the construction of the prototype are presented and in the fourth chapter the current state of the company is exposed, the strategies used for the development of the prototype are enunciated, and an analysis of failure modes is made. Using the FMEA methodology and in the last chapter, the conclusions reached with the study are presented and the recommendations are also stated.

Índice General

Resumen II
Abstract III
CAPÍTULO I. GENERALIDADES 1
1.1 Introducción 1
1.2 Estado del arte 3
1.2.1 IoT Actualmente 3
1.2.2 Uso de IoT 4
1.2.3 Implementación de la tecnología RFID 5
1.2.4 Implementación de la tecnología RFID e internet de las cosas para control de inventarios 7
1.2.5 Proyectos con implementación AMEF 9
1.3 Antecedentes 10
1.3.1 Las pymes Metalmecánicas 10
1.4 Planteamiento del problema 11
1.5 Justificación 12
1.6 Objetivos 13
1.6.1 Objetivo General 13
1.6.2 Objetivos Específicos 13
1.7 Hipótesis de trabajo 14
1.8 Alcances y limitaciones 14
1.8.1 Alcances 14
1.8.2 Limitaciones 14
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO 16
2.1 El almacén 16
2.2 Inventario 16
2.2.1 Propósito de los inventarios 17
2.3 Administración e inventarios ABC 19
2.3.1 Almacenamiento 21
2.4 Medios de almacenamiento 23
2.4.1 Principios de Almacenamiento 23
2.4.2 La seguridad en el almacenamiento 23

2.4.3 Costos de almacenamiento 24
2.4.4 Métodos de almacenamiento.....26
2.5 Análisis FODA.....27
2.6 RFID.....28
2.6.1 Definición 28
2.6.2 Etiquetas 30
2.6.3 Lector 33
2.6.4 Antena.....33
2.6.5 Estándares de RFID 36
2.6.6 Unidad de control 37
2.6.7 Middleware.....38
2.6.8 Identificación por radiofrecuencia RFID 41
2.7 Protocolo Mqtt 41
2.7.1 Mosquitto.....43
2.8 Arduino.....43
2.9 Node-RED.....44
2.10 NodeMCU 45
2.11 Visual Studio 2019 47
2.11.1 Visual Basic.....47
2.12 Internet de las cosas 48
2.13 Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMEF) 48
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....55
3.1 Diseño de la Investigación.....55
3.1.1 Tipo de Investigación.....55
3.1.2 Enfoque de investigación.....55
3.2 Objeto de Estudio.....55
3.2.1 Descripción del prototipo 55
2.1.1 Lugar de estudio 56
3.3 Materiales y Métodos 57
3.3.1 Procedimiento 57
3.3.2 Análisis actual del almacén 57
3.3.3 Diseño del prototipo de control 58
3.3.4 Software de aplicación de código abierto utilizados para el sistema de control 58

3.3.5 Hardware de aplicación de código abierto utilizados para el sistema de control 59
3.3.6 Análisis AMEF para la detección de fallas en el sistema 60
CAPÍTULO IV. MARCO OPERATIVO 61
4.1 Análisis de la situación actual del almacén 61
4.1.1 Análisis FODA de la empresa 62
4.1.2 Inventario de piezas y herramientas más utilizadas en la empresa 63
4.2 Análisis de los componentes para el funcionamiento del prototipo 65
4.2.1 Descripción del prototipo 65
4.2.2 Software utilizado para la programación 65
4.2.3 Componentes del hardware 72
4.3 Análisis de posibles fallos mediante el diagrama de causa efecto 76
4.4 Análisis AMEF 77
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 80
5.1 Conclusiones 80
5.2 Recomendaciones 82
BIBLIOGRAFÍA 83

Índice de figuras

Figura 1. Configuración general de los procesos en un centro de distribución. Fuente: García (2016). 22
Figura 2. Costos de operación en Centros de Distribución. Fuente: Mora (2011). 25
Figura 3: Sistema básico RFID. Fuente: Creación propia 30
Figura 4. Etiqueta Activa. Fuente: Ramírez (2018) 31
Figura 5. Etiqueta Pasiva. Fuente: Ramírez (2018) 31
Figura 6. Lector/Escritor. Fuente: Ramírez (2018) 33
Figura 7 Tipos de antenas. Fuente:Dipole Analyst S.L. 35
Figura 8. Formato EPC. Fuente: Roberts (2006) 36
Figura 9. Unidad de control, Fuente: Million Tech Development Limited 38
Figura 10.: Capa de middleware en contexto. Fuente: Bakken, D. E. 40
Figura 11 Arquitectura MQTT. Fuente: Soni, D., & Makwana, A. (abril, 2017). 42
Figura 12. Software Arduino. Fuente: Arduino (2021) 44
Figura 13. Módulo NodeMCU. Fuente: Software Fritzing 45
Figura 14. Diagrama a bloques del NodeMCU. Fuente: Adnan, A. R. (2019). 46
Figura 15. Entorno Visual Studio. Fuente: Microsoft, 2021 47
Figura 16. Almacén de la empresa RCJB 56
Figura 17.Fotografías del estado actual del almacén 61
Figura 18. Código de programación en Arduino. Fuente: Arduino 66
Figura 19 Inicialización de Node-RED 67
Figura 20 Pantalla principal de Node-RED. Fuente: Node-Red (2021) 67
Figura 21 Estructura creada en Node-RED para el proyecto. Fuente: Propia 67
Figura 22 Dashboard del proyecto. Fuente: Propia 68
Figura 23. Inicialización de Mosquitto. Fuente: propia 69
Figura 24. Registro de usuario 68
Figura 25 Inicio de sesión. Fuente: Elaboración propia 69
Figura 26 Menú principal. Fuente propia 70
Figura 27. Registro de herramienta. Fuente: Elaboración Propia 70
Figura 28. Registro de clientes. Fuente: Elaboración Propia 71
Figura 29. Rentas de equipo. Fuente: Elaboración propia 71
Figura 30 Clases fundamentales. Fuente: Propia 72
Figura 31 Programación de la interfaz gráfica. Fuente: Elaboración propia 72
Figura 32. Diagrama a bloques del prototipo 71
Figura 33. Prototipo de sensor RFID 73
Figura 34. Módulo RFID-RC522. Fuente: Software Fritzing 73
Figura 35. Conexión entre el sensor RFID y el NodeMCU. Fuente: Elaboración propia 74
Figura 36. Sensado de la tarjeta capacitiva universal y de tipo llavero, Fuente: Elaboración propia 75
Figura 37. Proceso de registro de la herramienta en el sistema de control y en la plataforma Node-RED. Fuente: Elaboración propia 76
Figura 38. Diagrama de Ishikawa del prototipo. Fuente propia 77

Índice de Tablas

Tabla 1. Consumo anual de los artículos por valor en dólares. 20
Tabla 2. Protocolo EPCGlobal para RFID 35
Tabla 3. Clasificación de la gravedad del modo fallo según la repercusión en el cliente/usuario 51
Tabla 4. Clasificación de la frecuencia/ probabilidad de ocurrencia del modo de fallo ...52
Tabla 5. Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo 53
Tabla 6. Inventario de equipo y herramienta. 63
Tabla 7. Especificaciones del Módulo ESP8266 ESP-12E. 74
Tabla 8. AMEF del prototipo. 78

CAPÍTULO I. GENERALIDADES

1.1 Introducción

El surgimiento y convergencia de las nuevas tecnologías que dan lugar a la Cuarta Revolución Industrial abre la puerta a una transformación radical y sin precedente del funcionamiento de los entramados productivos, (Calatayud y Katz, 2019). La tecnología ha avanzado en un ritmo acelerado, y con ello las empresas se ven obligadas a actualizarse para estar a la par con las necesidades de los clientes, esto implica contar con la información necesaria de forma inmediata para dar respuestas precisas, en relación con los servicios que se van a ofrecer. De las principales tecnologías en la industria 4.0 está el Internet de las cosas (IoT) (Katz *et al*., 2017). El internet de las cosas implica la adquisición de datos de sensores y la entrega de órdenes a dispositivos que interactúan o forman parte del mundo real. Los sensores de IoT permiten recolectar y transmitir información en tiempo real (Calatayud y Katz, 2019).

Durante los últimos años, las empresas han mostrado interés y han tomado conciencia de la importancia de desarrollar prácticas que permitan mejorar la colaboración entre diferentes componentes de la cadena de suministro (Terán, Espinosa, Hernández, y Flores, 2017). En esta tesis se tiene como objetivo del uso el internet de las cosas como herramienta para el desarrollo de un sistema de control del almacén de equipo y herramienta de la empresa RJCB S.A DE C.V.

La única manera de enfrentar y sobrevivir esta nueva realidad es con una visión de futuro, con capacidad de respuesta y siendo flexible ante el cambio, para lo cual se requiere crear empresas competitivas sustentables, esto es, organizaciones que sean inteligentes, flexibles en la producción y ágiles en la comercialización (Mazariegos, Águila, Pérez y Cruz, 2013).

Las empresas prestadoras de servicios, necesitan tener una relación de equipo y herramienta disponible para emprender nuevos proyectos, donde es indispensable

conocer la disponibilidad de material y recurso humano, para evitar pérdidas de material y sobre todo evitar retrasos que pongan en mal a la empresa, por lo que el control interno se ha convertido en la base primordial de las empresas.

La competencia global e innovaciones tecnológicas, ha traído consigo grandes soluciones y la tecnología RFID es una tecnología prometedora con beneficios que surgirán para todas las industrias (Liukkonen, 2015). Se propone esta tecnología para la solución de nuestra problemática, mediante su infraestructura de conectividad, tratándose de un transmisor y receptor de RF asimétrico, donde uno está transmitiendo su identidad para el otro.

El transmisor de identidad generalmente se refiere como una etiqueta (tag), mientras que el receptor de identidad se conoce como lector de etiquetas o simplemente lector (Brusey, J., y McFarlane, D. C., 2009). Mediante un registro de las actividades de las etiquetas colocadas en los equipos y herramientas, se podrá tener un control del almacén, en cualquier momento.

Las empresas están aplicando nuevos conceptos y estrategias apoyados en un soporte tecnológico; uno de ellos es la metodología ABC, ya que al analizar los productos con esta técnica se conoce el desplazamiento en cada uno de los productos de acuerdo a su rotación, la que puede ser alta, mediana o baja; esto con la finalidad de posicionar los materiales con alta rotación en los principales racks, visualizándolos rápidamente para tener la cantidad suficiente de ellos y reabastecerlos oportunamente (Acosta, Reséndiz, y Lozano, 2019).

Cuando un análisis ACB incluye dos o más criterios, este problema es llamado clasificación ABC Multicriterio (MCABC por sus siglas en inglés) (Zuluaga, Gallego, y Urrego, 2011), en éste trabajo realizaremos la distribución del almacén mediante los métodos de clasificación multicriterio , los cuales contribuyen con la división de los artículos del inventario en tres clases A, B, C, que a diferencia del método Pareto

tradicional, dejan de lado la clasificación mono criterio, para considerar otras características relevantes en el manejo de inventario (Benítez y Guzmán, 2011).

La preocupación e interés económico de la empresa RJCB S.A DE C.V para evitar robos, pérdidas y confusiones en los materiales de trabajo se refleja en la búsqueda de la solución óptima de sus problemas. El siguiente trabajo busca dar una solución eficaz a lo expuesto anteriormente, que mediante las tecnologías de radiofrecuencia e internet de las cosas se tendrán registros de lo que entre, salga e incluso de quién se está llevando la mercancía.

1.2 Estado del arte

1.2.1 IoT Actualmente

El internet de las cosas desde hace unos años es una realidad ya presente en las sociedades tecnológicamente avanzadas, puesto que hoy en día internet comunica ahora mismo no sólo ordenadores, incluyendo en los teléfonos inteligentes o tabletas, si no también otros muchos tipos de objetos (o cosas): desde ropa tecnológicas o wearables, electrodomésticos, televisores, automóviles, elementos de edificios, hasta grandes infraestructuras públicas, etc., abriendo así la puerta a la interacción Máquina - Máquina (Machine to Machine, M2M). También conexiona a personas con esos objetos; puede incluso conectar animales, como sucede ya en algunas explotaciones ganaderas o en ciertos programas protectores de la biodiversidad, así como en mayor parte es usado en el sector industrial (Andrés, 2018).

Según los resultados del estudio Trappey, A., Trappey, C, Fan, Hsu y Lee (2017), dicen: Que existen cuatro (4) tipos de aplicaciones de Internet de las cosas que ocupan el mayor porcentaje de uso. El uso de redes sociales como Whatsapp, Telegram y Facebook Messenger es un tipo de aplicación de Internet de las cosas que se utiliza mucho de los participantes de la industria de la construcción, seguido del uso de correo electrónico que sirve como intercambio de información entre los participantes de esta industria. La segunda aplicación más importante es el uso del sitio web como fuente de referencia para

datos sobre perfiles de empresas, actos políticos, cotizaciones de precios y otros. La siguiente y tercera aplicación más alta es el uso de GPRS como Google Maps o Waze durante la entrega de bienes o documentos para proporcionar una ruta eficiente.

Según Lee y Lee (2015), existen cinco tecnologías de IoT se utilizan ampliamente para la implementación de productos y servicios exitosos basados en IoT: 1. identificación por radiofrecuencia (RFID); 2. redes de sensores inalámbricos (WSN); 3. middleware; 4. computación en la nube; y 5. Software de aplicación de IoT. El IoT facilita el desarrollo de innumerables aplicaciones de IoT orientadas a la industria y específicas del usuario. Mientras que los dispositivos y las redes proporcionan conectividad, las aplicaciones de IoT permiten interacciones de dispositivo a dispositivo y de persona a dispositivo de una manera confiable y sólida. Es necesario asegurarse de que los datos / mensajes se hayan recibido y se haya actuado de forma adecuada en el momento oportuno. Por ejemplo, las aplicaciones de transporte y logística controlan el estado de las mercancías transportadas, como como frutas, productos frescos, carnes y productos lácteos. Durante el transporte, el estado de conservación (por ejemplo, temperatura, humedad, golpes) se monitorea constantemente y las acciones apropiadas se toman automáticamente para evitar el deterioro cuando la conexión es fuera de rango.

Es importante para que las aplicaciones de IoT se creen con inteligencia. Los dispositivos pueden monitorear el entorno, identificar problemas, comunicarse entre sí y potencialmente resolver problemas sin necesidad de la intervención de humanos. (Lee y Lee, 2015).

1.2.2 Uso de IoT

Numerosos artículos se centran en la investigación el uso del internet de las cosas como herramienta para la optimización de la cadena de suministro llegando al resultado de utilizarla como herramienta para lograr que las empresas se adapten al proceso de las Cadenas se suministros (CS) que les permita mejorar sus procesos, reduciendo errores y aumentando numerosos beneficios. Se busca optimizar y contribuir a mejorar los

procesos, esperando mejores resultados a costos más bajos y aumentar la eficacia, creando nuevas posibilidades de negocios.

En el siguiente artículo se determinó que uno de los aspectos más importantes es el diseño, considerando una correlación de todos los elementos de las cadenas de suministro (CS) y los elementos del loT, y analizar cuáles son los elementos que deben funcionar de manera colateral, ya que se tiene que utilizar algunos elementos de las CS y del loT. Por lo que, se tendrá que desarrollar el mayor número de posibles combinaciones entre todos los elementos, con el propósito de lograr optimizar todos los procesos y generar información constante para que después sea analizada y poder entender la situación actual de cada elemento logrando con esto tener un diagnóstico operacional (Terán, Espinosa, Hernández y Flores, 2017).

Gu, Y., y Jing, T. (2011), proponen tres aplicaciones específicas de IOT en la gestión de la cadena de suministro de productos agrícolas frescos, es decir, perfeccionar el control de la calidad, controlar estrictamente las fuentes de seguridad alimentaria y los sistemas de información de gestión de productos agrícolas frescos basado en IOT para aumentar el nivel de integración de la cadena de suministro, y reducir los costos de gestión para mejorar la eficiencia de la cadena de suministro. Pegando una etiqueta EPC en productos y vehículos, aceptar dispositivo RFID para el reenvío de información en algunos puntos de control en tránsito, los proveedores y distribuidores pueden tener acceso a la posición de las mercancías y su información, a fin gestión visual para el transporte de mercancías e inteligente seguimiento de transportes y programación conveniente de vehículos, redujo el número de vehículos y personal necesario para evitar la tasa de utilización inactiva y elevada. Por lo tanto, el uso de IOT redujo el costo de envío de mercancías.

1.2.3 Implementación de la tecnología RFID

Zhong, Huang, Lan, Dai, Chen y Zhang (2015), mencionan que el despliegue de dispositivos RFID se centra en dos sitios clave en la industria: almacenes y pisos de tiendas. El propósito es crear un entorno habilitado RFID de producción ubicuo en tiempo

real. Con este fin, en almacén, se instala un lector RFID en la carga de materia prima, área para unir etiquetas en cada lote. Otro se despliega en área de recepción de productos terminados para extraer y reciclar etiquetas para que el costo de encuadernación se reduzca.

En el siguiente artículo se describe un enfoque para definir zonas logísticas inteligentes, se centra en el etiquetado RFID de piezas prototipo para la industria automotriz, describen el caso de uso y la metodología para la integración de RFID para una aplicación de gestión de las bases comunes para las unidades de carga, mencionan que se necesitan nuevas soluciones técnicas estandarizadas a lo largo de la cadena de suministro en la introducción de RFID en la industria automotriz. Al introducir RFID, las empresas OEM y sus proveedores, son capaces de rastrear sus productos a nivel de artículo.

El uso extensivo de transpondedores RFID en piezas de ensamblaje de un vehículo, permite la nueva posibilidad de seguimiento basado en artículos para procesos logísticos (por ejemplo, control de mercancías entrantes) como también para los procesos de producción (por ejemplo, control de las piezas correctamente ensambladas). Además de aplicaciones establecidas como las basadas en RFID, identificación de coches o carrocerías dentro de la producción en campos más lejanos para aplicaciones RFID. Especialmente utilizando RFID para aplicaciones de ensamblado de partes, desarrollo y prueba de procesos en automotor.

El principio de un sistema que identifica automáticamente varios transpondedores RFID en un rango de lectura común como un motor o compartimento de pasajeros de un vehículo en rápida sucesión se denomina detección de volumen. Además de un sistema RFID adecuado para leer los transpondedores, el espacio de lectura también debe tener una densidad de energía suficiente con distribución homogénea de la intensidad de campo en cualquier polarización para leer transpondedores RFID de forma muy fiable incluso cuando se desconoce su orientación. En el caso de uso particular del proceso de desarrollo de vehículos, se incluyen hasta 100 elementos individuales colocados en un vehículo, que deben identificarse de forma segura (Kirch, Poenicke y Richter, 2017).

En este artículo proponen un sistema SafeTrack, un modelo de gestión logística basado en algoritmos de geofencing y radiofrecuencia para la industria tecnología de transporte de carga. En este enfoque, la atención se centra en ocuparse de la gestión de la entrega. La principal contribución de SafeTrack es la gestión automática de entregas. Además de ocuparse de las entregas sin interacción del usuario, proporcionan un mecanismo para detectar inconsistencias en tiempo real. Además, el modelo supervisa los desvíos en las rutas.

El SafeDuino está compuesto por un Arduino, un módulo Bluetooth, un lector RFID y una batería que suministra energía a todos componentes. El lector RFID solo detecta la presencia de un determinado número de etiquetas, en un rango de distancia específico, sin poder identificar si es entrada o salida de la Carrier Station. Este control lo realiza una aplicación integrada en la plataforma Arduino llamada SafeDuino App, que se comunica con el lector RFID y el módulo Bluetooth a través del puerto serie. La lectura de etiquetas en la aplicación SafeDuino se realiza de forma síncrona o modo asincrónico. En modo síncrono, el dispositivo móvil envía una solicitud al lector RFID y recibe a cambio una lista con los números EPC de todas las etiquetas dentro del rango del lector. En el otro por otro lado, en el modo asincrónico, la aplicación SafeDuino está registrada en el lector RFID, y desde ese momento siempre recibe notificaciones cuando se lee una etiqueta. El lector puede compartir sus eventos por modelos de datos en bajo nivel como la especificación ALE de EPCGlobal, o en datos de alto nivel estructuras, como un objeto en lenguajes Java o C. (Oliveira, Cardoso, Barbosa, da Costa y Prado, 2015).

1.2.4 Implementación de la tecnología RFID e internet de las cosas para control de inventarios

La visibilidad y la trazabilidad en tiempo real juegan un papel importante en una fábrica inteligente. Los recursos se convierten en objetos de fabricación inteligente (SMO) mediante el uso de varios dispositivos de IoT como lectores RFID y etiquetas. Con los

algoritmos de procesamiento de imagen y video, se crean modelos de visualización 3D en tiempo real para lograr la visibilidad y trazabilidad en tiempo real.

En el siguiente artículo se tiene varias contribuciones. Primero, las tecnologías IoT como RFID se utilizan para identificar varios recursos de fabricación de modo que puedan identificar en tiempo real, interactuar y comunicarse entre sí junto con los procesos de producción. Así, los comportamientos típicos de producción se facilitarán las operaciones de maquinaria y las actividades logísticas. Además, un escáner láser es innovador desplegado en la fábrica inteligente para observar los movimientos de los recursos de fabricación. Una vista 3D y 3600 del se obtendrá el entorno de fabricación, por lo que se pueden observar las perturbaciones y los encargados de tomar decisiones asociados puede encontrar soluciones al instante.

Finalmente, este documento presenta una solución fácil de implementar y flexible de usar que es asequible para las pymes y para los profesionales de la industria, usando los datos RFID en tiempo real se realiza el modelado de comportamientos de producción, como el modelo de operación de la máquina y modelo de actividad logística. Con tales modelos, los trabajadores típicos podrían analizarse cuantitativamente y de esta manera, los objetos etiquetados, como una máquina o un trabajador específico, podrían ser rastreados y trazados entrelazando datos de movimiento y RFID (Zhong, Xu y Wang, 2017).

Actualmente existe tecnología de localización e identificación, pero tienen infraestructuras complejas, caras y suelen estar basadas en GPS o en sistemas de comunicaciones móviles celulares, en comparación con esta tecnología el sistema global RFID+EPC+Internet, es más barata y se podrá localizar cualquier producto en donde éste se encuentre según (Bueno, Martínez, Egea, Vales, y García, 2015).

El RFID es una tecnología que utiliza ondas de radio para identificar productos de forma automática, involucrando etiquetas o TAGS que emiten señales de radio a dispositivos lectores, encargados de recoger las señales y junto con dispositivos de IoT, la información

puede ser revisada en tiempo real en cualquier parte del mundo. Entre los principios para la gestión óptima de los almacenes se considera la coordinación con otros procesos logísticos, el equilibrio en el manejo de los niveles de inventario y servicio al cliente y la flexibilidad para adaptarse a los cambios (Correa, Álvarez y Gómez, 2015).

1.2.5 Proyectos con implementación AMEF

El AMEF clásico en la evaluación de riesgos, la media / modo de falla se estima en la forma de números de prioridad de riesgo. Se requieren tres factores para evaluar cada modo de falla, llamado probabilidad de ocurrencia, gravedad de la falla y grado de detección o dificultad en la falla que necesita ser evaluada con precisión. En FMEA tradicional, generalmente se utiliza una escala de números del 1 al 10 para cada uno de los tres factores. Multiplicando los valores correspondientes para ocurrencia (O), severidad (S) y no detección (D), se obtiene RPN, que se da como RPN = O × S × D. Además, está clasificado para buscar las fallas con mayores riesgos y los valores obtenidos para RPN son generalmente valores nítidos. En este trabajo aplicaron el AMEF clásico con criterios de decisión adecuados que demuestren el suministro característico de la cadena. Para el contexto de la cadena de suministro, puede ser difícil identificar un evento de riesgo o fenómenos a través de un simple juicio.

Al respecto, este trabajo propone un análisis AMFE con tres entradas. Los tres factores de entrada - ocurrencia, severidad y no detección - son seleccionados. La primera entrada, ocurrencia - representa la frecuencia de ocurrencia de cualquier modo de falla. Severidad: denota el impacto de modos de falla en el flujo / movimiento de productos / material en el sistema de la cadena de suministro cuando ocurre. No detección: da la probabilidad de que no se detecte una falla potencial antes de su ocurrencia.

Después de definir las entradas necesarias, se realiza un análisis AMEF clásico para proceso de evaluación de riesgos en GSC, y se calculan las puntuaciones de RPN vinculadas. Para medir las entradas se calcula la puntuación RPN, se utiliza una escala de AMEF convencional y una escala lingüística. Se decidió utilizar las aportaciones de

los expertos y sus juicios sobre los términos lingüísticos. Utilizado para las tres entradas - ocurrencia, severidad y no detección para evaluar riesgos en GSC en estudio (Mangla, Luthra, y Jakhar, 2018).

En el siguiente artículo eligieron y aplicaron el método FMEA para la identificación de las fallas más críticas de su sistema “Remote Lab Smart House & IoT”, con el objetivo de eliminar o mitigar las secuelas, así como hacer recomendaciones para mejorar el diseño del sistema.

La arquitectura del sistema se dividió en tres niveles: nivel de gestión, nivel comunicación y nivel de automatización. Los resultados del análisis de FMEA incluyen información sobre posibles fallas y efectos secundarios y se puede utilizar en la etapa de diseño, así como durante la modernización y funcionamiento del sistema. Según los datos arrojados, en la arquitectura de RL Smart House & IoT se propuso la ciberseguridad, por lo que se integró el componente RELDES protege el RL filtrando y anulando los comandos que son llamados por los usuarios para realizar experimentos, excluyendo el envío de información no autorizada comandos. Al mismo tiempo, el control está disponible solo para usuarios de laboratorio autorizados. El enrutador componente realiza el enrutamiento del comando y deniega el acceso si un dispositivo está invadido en la red local con una dirección MAC que no estaba reservada. Además, el componente está protegido por un nombre de usuario y contraseña para acceder al enrutamiento, Raspberry Pi es un componente al que solo se puede acceder mediante un protocolo seguro SSH (Cubierta segura) (Parkhomenko, Tulenkov, Sokolyanskii, Zalyubovskiy, Parkhomenko y Stepanenko, 2018).

1.3 Antecedentes

1.3.1 Las pymes Metalmecánicas

Actualmente las pymes son las principales generadoras de empleo, según el (INEGI, 2010), proporcionan en total un 72%. Sin embargo, a pesar de los múltiples beneficios y capacidades que estas empresas tienen, también se están enfrentando a grandes

problemas que van más allá de sus propias capacidades entre los que se puede mencionar los problemas relacionados con la financiación, mismos que le impiden desarrollar innovaciones tanto de tecnología como de operaciones internas, o la amplia globalización reciente que afecta a los mercados locales por medio de la introducción cada vez más acelerada de empresas de grandes magnitudes como las transnacionales.

Las pymes sufren severos problemas que no les permiten alcanzar un desarrollo económico de manera acelerada, sin embargo, para lograrlo se requiere que estas constantemente busquen estrategias claves y exploren sus propias fortalezas internas, mismas que al ser analizadas se inicie una búsqueda constante de planes estratégicos que ayuden a maximizarlas. Por otra parte, se afirman que en el caso de las empresas metalmecánicas que deseen orientar sus operaciones hacia mercados competitivos, seis prioridades competitivas deben ser tomadas en consideración en el siguiente orden jerárquico: calidad, entrega, precio, servicio, innovación y flexibilidad (Ávila, 2019).

1.4 Planteamiento del problema

La empresa RJCB S.A DE C.V. es una empresa dedicada al desarrollo de proyectos de metalmecánica, cubriendo áreas de mantenimiento, montajes e instalaciones industriales, limpieza con sandblasting y renta de equipo, entre otros. La gestión del almacén en dicha compañía, es deficiente, puesto que no cuenta con un inventario exacto del total de sus equipos y herramientas, la distribución es inadecuada y no cuenta con un registro de la herramienta que se presta a los trabajadores y al personal encargado de la herramienta en cada proyecto externo.

La mayor parte de la herramienta y equipo llega al almacén con la documentación del fabricante, pero después de un tiempo ésta se borra o extravía, y no es suficiente para tener un registro adecuado de cada uno de ellos, lo que da lugar a ser confundida, colocada en otra zona o llega a extraviarse, además, cuando se presta a los trabajadores no se regula el tiempo de devolución, ni se toma nota del estado de la herramienta, por lo que algunos equipos pueden llegar a destiempo o en malas condiciones.

Además, no se cuenta con un control de stock, lo que ocasiona desabastecimiento de inventario y por ende la renta de material faltante, generando costos extras para la conclusión de los proyectos.

En el año 2016 se contaba con un inventario aproximado del total de 5,000 piezas de su material de trabajo, el cuál en el siguiente año se redujo en un 15%, debido a perdidas, extravíos, robos, daños y demás, generando una gran pérdida económica.

Finalmente, es notoria la falta de información hacia el dirigente de la empresa, ya que él debe de preguntarle al almacenista por el estado actual de stock, cada vez que se contratan los servicios de la empresa, y así poder emprender nuevos proyectos con el equipo adecuado y personal capacitado para cada actividad.

¿A partir del desarrollo de un prototipo de un sistema de control RFID mediante Internet de las cosas en un almacén de equipos y herramientas, en la empresa RJCB S.A. DE C.V. disminuirá la pérdida o extravío de equipo y herramienta?

1.5 Justificación

La tecnología avanza a pasos agigantados creando la necesidad de mantenernos a la vanguardia y competitivos en el mercado y la tecnología RFID no es la excepción, ha experimentado un crecimiento sin precedentes en lo referente al nivel de adopción y al desarrollo de capacidades.

En el presente proyecto con el uso de tecnología RFID e internet de las cosas se pretende tener un sistema de control de inventarios, para introducirnos al mundo de los avances tecnológicos, pero lo más importante es poder reducir o acabar con los extravíos, pérdidas y robos en el almacén, debido a que se han incrementado gradualmente en la empresa y según Laveriano, W. (2010), el robo dentro de las empresas ha ido en aumento tanto en tiendas de conveniencia como en maquiladoras y los problemas más frecuentes

a falta de un adecuado control de inventarios son: exceso de inventario e insuficiencia de inventario, el robo de mercancías, las mermas, desorden en los inventarios y sistemas de inventario, por lo que la tecnología sería de mucha ayuda para evitar este descontrol en los almacenes.

Se espera que el sistema de control propuesto contribuya a mejorar la distribución, determinar la cantidad exacta de material en stock, la localización de los equipos y herramientas dentro almacén, así como identificar el material ha sido ocupado por cada trabajador.

La indiferencia por el cuidado de los equipos y herramientas de trabajo por parte de los empleados ha contribuido a la pérdida o extravío de equipo y herramienta, ya que no existe una asignación de responsabilidades a los empleados y los malos manejos en los controles de inventario han producido pérdidas económicas, contratiempos en los proyectos, mala elaboración de presupuestos, compra ha sobre precio de equipo y hasta subcontrataciones, generando costos muy altos para la empresa y para mitigar dichos riegos este estudio justifica la necesidad de implementar la tecnología 4.0 en pequeñas y medianas empresas para mejorar sus sistema de control.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Diseñar un prototipo para el control del almacén con el uso de AMEF de una empresa de construcción de metal mecánica, con el uso de AMEF, tecnología RFID e IoT (Internet de las Cosas), para la disminuir la pérdida o extravío de equipo y herramienta.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Analizar el estado actual del almacén.
- Diseñar una propuesta de control mediante la integración del hardware y software de la tecnología RFID e IoT, para reducir las pérdidas de herramienta y equipo.

- Realizar un análisis AMEF para identificar fallas en el sistema
- Realizar pruebas del sistema desarrollado.

1.7 Hipótesis de trabajo

La hipótesis del presente trabajo es del tipo exploratoria cuantitativa y mediante el uso de AMEF se desarrolla un prototipo para el control de almacén con tecnología RFID e internet de las cosas para reducir considerablemente las pérdidas y/o extravíos de los equipos y herramientas en la empresa RJCB S.A DE C.V

1.8 Alcances y limitaciones

1.8.1 Alcances

Con la elaboración del presente trabajado, se logrará el prototipo de un sistema de control en el almacén de equipo y herramientas de la empresa RJCB S.A., puede ser utilizado para tener un inventario en tiempo real, verificación de entradas y salidas de material y reducción de tiempos muertos.
Se Integrará el hardware y software de un sistema de identificación por radiofrecuencia mediante IoT para la identificación, registro y localización del equipo y herramienta del almacén.

En este estudio también se contará con un análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF) que detectará las posibles fallas en nuestro prototipo final, y así evitar fallas en la puesta en marcha en la empresa.

1.8.2 Limitaciones

La empresa no cuenta con un inventario total de equipo y herramienta así que el proyecto sólo se enfocará en el almacén cerrado de herramienta. Contando con un presupuesto limitado al iniciar el proyecto se iniciará con un prototipo de dicho sistema y no se podrá probar con todos los equipos y herramientas del almacén.

En la implementación de tecnologías inalámbricas siempre existe el riego de ataques de seguridad, aunque se utilicen protocolos de seguridad la información puede quedar vulnerable, así como todo equipo eléctrico y electrónico dependen completamente de energía eléctrica, por lo que será otro factor que no se podrá controlar, también surge la necesidad de pagar servicios de almacenamiento en la nube para garantizar que la información esté bajo resguardo y de forma segura también es otro factor que no dependerá de esta investigación.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 El almacén

El almacén es una instalación o lugar especialmente diseñado, estructurado y planificado para custodiar, salvaguardar, proteger y controlar los bienes de una empresa, para su posterior uso, venta o distribución, este espacio representa costos, por lo que las empresas buscan mejorar la gestión de sus almacenes y asegurar un flujo constante de los bienes para el óptimo aprovechamiento de ellos.

A pesar de que los almacenes representan costos, son absolutamente necesarios para una operación adecuada de los procesos de distribución según Khojasteh-Ghamari (2012), por lo que el éxito depende de un conjunto de estrategias apropiadas para una estructura correcta, manejo de material y flujo de información.

El almacén de herramientas y equipo controla todos los aspectos relativos al instrumental de producción, como son la materia prima y herramientas, troqueles, posicionadores, brocas, cuchillas, fresas, taladros, martillos, llaves inglesas y en general todos los elementos necesarios para concretar la acción de las máquinas o instalaciones fijas y que normalmente varían con cada tipo de trabajo, por lo que no conviene que estén en cada centro o puesto, sino en un almacén único, con lo cual se puede mejorar su conservación y aumentar su nivel de utilización para cada proyecto.

La manera de organizar y administrar el almacén depende de varios factores: el tamaño y el plano de organización de la empresa; el grado de descentralización deseado, la variedad de productos fabricados, la flexibilidad relativa de los equipos y facilidades de manufactura y de la programación de la producción.

2.2 Inventario

El inventario es un cúmulo de materiales que se utilizan para facilitar la producción o para satisfacer las demandas de los clientes. Los inventarios típicos incluyen la materia prima,

la producción en proceso y los productos terminados. En un proceso el inventario es el flujo de materiales donde los inventarios de materia prima esperan para ingresar al proceso de producción; los inventarios de producción en proceso aparecen en una etapa intermedia de transformación, y los inventarios de productos terminados se presentan totalmente transformados por el proceso de producción.

Los depósitos de inventarios se localizan en diversos puntos dentro del proceso de producción, y los flujos de materiales conectan a un punto del inventario con otro. La tasa a la cual se repone el inventario es la oferta, y la tasa de agotamiento del inventario es la demanda. El inventario actúa como un amortiguador entre la tasa de oferta y la de la demanda (Schroeder, Meyer y Rungtusanatham, 2004).

2.2.1 Propósito de los inventarios

El principal propósito de los inventarios es desconectar las diversas fases de las operaciones y de la cadena de suministro. El inventario de materia prima desconecta a un productor de sus proveedores, lo cual significa que el proveedor puede producir las partes en un tiempo conveniente dentro de su propio programa y que puede usar posteriormente esos materiales en el momento apropiado para su proceso de transformación. De modo similar, el inventario de producción en proceso desconecta las diferentes etapas de manufactura y el inventario de productos terminados desconecta a un productor de sus clientes.

Existen cuatro razones fundamentales por las que las empresas lleven un inventario:

1. Protección contra las incertidumbres. En los sistemas de inventarios, existen incertidumbres en la oferta, en la demanda y en los tiempos de espera. El inventario de seguridad es aquel que se mantiene para protegerse contra esas incertidumbres. Si la demanda del cliente es conocida, es factible, aunque no necesariamente económico producir a la misma tasa que la del consumo. En este caso, no se necesitaría un inventario de productos terminados; no obstante, todo cambio en la demanda ocasionaría

que el sistema de producción también cambiara, lo que resultaría en una carga de trabajo muy desigual. En lugar de un acoplamiento tan estrecho, se mantienen inventarios de seguridad de productos terminados para absorber los cambios en la demanda de modo que la producción pueda conservar un ritmo separado e incluso más uniforme. De manera similar, se mantienen inventarios de seguridad de materias primas para absorber las incertidumbres en las entregas por parte de los proveedores en términos tanto de cantidad como de la oportunidad de la entrega. Se mantienen inventarios de seguridad de producción en proceso para permitir irregularidades inesperadas, trabajadores poco confiables y modificaciones en el programa. La mayoría de los inventarios de seguridad pueden reducirse mejorando la coordinación con los proveedores y los clientes en la cadena de suministro.

2. Permitir una producción y compras económicas. Con frecuencia, resulta económico producir inventarios en lotes, ya que ello permite la producción en un punto en el tiempo; posteriormente, no se realiza alguna otra producción del mismo artículo hasta que el lote esté casi agotado. Ello hace posible distribuir el costo de la preparación de la producción a lo largo de un alto número de artículos. La producción o el ordenamiento en lotes también posibilita el uso del mismo equipamiento de producción para distintos productos. Se obtiene un beneficio similar para la compra de materias primas. Debido a los costos de ordenamiento, a los descuentos por cantidades y a los costos del transporte, algunas veces es económico comprar en grandes lotes aun cuando una parte del lote se mantenga en el inventario para un empleo posterior.

3. Cubrir los cambios anticipados en la demanda o en la oferta. Hay varias situaciones en las cuales se esperan cambios en la demanda o en la oferta, lo que ocasiona que las organizaciones mantengan un inventario anticipado. Los cambios esperados en el precio o en la disponibilidad de la materia prima originarán un gran acopio de materias primas; las compañías a menudo almacenan grandes cantidades de acero antes de una huelga esperada en la industria, por ejemplo. Otra fuente de anticipación es una promoción planeada del mercado en la cual una gran cantidad de productos terminados pueden almacenarse antes de una venta. Las empresas con negocios estacionales casi siempre

anticipan la demanda para uniformar el empleo; por ejemplo: un productor de acondicionadores de aire puede usar una estrategia uniforme de producción aun cuando la mayoría de dichos acondicionadores se vendan durante el verano.

4. Prever el tránsito. Los inventarios que se desplazan de un punto a otro en la cadena de suministro se conocen como inventarios en trámite o inventarios en tránsito. Dichos inventarios son afectados por las decisiones de ubicación de la producción y por la elección del transportista y pueden tener un tamaño significativo cuando se emplean barcos en lugar de aviones para transportar los bienes. Obviamente, las organizaciones comparan los factores de costos y de tiempo al evaluar las opciones de transporte. Los bienes sensibles al tiempo serán más productivos cuando se transportan con un flete aéreo costoso, pero rápido, porque llegan al mercado con gran rapidez.

En términos generales, es fácil deducir que hay muchas razones para que las empresas mantengan inventarios: éstos las ayudan a satisfacer la demanda de los clientes y les permiten programar la producción de manera económica (Schroeder, Meyer y Rungtusanatham, 2004).

2.3 Administración e inventarios ABC

En 1906, Vilfredo Pareto observó que un número reducido de artículos en cualquier grupo constituyen la proporción más significativa de la totalidad de éste. En aquella época, él observaba que unos cuantos individuos en la economía parecían ganar la mayor parte del ingreso. También, es verdad que un número pequeño de productos de una empresa dan cuenta de la mayor parte de las ventas y que en las organizaciones de voluntarios un reducido número de personas realizan la mayor parte del trabajo. Esta ley acerca del pequeño grupo significativo puede aplicarse, a la administración de los inventarios. Por lo general, en los inventarios un número pequeño de artículos dan cuenta de la mayor parte del valor de los inventarios como lo mide el consumo en dólares (demanda multiplicada por el costo); por lo tanto, es posible administrar este número reducido de artículos de manera intensiva y controlar gran parte del valor del inventario. Por lo común, los artículos se dividen en tres clases en la administración del inventario: A, B y C. La

clase A contiene cerca de 20% de los artículos y 80% del consumo en dólares; así, representa al pequeño grupo significativo. En el otro extremo, la clase C abarca 50% de los artículos y sólo 5% del consumo en dólares. Dichos artículos dan cuenta de una parte muy pequeña del valor en dólares del inventario. En la clase intermedia B se tiene 30% de los artículos y 15% del consumo en dólares. Esta clasificación del inventario se denomina análisis ABC o regla del 80-20.

La tabla 1 muestra un ejemplo de un inventario con 10 artículos. Para cada uno (fila), se multiplicó el consumo anual en unidades por el costo unitario para determinar el consumo en dólares de ese artículo. Asimismo, se calculó el porcentaje de consumo total en dólares comparando el consumo en dólares de cada artículo con el de la totalidad del inventario ($254 725). Se observa que los artículos 3 y 6 dan cuenta de una gran cantidad del consumo en dólares (73.2%) y se clasifican como A. Los artículos 1, 5, 7, 8 y 10 poseen un nivel bajo en consumo en dólares (10.5%) y se consideran C. Los demás son del tipo B. La designación de esas clases es arbitraria; podría haber cualquier número de clases. También, el porcentaje exacto de artículos en cada clase variará de un conjunto de inventarios a otro. Los factores importantes son los dos extremos: un número reducido de artículos que son significativos y un alto número de ellos que son relativamente insignificantes. (Schroeder, Meyer y Rungtusanatham, 2004).

Tabla 1. Consumo anual de los artículos por valor en dólares.

Artículos	Consumo anual en unidades	Costo unitario	Consumo en dólares	Porcentaje del consumo total en dólares
1	5 000	1.50	7 500	2.9
2	1 500	8.00	12 00	4.7
3	10 000	10.50	105 00	41.2
4	6 000	2.00	12 000	4.7
5	7 500	.50	3 750	1.5
6	6 000	13.60	81 600	32.0
7	5 000	.75	3 750	1.5
8	4 500	1.25	5 625	2.2
9	7 000	2.50	17 500	6.9

10	3 000	2.00	6 000	2.4
Total			$ 254 725	100.00

Fuente: Schroeder, Meyer y Rungtusanatham (2004).

2.3.1 Almacenamiento

Los siguientes principios están dados para permitir una operación eficiente, tanto en costos como en tiempos de ejecución y calidad de los procesos:

1. La unidad más grande. El movimiento de productos debe hacerse en la mayor cantidad posible. Esto implica cargas paletizadas, unidades de manejo homogéneas y métodos de manipulación estandarizados. A medida que la cantidad movilizada es más grande hay menor número de movimientos, trayendo beneficios como menor costo en personal, menor costo en equipos y mayor control sobre los inventarios.

2. La ruta más corta. Los recorridos constituyen el mayor componente de costo por mano de obra, el cual, usualmente, asciende al 80% de este rubro. Por ello se requieren menores distancias en los procesos más frecuentes y tiempos de operación cortos; mayor rendimiento del recurso. Esto permitirá una reducción de los costos operativos de equipos en rubros como: menor uso de combustible o baterías, menor desgaste en bandas transportadoras y menor gasto de mantenimiento.

3. El espacio más pequeño. Este principio posibilita una reducción en el costo de almacenaje. En la medida que se logre una mayor rotación del stock, menores serán las áreas requeridas para el almacenamiento; redundando así en menores inversiones en edificios o arrendamientos. El aprovechamiento del área disponible se puede lograr con la aplicación de los siguientes elementos: procesos más simples, distancias cortas y control sobre agotados y devoluciones.

4. El tiempo más corto. Al interior de un almacén o centro de distribución, el tiempo empleado en los procesos debe ser el más breve posible. Esto sin perder de vista el

cumplimiento de las políticas de servicio de la compañía y sin dejar de lado la calidad de los productos, las mercancías manipuladas y de las operaciones mismas, ver figura 1.

Para esto se requiere contar con:

- Procesos estandarizados.
- Personal capacitado.
- Claridad en las políticas y procedimientos de servicio.
- Reducción de tiempos muertos y ociosos.
- Planeación del requerimiento de recursos (personal, equipos, etc.).

5. El mínimo número de manipulaciones. Esta premisa está planteada en función de salvaguardar los bienes y mercancías, manteniendo los estándares de calidad exigidos por el medio, los clientes y los organismos de control. Lo anterior se evidencia en un menor costo por averías. Se requiere entonces que cada manipulación agregue valor al producto ofrecido, lo que implica menores tiempos en los procesos, mayor continuidad en el flujo de los materiales y altos estándares de procesos, ver figura 1. (García, 2016).

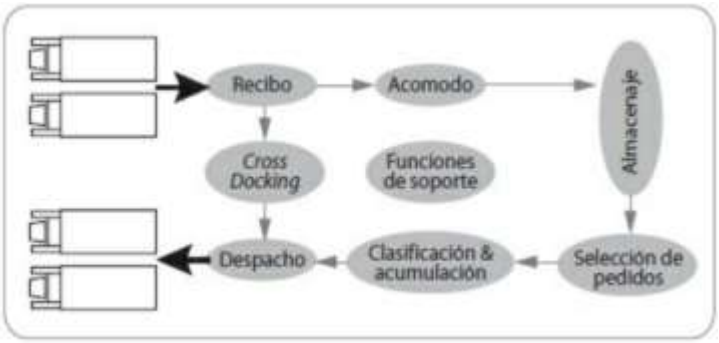


Figura 1. Configuración general de los procesos en un centro de distribución. Fuente: García (2016).

2.4 Medios de almacenamiento

2.4.1 Principios de Almacenamiento

Hay cuatro razones básicas para usar un espacio de almacenamiento:

Reducción de los costos de producción-transporte. El almacenamiento y el inventario asociado al mismo son dos factores que generan nuevos gastos. No obstante, ese aumento de costos se compensa con la disminución de los transportes y producción, ya que se mejora la eficiencia de ambos procesos.

Coordinación de la demanda y el suministro. Las empresas que tienen una producción de carácter estacional y una demanda razonable constante suelen tener problemas de coordinación entre la demanda y el suministro.

Apoyo al proceso de producción. El almacenamiento puede formar parte del proceso de producción.

Apoyo al proceso de comercialización. La comercialización generalmente se ocupa de cuándo y cómo estará disponible el producto en el mercado. El almacenamiento se emplea aquí para dar valor a un producto, de modo tal que, si se almacena el mismo cerca del cliente, el tiempo de entrega disminuye. Esta mejora en el servicio al comprador puede generar un incremento de las ventas (Mora, 2011).

2.4.2 La seguridad en el almacenamiento

Un programa de seguridad eficaz es un requisito indispensable de la buena administración de las bodegas. La alta eficiencia es requerida para competir en el almacenamiento moderno: abarca los riesgos del rápido movimiento del equipo, del almacenaje a gran altura y el manejo de una gran variedad de productos. Hay que dar prioridad a la salud y la seguridad del personal y las razones para ello son tanto de humanidad como de economía (Mora, 2011).

2.4.3 Costos de almacenamiento

A pesar de ser una función importante, el almacenamiento no agrega valor al producto, solo costos; éstos son:

Costos de operación

- Salarios del personal de la bodega
- Depreciación o arrendamiento de:
    - Bodega
    - Montacargas y equipo de manejo
    - Estanterías
    - Equipos de tecnología
    - Equipos de seguridad
    - Estibas – canastas.
- Mantenimiento de:
    - Equipos
    - Instalaciones
    - Estanterías
    - Estibas – canastas
    - Equipos de seguridad
- Servicios públicos
- Impuesto predial
- Vigilancia
- Seguros de la infraestructura

Costos administrativos

- Depreciación y mantenimiento de equipos de oficina
- Papelería
- Comunicaciones

Aspectos que influyen en los costos de almacenamiento

- Administración de personal capacitado
- Políticas de inventario claras
- Centralización de almacenes o bodegas
- Exactitud en los registros
- Tiempos de preparación cortos
- Disminución del tamaño de los pedidos
- Aumento de las frecuencias de despacho
- Tasa de ocupación
- Tipo de instalaciones
- Cantidad de manipulaciones
- Número de referencias
- Daños o averías por mala manipulación y/o operación de equipos.

En los costos logísticos el porcentaje total de la operación no debe exceder el 6% sobre la venta, y los costos de almacenamiento no deben ser mayores al 20% del total del costo logístico; normalmente se distribuyen, ver figura 2.

COSTOS DE OPERACIÓN CD'S

ESTADISTICAS MUNDIALES

PORCENTAJE DEL COSTO TOTAL DE BODEGAJE	
1. MANO DE OBRA	45.7%
2. ALMACENAMIENTO	21.5%
3. SERVICIOS PUBLICOS	4.4%
4. EQUIPOS	6.9%
5. MATERIALES	8.3%
6. OTROS	13.1%

Figura 2. Costos de operación en Centros de Distribución. Fuente: Mora (2011).

2.4.4 Métodos de almacenamiento

2.4.4.1 Gestión de ubicación.

Una vez terminada la recepción, también finaliza el alto riesgo de pérdida de las mercancías por robo, entonces el foco se pone en la eficiencia del movimiento de la zona de recepción a la de almacenamiento. Es muy común concentrarnos o darle más importancia a la velocidad con que los operarios mueven las mercancías en los pallets con montacargas hasta el almacén, pero poco se hace para analizar la correcta ubicación de los materiales dentro de la bodega.

Al menos debe contarse con una persona que planee el espacio del almacén o bodega, donde ubicar los materiales recibidos, como podrían reordenarse los pallets ya almacenados, que ingreso de pallets se esperan, y donde serán colocados dentro de la bodega. Esta persona debe definir cuanto espacio dejar para almacenar cada uno de los ítems que están por llegar, así como definir las posiciones en que se almacenaran. Para esto se aplican diferentes criterios:

1. Clasificar los ítems según su rotación o nivel de ventas y definir, para cada zona o posición del almacén, que ítems podrá almacenar según rotación. Así, las áreas cercanas al despacho se destinarán a ítems de alta rotación y las lejanas a los de baja rotación. De esta forma se reducirán las distancias por recorrer (especialmente en la preparación de pedidos) y se necesitará menos equipo para mover los materiales. Esto obliga a revisar permanentemente la rotación de cada ítem, lo cual varía con el tiempo.

2. Ubicar los materiales dando prioridad a la sencillez visual y la posibilidad de recordar marcas o tipos de productos (peligrosos, con temperatura controlada, voluminosos, de manejo arriesgado, alto costo)

3. Sistemas mixtos. Estas reglas suelen llamarse reglas de BPA (Buenas Prácticas de Almacenamiento) y han de existir, se cuente o no con un software que facilite la tarea del planeador de almacenamiento (Mora, 2011).

2.5 Análisis FODA

Estas siglas provienen del acrónimo en inglés SWOT (strenghts, weaknesses, opportunities, threats); en español, aluden a fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. El análisis FODA consiste en realizar una evaluación de los factores fuertes y débiles que, en su conjunto, diagnostican la situación interna de una organización, así como su evaluación externa, es decir, las oportunidades y amenazas. También es una herramienta que puede considerarse sencilla y que permite obtener una perspectiva general de la situación estratégica de una organización determinada (Sarli, R. R., Gonzalez, S. I., y Ayres, N., 2015).

Los elementos que conformar el análisis FODA son:

Fortalezas: son las capacidades especiales con que cuenta la empresa, y que le permite tener una posición privilegiada frente a la competencia. Recursos que se controlan, capacidades y habilidades que se poseen, actividades que se desarrollan positivamente, etc. Los aspectos internos de la empresa (recursos humanos, económicos, áreas de negocio, mercado, productos, etc.) que representan sus puntos fuertes y que se asocian a determinadas características de liderazgo. (Fernández, 2012).

Oportunidades: son aquellos factores que resultan positivos, favorables, explotables, que se deben descubrir en el entorno en el que actúa la empresa, y que permiten obtener ventajas competitivas. Las posibilidades que la empresa es capaz de aprovechar para sí, o bien las del exterior a las que puede acceder y obtener ventajas (beneficios). (Fernández, 2012).

Debilidades: son aquellos factores que provocan una posición desfavorable frente a la competencia, recursos de los que se carece, habilidades que no se poseen, actividades que no se desarrollan positivamente, etc. los obstáculos y limitaciones que coartan el desarrollo de la organización, y que es necesario eliminar. (Fernández, 2012).

Amenazas: son aquellas situaciones que provienen del entorno y que pueden llegar a atentar incluso contra la permanencia de la organización. Aquellos eventos externos a la empresa que, siendo previsibles, si ocurrieran dificultarían el cumplimiento de los objetivos de la organización. (Fernández, 2012).

2.6 RFID

2.6.1 Definición

RFID (Identificación por Radiofrecuencia) es un método de almacenamiento y recuperación remota de datos, basado en el empleo de etiquetas o “tags” en las que reside la información. RFID se basa en un concepto similar al del sistema de código de barras; la principal diferencia entre ambos es que el segundo utiliza señales ópticas para transmitir los datos entre la etiqueta y el lector, y RFID, en cambio, emplea señales de radiofrecuencia (en diferentes bandas dependiendo del tipo de sistema, típicamente 125 KHz, 13,56 MHz, 433-860-960 MHz y 2,45 GHz).

Las etiquetas o también llamadas Tags puede almacenar más datos que los códigos de barras tradicionales. La etiqueta contiene datos en forma de Código de producto electrónico (EPC), un sistema global de identificación de artículos basado en RFID desarrollado por Auto-ID Center. Tres tipos de etiquetas se utilizan. Las etiquetas RFID pasivas se basan en la energía de radiofrecuencia transferida desde el lector a la etiqueta para alimentar la etiqueta; no funcionan con pilas. Las aplicaciones de estos se pueden encontrar en las cadenas de suministro, pasaportes, peajes electrónicos y seguimiento a nivel de artículo. Las etiquetas RFID activas tienen su propio suministro de batería y puede instigar la comunicación con un lector activo Las etiquetas pueden contener sensores externos para controlar la temperatura, la presión, los productos químicos y otras condiciones. Las etiquetas RFID activas se utilizan en la fabricación, hospitales laboratorios y gestión de activos de TI de teledetección. Las etiquetas RFID semi pasivas usan baterías para alimentar el microchip mientras se comunica extrayendo energía del

lector. Etiquetas RFID activas y semi pasivas cuestan más que las etiquetas pasivas (Lee y Lee 2015).

Todo sistema RFID se compone principalmente de cuatro elementos:

· Una etiqueta RFID, también llamada tag o transpondedor (transmisor y receptor). La etiqueta se inserta o adhiere en un objeto, animal o persona, portando información sobre el mismo. En este contexto, la palabra “objeto” se utiliza en su más amplio sentido: puede ser un vehículo, una tarjeta, una llave, un paquete, un producto, una planta, etc. Consta de un microchip que almacena los datos y una pequeña antena que habilita la comunicación por radiofrecuencia con el lector.

· Un lector o interrogador, encargado de transmitir la energía suficiente a la etiqueta y de leer los datos que ésta le envíe. Consta de un módulo de radiofrecuencia (transmisor y receptor), una unidad de control y una antena para interrogar los tags vía radiofrecuencia. Los lectores están equipados con interfaces estándar de comunicación que permiten enviar los datos recibidos de la etiqueta a un subsistema de procesamiento de datos, como puede ser un ordenador personal o una base de datos.
Algunos lectores llevan integrado un programador que añade a su capacidad de lectura, la habilidad para escribir información en las etiquetas.

· Un ordenador, host o controlador, que desarrolla la aplicación RFID. Recibe la información de uno o varios lectores y se la comunica al sistema de información. También es capaz de transmitir órdenes al lector.

· Adicionalmente, un middleware y un sistema ERP de gestión de sistemas IT son necesarios para recoger, filtrar y manejar los datos. Todos estos elementos conforman un sistema RFID, ver figura 3, que, atendiendo a distintos criterios relacionados con las características técnicas y operacionales de cada uno de los componentes, puede ser de diversos tipos (Portillo, Bermejo y Bernardos, 2007).

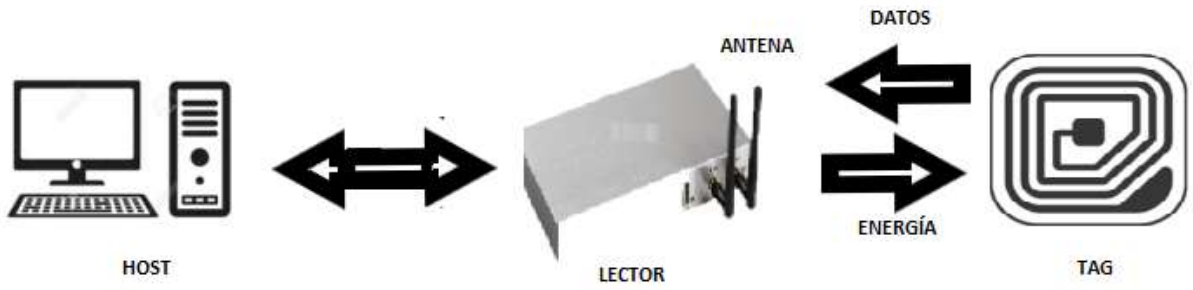


Figura 3: Sistema básico RFID. Fuente: Elaboración propia.

2.6.2 Etiquetas

Una etiqueta RFID, también llamada tag o transpondedor (transmisor y receptor). La etiqueta se inserta o adhiere en un objeto, animal o persona, portando información sobre el mismo. En este contexto, la palabra “objeto” se utiliza en su más amplio sentido: puede ser un vehículo, una tarjeta, una llave, un paquete, un producto, una planta, etc. Consta de un microchip que almacena los datos y una pequeña antena que habilita la comunicación por radiofrecuencia con el lector, según Portillo, Bermejo, y Bernardos (2007), se pueden dividir:

Según el modo de alimentación:

• Etiquetas activas: Estas etiquetas necesitan el apoyo de baterías adicionales, ya que no tienen suficiente energía con la que proporciona el lector. Este tipo de etiqueta tiene la ventaja de poseer un alcance mayor de comunicación e incluso no necesitan que el lector sea quién inicie la comunicación. Además, permiten habitualmente procesos de lectura y reescritura enviando previamente instrucciones al lector y la utilización de memorias más grandes (existen etiquetas con 1Mb de memoria). Por el contrario, ofrecen una vida útil limitada (menos de diez años), dependiendo del tipo de batería y de las temperaturas a las que opera. También hay que destacar que su coste es bastante elevado, su precio suele ser 5 veces más alto. De esta forma aparecen nuevas

aplicaciones para sistema RFID gracias a este tipo de etiquetas alimentadas por baterías, ver figura 4.

Figura 4. Etiqueta Activa. Fuente: Ramírez (2018).

• Etiquetas pasivas: Estas etiquetas no necesitan baterías adicionales, ya que únicamente se alimentan de la energía del campo generado por el lector. Para las etiquetas pasivas, la energía que necesitan para transmitir la información que contienen, proviene en su totalidad de la señal generada por el lector. Estas etiquetas aprovechan la energía subministrada por un lector para generar su propia señal que recibe nuevamente el lector, ver figura 5.

Figura 5. Etiqueta Pasiva. Fuente: Ramírez (2018).

Según su capacidad de programación:

· De sólo lectura: las etiquetas se programan durante su fabricación y no pueden ser reprogramadas.
· De una escritura y múltiples lecturas: las etiquetas permiten una única reprogramación.

· De lectura/escritura: las etiquetas permiten múltiples reprogramaciones.
· Se clasifican según el rango de frecuencia de trabajo:

Según su frecuencia de trabajo

· Baja Frecuencia (LF): se refiere a rangos de frecuencias entre 125 KHz a 135 KHz. Estas etiquetas se utilizan principalmente para el rastreo de animales, para pacientes en hospitales, para inmovilizadores de vehículos entre otras aplicaciones. Esta es la tecnología más madura entre todas las etiquetas RFID. En general, estas etiquetas son pasivas, tienen rangos de lectura cortos (pocas pulgadas), usan un acoplamiento inductivo de campo cercano, usan antenas de bobina de alambre de cobre, y poseen una capacidad de manejo de datos mínima. Tienen una capacidad anticolisión muy limitada o nula (Karmakar, 2011).

· Alta Frecuencia (HF): cuando la frecuencia de funcionamiento es de 13,56 MHz. Estas etiquetas son etiquetas pasivas que usan un acoplamiento inductivo de campo cercano con un rango de lectura de aproximadamente 3 pies, y tienen una mayor capacidad de manejo de datos con una mayor tasa de transferencia de datos en comparación con las etiquetas LF. Tiene disposiciones para anticolisión; sin embargo, debido a que el rango de lectura es bajo, esta tecnología rara vez se utiliza. (Karmakar, 2011).

· Ultra Alta Frecuencia (UHF): comprende las frecuencias de funcionamiento en las bandas de 433 MHz (etiquetas activas), 860 MHz, 928 MHz (etiquetas pasivas y semi pasivas) (Karmakar, 2011).

· Frecuencia de Microondas: comprende las frecuencias de funcionamiento en las bandas de 2,45 GHz y 5,8 GHz. Se dispone de etiquetas pasivas, semi pasivas y activas en este rango de frecuencias, con una reducción considerable del tamaño. El rango de lectura para las etiquetas pasivas es de alrededor de 15 pies, en las semi pasivas es de alrededor de 100 pies y en las activas alrededor de 350 pies (Karmakar, 2011).

2.6.3 Lector

Lector/Escritor: Se encarga de enviar periódicamente señales de radio, para que sean recibidas y transmitidas por las etiquetas, con la información programada en ellas.

Un lector, escritor o también llamado interrogado, ver figura 6, es el dispositivo que proporciona energía a las etiquetas, lee los datos que le llegan de vuelta y los envía al sistema de información. Con el fin de cumplir tales funciones, está equipado con un módulo de radiofrecuencia (transmisor y receptor), una unidad de control y una antena. Además, el lector incorpora un interfaz a un PC, host o controlador, a través de un enlace local o remoto: RS232, RS485, Ethernet, WLAN (RF, WiFi, Bluetooth, etc.), que permite enviar los datos del transpondedor al sistema de información (Ramírez, 2018).

El lector puede actuar de tres modos:

- Interrogando su zona de cobertura continuamente, si se espera la presencia de múltiples etiquetas pasando de forma continua.
- Interrogando periódicamente, para detectar nuevas presencias de etiquetas.
- Interrogando de forma puntual, por ejemplo, cuando un sensor detecte la presencia de una nueva etiqueta.

Figura 6. Lector/Escritor. Fuente: Ramírez (2018).

2.6.4 Antena

La antena del lector es el elemento que habilita la comunicación entre el lector y el transpondedor. Las antenas están disponibles en una gran variedad de formas y tamaños

como se muestra en la figura 7. Su diseño puede llegar a ser crítico, dependiendo del tipo de aplicación para la que se desarrolle. Este diseño puede variar desde pequeños dispositivos de mano hasta grandes antenas independientes. Por ejemplo, las antenas pueden montarse en el marco de puertas de acceso para controlar el personal que pasa, o sobre una cabina de peaje para monitorizar el tráfico que circula (Ruiz, 2011).

La mayor parte de las antenas se engloban en alguna de las siguientes categorías.

- Antenas de puerta (uso ortogonal).
- Antenas polarizadas circularmente.
- Antenas polarizadas linealmente.
- Antenas omnidireccionales. ·
- Antenas de varilla.
- Dipolos o multipolos.
- Antenas adaptativas o de arrays.

Antena RFID Universal Zebra AN480	Antenas robustas
Antena RFID Largo Alcance Directiva de Kathrein	Antenas corto alcance

Antenas para el Suelo	Antena de RFID SR5502 para trastienda y almacén

Figura 7 Tipos de antenas. Fuente: Dipole Analyst S.L.

2.6.4.1 EPC (Electronic Product Code)

EPCGlobal, organización de empresas específicamente orientada a desarrollar estándares globales para un Código Electrónico de Producto (EPC, Electronic Product Code), tiene el objetivo de normalizar la información contenida en las etiquetas RFID. En la Tabla 2 se resumen los diferentes protocolos que especifica EPC junto con el tipo de etiquetas y rango de frecuencias que lleva asociadas.

Tabla 2. Protocolo EPCGlobal para RFID

Protocolo	Frecuencia	Tipo de etiqueta
Clase 0	UHF	Sólo lectura
Clase 0 Plus	UHF	Lectura - escritura
Clase 1	HF/UHF	Una escritura, múltiples lecturas
Clase 1 Gen2	UHF	Una escritura, múltiples lecturas
Clase 2	UHF	Lectura y escritura
Clase 3	UHF	Clase 2 más batería y sensores
Clase 4	UHF	Etiquetas activas
Clase 5	UHF	Clase 4 + capacidad de lectura

Fuente: EPCGlobal (2018).

El código EPC está dividido en número de identifican al fabricante y un número serial correspondiente al producto y su versión. Los rangos de memoria del código EPC van

desde los 64 a los 265 bits, con cuatro campos distintivos, como se muestra en la figura 8 (Ruiz, 2011).

1. Cabecera: denota la versión de código utilizada para la programación en cual utiliza 8 bits
2. Número Manager: Indica el nombre de la empresa de hasta 28 bits
3. Clase de objeto: representa en tipo de objeto a identificar utilizando 24 bits
4. Número de serie único de hasta 36 bits

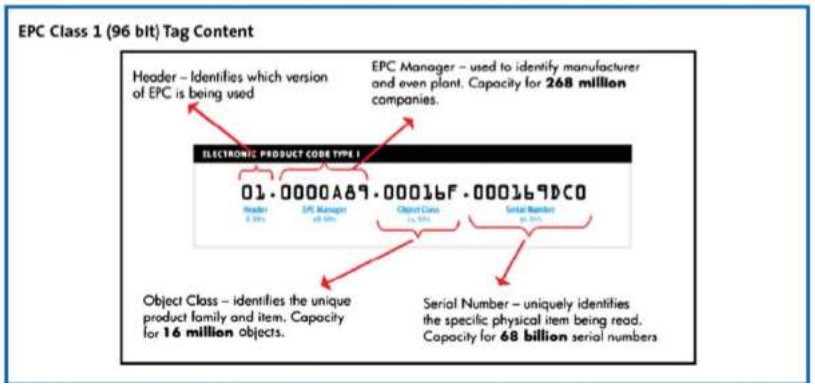


Figura 8. Formato EPC. Fuente: Roberts (2006).

2.6.5 Estándares de RFID

La enorme cantidad de aplicaciones en las que se utiliza RFID y la necesidad de interoperabilidad entre diferentes sistemas exige una estandarización de la tecnología RFID. El propósito de los estándares RFID es crear uniformidad en la industria RFID y, por lo tanto, mejorar la eficiencia de los sistemas RFID y aumentar el crecimiento de la industria. Entre los muchos organismos de normalización que existen en todo el mundo, cabe mencionar los siguientes. (Zamora, 2014).

- Organizaciones Internacionales de Normalización (ISO)
- Comisión Electrotécnica Internacional (IEC)
- Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)

- Código de producto electrónico global (EPC Global)

2.6.6 Unidad de control

Constituida básicamente por un microprocesador, como se ve en la figura 9. En ocasiones, para aliviar al microprocesador de determinados cálculos, la unidad de control incorpora un circuito integrado ASIC (Application Specific Integrated Circuit), adaptado a los requerimientos deseados para la aplicación.

La unidad de control se encarga de realizar las siguientes funciones:

· Codificar y decodificar los datos procedentes de los transpondedores.
· Verificar la integridad de los datos y almacenarlos.
· Gestionar el acceso al medio: activar las etiquetas, inicializar la sesión, autenticar y autorizar la transmisión, detectar y corregir errores, gestionar el proceso de multilectura (anticolisión), cifrar y descifrar los datos, etc.
· Comunicarse con el sistema de información, ejecutando las órdenes recibidas y transmitiéndole la información obtenida de las etiquetas.

Una de las funciones más críticas que debe realizar la unidad de control es gestionar el acceso al medio. Cuando se transmite información mediante una tecnología que no requiere contacto físico, existe la posibilidad de que aparezcan interferencias que provoquen cambios indeseados a los datos transmitidos y, en consecuencia, errores durante la transmisión, ver figura 9. Para evitar este problema se utilizan procedimientos de comprobación (checksum). Los más comunes son la comprobación de bits de paridad, comprobación de redundancia longitudinal (LRC, Longitudinal Redundancy Check) y comprobación de redundancia cíclica (CRC, Cyclic Redundancy Check) (García, Nieto, Barbolla y Salles, 2008).

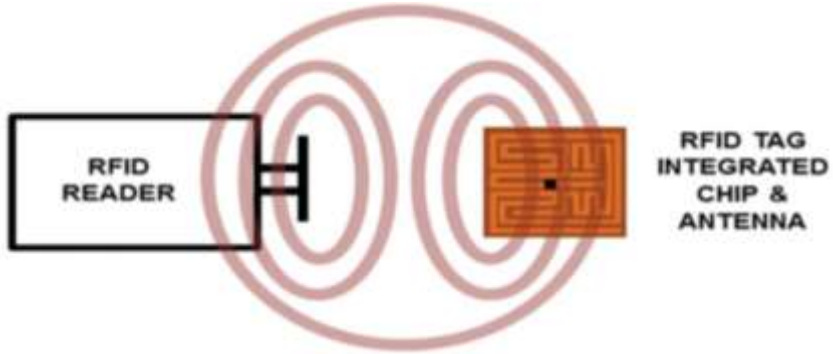


Figura 9. Unidad de control, Fuente: Million Tech Development Limited.

2.6.7 Middleware

El middleware es el software que se ocupa de la conexión entre el hardware de RFID y los sistemas de información existentes (y posiblemente anteriores a la implantación de RFID) en la aplicación. Del mismo modo que un PC, los sistemas RFID hardware serían inútiles sin un software que los permita funcionar. Esto es precisamente el middleware. Se ocupa, entre otras cosas, del encaminamiento de los datos entre los lectores, las etiquetas y los sistemas de información, y es el responsable de la calidad y usabilidad de las aplicaciones basadas en RFID. El middleware de RFID se ocupa por tanto de la transmisión de los datos entre los extremos de la transacción. Por ejemplo, en un sistema RFID basado en etiquetas, en el proceso de lectura se ocuparía de la transmisión de los datos almacenados en una de las etiquetas al sistema de información (García, Nieto, Barbolla y Salles, 2008).

Las cuatro funciones principales del middleware de RFID son:

· Adquisición de datos. El middleware es responsable de la extracción, agrupación y filtrado de los datos procedentes de múltiples lectores RFID en un sistema complejo. Sin la existencia del middleware, los sistemas de información de las empresas se colapsarían con rapidez.

· Encaminamiento de los datos. El middleware facilita la integración de las redes de elementos y sistemas RFID de la aplicación. Para ello dirige los datos al sistema apropiado dentro de la aplicación.

· Gestión de procesos. El middleware se puede utilizar para disparar eventos en función de las reglas de la organización empresarial donde opera, por ejemplo, envíos no autorizados, bajadas o pérdidas de stock, etc.

· Gestión de dispositivos. El middleware se ocupa también de monitorizar y coordinar los lectores RFID, así como de verificar su estado y operatividad, y posibilita su gestión remota.

Muchos de los middlewares desarrollados o en desarrollo se ajustan a los estándares de EPCglobal, conocidos como Savant. La especificación Savant ordena los componentes del middleware de acuerdo a sus funciones. En la actualidad, el desarrollo del middleware dista de ser algo acabado. Los sistemas actuales se centran sobre todo en la integración y la coordinación, con funciones de filtrado básicas. La evolución será hacia la gestión avanzada de dispositivos, integración de aplicaciones, integración de partners, gestión de procesos y posibilidad de desarrollo de aplicaciones. Debido al reciente interés que ha surgido en el middleware, han aparecido gran cantidad de suministradores, aunque no se puede decir que en la actualidad exista ninguno que sea dominante. Algunos de los actores en el mercado en este momento son:

· Proveedores de software de aplicación empresarial: Provia, Maniatan Associates y RedPrairie.

· Proveedores de software de infraestructura, como Sun, IBM, Oracle, SAP, y Microsoft, que están ampliando sus productos middleware existentes para incluir RFID.

· Los fabricantes de equipamiento RFID extienden sus líneas de producto y se introducen en el mercado del middleware. Como ejemplos tenemos Zebra, Check Point e Internec.

· Empresas recién llegadas a este ámbito, como GlobeRanger, OutSystems, ConnecTerra y Data Brokers, ofrecen productos para filtrado de datos y gestión y aplicación de reglas de negocio empresarial. (García, Nieto, Barbolla y Salles, 2008).

Middleware es una clase de tecnologías de software diseñadas para ayudar a gestionar la complejidad y heterogeneidad inherentes a sistemas distribuidos. Se define como una capa de software por encima del sistema operativo, pero por debajo del programa de aplicación, que proporciona una abstracción de programación común en un sistema distribuido, como se muestra en la Figura 10. Al hacerlo, proporciona un bloque de construcción de nivel superior para los programadores que las interfaces de programación de aplicaciones (API), como sockets proporcionados por el sistema operativo. Esto reduce significativamente la carga de los programadores de aplicaciones. liberándolos de este tipo de programación tediosa y propensa a errores. El middleware a veces se llama informalmente "Fontanería" porque conecta partes de una aplicación distribuida con conductos de datos y luego pasa datos entre ellos. (Bakken, D. E., 2021).

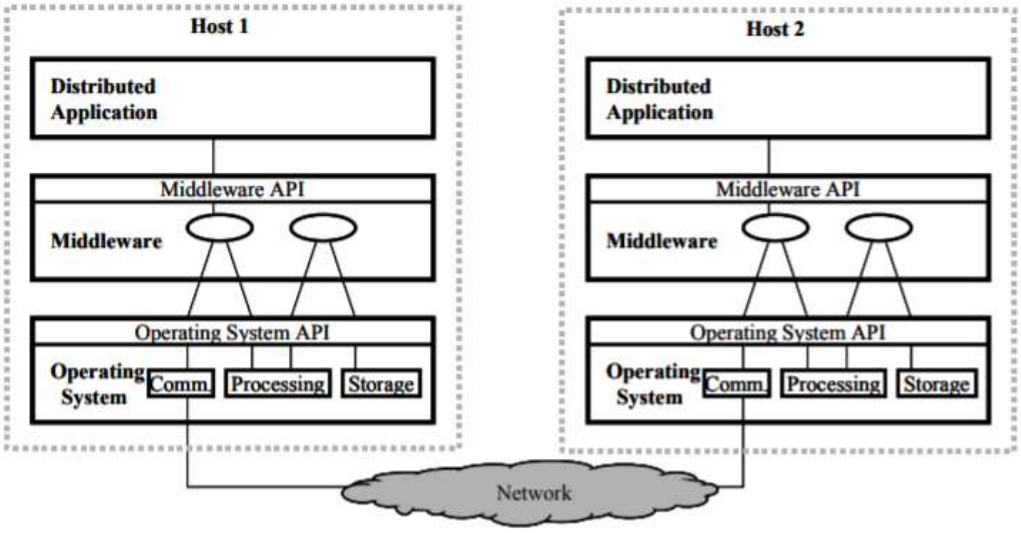


Figura 10. Capa de middleware en contexto. Fuente: Bakken, D. E. (2021).

2.6.8 Identificación por radiofrecuencia RFID

La identificación por radiofrecuencia (RFID) permite la identificación automática y la captura de datos mediante radio ondas, una etiqueta y un lector. La etiqueta puede almacenar más datos que los códigos de barras tradicionales. La etiqueta contiene datos en forma de Código de producto electrónico (EPC), un sistema global de identificación de artículos basado en RFID desarrollado por Auto-ID Center.

Existen tres tipos de se utilizan etiquetas. Las etiquetas RFID pasivas se basan en la energía de radiofrecuencia transferida desde el lector a la etiqueta para alimentar la etiqueta; no funcionan con pilas. Las etiquetas RFID activas tienen su propio suministro de batería y puede instigar la comunicación con un lector activo. Las etiquetas RFID semi pasivas usan baterías para alimentar el microchip mientras se comunica extrayendo energía del lector. Etiquetas RFID activas y semi pasivas cuestan más que las etiquetas pasivas (Lee y Lee 2015).

2.7 Protocolo MQTT

MQTT es un protocolo de mensajería estándar de OASIS para Internet de las cosas (IoT). Está diseñado como un transporte de mensajería de publicación / suscripción extremadamente liviana que es ideal para conectar dispositivos remotos con una huella de código pequeña y un ancho de banda de red mínimo. Hoy en día, MQTT se utiliza en una amplia variedad de industrias, como la automotriz, la fabricación, las telecomunicaciones, el petróleo y el gas, etc., MQTT (2021).

La arquitectura típica de MQTT se puede dividir en dos componentes principales como se muestra en la figura 11. Cada componente se describe brevemente a continuación:

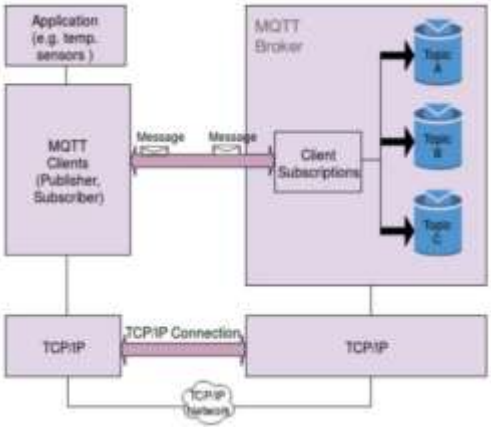


Figura 11 Arquitectura MQTT. Fuente: Soni, D., y Makwana, A. (abril, 2017).

1) Cliente: el cliente puede ser un editor o suscriptor y siempre establece la conexión de red al servidor (Corredor). Puede hacer las siguientes acciones: (Soni, D., y Makwana, A., abril, 2017).

- Publicar mensajes para los usuarios interesados.
- Suscríbete en el tema interesado para recibir mensajes.
- Darse de baja para extraer de los temas suscritos.
- Separarse del Bróker

2) Bróker: El Bróker controla la distribución de información y principalmente responsable de recibir todos los mensajes de editor, filtrarlos, decidir quién está interesado en él y luego enviando los mensajes a todos los clientes suscritos. Puede hacer las siguientes acciones: (Soni, D., y Makwana, A., abril, 2017).

- Aceptar solicitudes de clientes.
- Recibe mensajes publicados por los usuarios.
- Procesa diferentes solicitudes como suscribirse y darse de baja de los usuarios.
- Después de recibir mensajes del editor, lo envía a los Usuarios interesados.

2.7.1 Mosquitto

Según Antonić, A., Marjanović, M., Skočir, P., y Žarko, I. P. (julio, 2015), Mosquitto es un corredor de mensajes de código abierto que proporciona una implementación de servidor de la telemetría de cola de mensajes Protocolo de transporte (MQTT). MQTT es una publicación / suscripción Protocolo de mensajería ligero optimizado para conectarse dispositivos y eventos con servidores empresariales y otros consumidores. Como resultado, es adecuado para ser utilizado para el desarrollo de Aplicaciones IoT / M2M. MQTT se inventó como propiedad protocolo en IBM en 1999. Sin embargo, ahora se publica abiertamente y desde 2014 todas las actividades de normalización relativas a MQTT son llevadas a cabo por un consorcio llamado OASIS – Advancing estándares abiertos para la sociedad de la información.

MQTT define dos entidades: un cliente que se suscribe a un tema específico y puede publicar cierto contenido, y un componente de intermediario para procesar publicaciones y suscripciones. MQTT está diseñado de una manera que utiliza una implementación simple en del lado del cliente, mientras que todas las complejidades del sistema residen por parte del corredor. MQTT admite un lenguaje menos expresivo modelo de suscripción jerárquico basado en temas. Está situado en la capa de aplicación en el modelo OSI, ya que no especifica cualquier técnica de enrutamiento o redes subyacente y emplea Pila de protocolos TCP / IP para el intercambio de mensajes.

2.8 Arduino

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software fáciles de usar. Las placas Arduino pueden leer entradas (luz en un sensor, un dedo en un botón o un mensaje de Twitter) y convertirlo en una salida, activando un motor, encendiendo un LED, publicando algo en línea. Puede decirle a su tablero qué hacer enviando un conjunto de instrucciones al microcontrolador en el tablero. Para hacerlo, utiliza el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el Software Arduino (IDE) , basado en Processing, ver figura 12.

Arduino nació en el Ivrea Interaction Design Institute como una herramienta fácil para la creación rápida de prototipos, dirigida a estudiantes sin experiencia en electrónica y programación. Tan pronto como llegó a una comunidad más amplia, la placa Arduino comenzó a cambiar para adaptarse a las nuevas necesidades y desafíos, diferenciando su oferta desde placas simples de 8 bits hasta productos para aplicaciones de IoT, wearables, impresión 3D y entornos integrados. Todas las placas Arduino son completamente de código abierto, lo que permite a los usuarios construirlas de forma independiente y eventualmente adaptarlas a sus necesidades particulares. El software también es de código abierto y está creciendo gracias a las contribuciones de los usuarios de todo el mundo (Arduino, 2021).

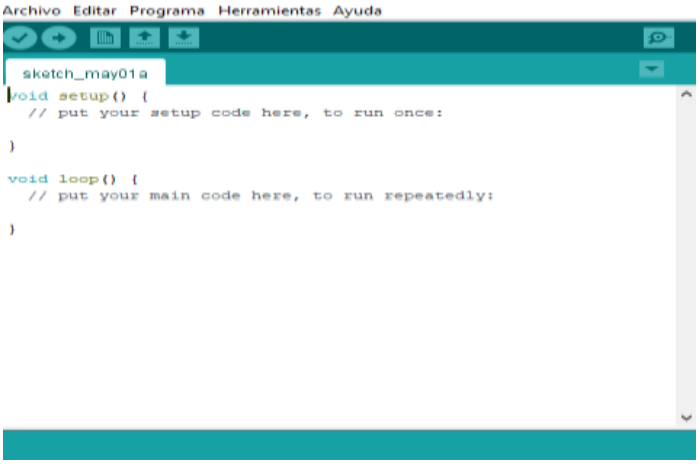


Figura 12. Software Arduino. Fuente: Arduino (2021).

2.9 Node-RED

Node-RED es una herramienta de programación basada en flujos, de código abierto, desarrollada originalmente por el equipo de IBM's Emerging Technology Services y, en la actualidad, forma parte de la JS Foundation. La programación basada en flujo es una forma de describir el comportamiento de una aplicación como una red de cajas negras o "nodos". Se proporciona una extensa cantidad y tipos de nodos cuando se realiza la instalación, organizados en paletas. En caso de necesitar funcionalidades extra existe la posibilidad de programar nodos nuevos, modificar los existentes e instalar nodos creados

por otros usuarios (Tivani, A. E. A., Murdocca, R. M., Paez, C. F. S., y Gazzano, J. D. D., 2019).

Node-RED proporciona un editor de flujo basado en navegador, que puede utilizarse para crear funciones de JavaScript. Los elementos de las aplicaciones se pueden guardar o compartir para su reutilización. El tiempo de ejecución es construido sobre Node.js. Los flujos creados en Node-RED se almacenan usando JSON. Desde la versión 0.14, los nodos MQTT pueden hacer conexiones TLS configuradas correctamente (Kodali, R. K., y Anjum, A., agosto 2018).

2.10 NodeMCU

Según Al Dahoud, A., y Fezari, M. (2018), NodeMCU V3, ver figura 15, es un firmware de código abierto y un kit de desarrollo que desempeña un papel vital en el diseño de un producto de IoT utilizando unas pocas líneas de secuencia de comandos. Por ser un firmware de código abierto da la flexibilidad de editar, modificar y reutilizar el módulo existente.

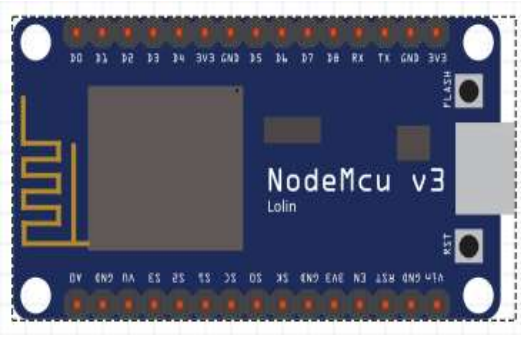


Figura 13. Módulo NodeMCU. Fuente: Software Fritzing.

Múltiples pines GPIO en la placa nos permiten conectarla con otros periféricos y son capaces de generar PWM, I2C, SPI y UART de comunicación serial.

El convertidor de USB a UART se agrega en el módulo que ayuda a convertir datos USB

a datos UART que comprenden principalmente el lenguaje de comunicación serie. El puerto MicroUSB se incluye en el módulo que lo conecta con la computadora con doble propósito: programar y encender el tablero. La placa incorpora LED de estado que parpadea y se apaga inmediatamente, dándole el estado actual del módulo si está funcionando correctamente cuando está conectado con la computadora.

Nega, M., Susanti, E., y Hamzah, A. (2019), dice que debido a que el corazón de NodeMCU es el ESP8266 (especialmente la serie ESP-12, incluido el ESP-12E), las características de NodeMCU serán más o menos las mismas que ESP-12 (también ESP-12E para NodeMCU v.2 y v .3), que se construye sobre la base del lenguaje de programación e-Lua, que es más o menos similar al Java script. Algunas de estas características incluyen:

a. 10 Puerto GPIO de DO - D10
b. Funcionalidad PWM
c. Interfaces I2C y SPI
d. 1 interfaz de cable
e. Convertidor analógico digital

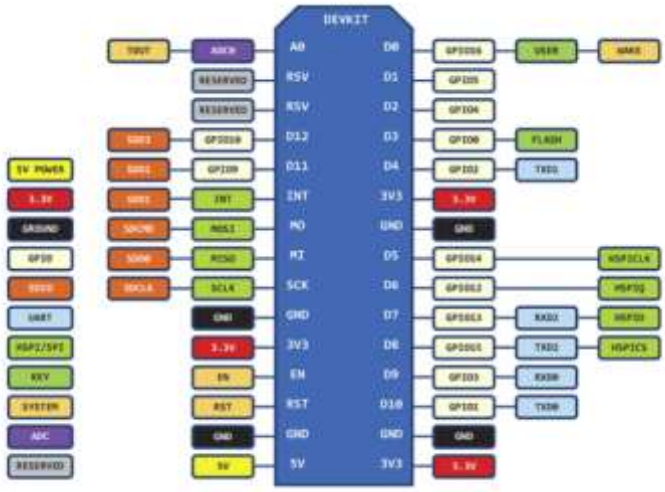


Figura 14. Diagrama a bloques del NodeMCU. Fuente: Adnan, A. R. (2019).

2.11 Visual Studio 2019

El entorno de desarrollo integrado de Visual Studio es un panel de inicio creativo que se puede usar para editar, depurar y compilar código y, después, publicar una aplicación. Un entorno de desarrollo integrado (IDE) es un programa con numerosas características que se pueden usar para muchos aspectos del desarrollo de software. Más allá del editor estándar y el depurador que proporcionan la mayoría de IDE, Visual Studio incluye compiladores, herramientas de finalización de código, diseñadores gráficos y muchas más características para facilitar el proceso de desarrollo de software. En la figura 15, se muestra el entorno de Visual Studio con un proyecto abierto y varias ventanas de herramientas clave (Microsoft, 2021).

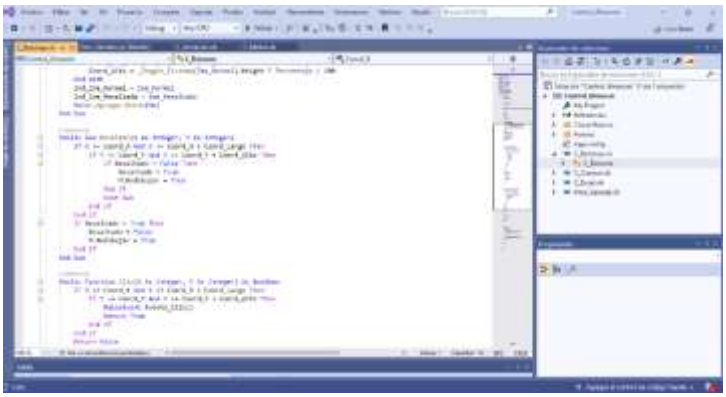


Figura 15. Entorno Visual Studio. Fuente: Microsoft (2021).

2.11.1 Visual Basic

El lenguaje de programación Visual Basic 6.0 es una excelente herramienta de programación que permite crear aplicaciones propias (programas) para Windows 95/98 o Windows NT. Con ella se puede crear desde una simple calculadora hasta una hoja de cálculo de la talla de Excel, pasando por un procesador de textos o cualquier otra aplicación que se le ocurra al programador. Sus aplicaciones en Ingeniería son casi ilimitadas: representación de movimientos mecánicos o de funciones matemáticas, gráficas termodinámicas, simulación de circuitos, etc. Este programa permite crear

ventanas, botones, menús y cualquier otro elemento de Windows de una forma fácil e intuitiva (García, Rodríguez y Brazález, 1999).

2.12 Internet de las cosas

En términos generales, IoT se refiere a la conexión en red de objetos cotidianos, que a menudo están equipados con inteligencia ubicua. IoT aumenta la ubicuidad de internet al integrar cada objeto para la interacción a través de sistemas integrados, lo que conduce a una red altamente distribuida de dispositivos. Gracias a los rápidos avances en las tecnologías subyacentes, IoT está abriendo enormes oportunidades para una gran cantidad de aplicaciones novedosas que prometen mejorar la calidad de nuestras vidas (Xia F., Yang L.T, Wang l. y Vinel A., 2012).

Uno de los mayores avances de la tecnología de internet de las cosas es hacer que el mundo físico y el mundo de la información estén juntos. Los sensores juegan un papel muy importante para cerrar la brecha entre el mundo físico y el mundo de la información. Los sensores recopilan datos de su entorno, generando información que genera conciencia sobre su contexto. Por lo tanto, el cambio de su entorno puede ser monitoreado y puede dar algunas respuestas si es necesario (Tan y Wang, 2010).

2.13 Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMEF)

La metodología del análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF, FMEA, Failure Mode and Effects Analysis), proporciona la orientación y los pasos que un grupo de personas debe seguir para identificar y evaluar las fallas potenciales de un producto o un proceso, junto con el efecto que provocan éstas. A partir de lo anterior, el grupo establece prioridades y decide acciones para intentar eliminar o reducir la posibilidad de que ocurran las fallas potenciales que más vulneran la confiabilidad del producto o el proceso. (Reyes, 2007).

Con la finalidad de disminuir fallas, aumentar la confiabilidad del sistema y maximizar la satisfacción del cliente, se aplica la metodología AMEF, en el cual se considera la ocurrencia de algún fallo que pueda experimentar el cliente interno como el externo.

Según Bestratén, M., Orriols, R., y Mata, C. (2001), en primer lugar, para comenzar el proceso para realizar un AMEF habría que definir si el AMEF a realizar es de proyecto o de producto/proceso. A continuación, se enlistan los pasos necesarios.

Denominación del componente e identificación

Debe identificarse el producto o el proceso incluyendo todos los subconjuntos y los componentes que forman parte del producto/proceso que se vaya a analizar, bien sea desde el punto de vista de diseño del producto/proyecto o del proceso propiamente dicho. Es útil complementar tal identificación con códigos numéricos que eviten posibles confusiones al definir los componentes.

Parte del componente. Operación o función

Para el AMEF de diseño se incluyen las partes del componente en que puede subdividirse y las funciones que realiza cada una de ellas, teniendo en cuenta las interconexiones existentes.

Para el AMEF de proceso se describirán todas las operaciones que se realizan a lo largo del proceso o parte del proceso productivo considerado, incluyendo las operaciones de aprovisionamiento, de producción, de embalaje, de almacenado y de transporte.

Fallo o Modo de fallo

El “Modo de Fallo Potencial” se define como la forma en la que una pieza o conjunto pudiera fallar potencialmente a la hora de satisfacer el propósito de diseño/proceso, los requisitos de rendimiento y/o las expectativas del cliente.

Los modos de fallo potencial se deben describir en términos “físicos” o técnicos, no como síntoma detectable por el cliente. El error humano de acción u omisión en principio no es un modo de fallo del componente analizado. Es recomendable numerarlos correlativamente. Un fallo puede no ser detectable inmediatamente, ello como se ha dicho es un aspecto importante a considerar y por tanto no debería nunca pasarse por alto.

Efecto/s del fallo

Se trata de describir las consecuencias no deseadas del fallo que se puede observar o detectar, y siempre deberían indicarse en términos de rendimiento o eficacia del producto/proceso. Es decir, hay que describir los síntomas tal como lo haría el propio usuario.

Cuando se analiza solo una parte se tendrá en cuenta la repercusión negativa en el conjunto del sistema, para así poder ofrecer una descripción más clara del efecto. Si un modo de fallo potencial tiene muchos efectos, a la hora de evaluar, se elegirán los más graves.

Causas del modo de fallo

La causa o causas potenciales del modo de fallo están en el origen del mismo y constituyen el indicio de una debilidad del diseño cuy a consecuencia es el propio modo de fallo. Es necesario relacionar con la mayor amplitud posible todas las causas de fallo concebibles que pueda asignarse a cada modo de fallo. Las causas deberán relacionarse de la forma más concisa y completa posible para que los esfuerzos de corrección puedan dirigirse adecuadamente. Normalmente un modo de fallo puede ser provocado por dos o más causas encadenadas.

Medidas de ensayo y control previstas en muchos AMEF suele introducirse este apartado de análisis para reflejar las medidas de control y verificación existentes para asegurar la calidad de respuesta del componente/producto/proceso. La fiabilidad de tales medidas

de ensayo y control condicionará a su vez a la frecuencia de aparición de los modos de fallo. Las medidas De control deberían corresponderse para cada una de las causas de los modos de fallo.

Gravedad

Se debe determinar la importancia o severidad del efecto del modo de fallo potencial para el cliente (no teniendo que ser este el usuario final); valora el nivel de consecuencias, con lo que el valor del índice aumenta en función de la insatisfacción del cliente, la degradación de las prestaciones esperadas y el coste de reparación. La clasificación debe diseñarlo cada empresa en función del producto, servicio, proceso en concreto, como ejemplo ver la tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de la gravedad del modo fallo según la repercusión en el cliente/usuario

Gravedad	Criterio	Valor
Muy Baja **Repercusiones imperceptibles**	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja **Repercusiones irrelevantes, apenas perceptibles**	El tipo de fallo originaria un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observara un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable	2-3
Moderada **Defectos de relativa importancia**	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	9-10

Fuente: Bestratén, M., Orriols, R., y Mata, C. (2001).

Frecuencia

Es la Probabilidad de que una causa potencial de fallo (causa específica) se produzca y dé lugar al modo de fallo (Bestratén, M., Orriols, R., y Mata, C., 2001).

Se trata de una evaluación subjetiva, con lo que se recomienda, si se dispone de información, utilizar datos históricos o estadísticos. Si en la empresa existe un Control Estadístico de Procesos es de gran ayuda para poder objetivar el valor. No obstante, la experiencia es esencial. La frecuencia de los modos de fallo de un producto final con funciones clave de seguridad, adquirido a un proveedor, debería ser suministrada al usuario, como punto de partida, por dicho proveedor. Una posible clasificación se muestra en la tabla 4.

La única forma de reducir el índice de frecuencia es:

• Cambiar el diseño, para reducir la probabilidad de que el fallo pueda producirse.

• Incrementar o mejorar los sistemas de prevención y/o control que impiden que se produzca la causa de fallo.

Tabla 4. Clasificación de la frecuencia/ probabilidad de ocurrencia del modo de fallo

Gravedad	Criterio	Valor
Muy Baja improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-6
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	7-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

Fuente: Bestratén, M., Orriols, R., y Mata, C. (2001).

Controles actuales

En este apartado se deben reflejar todos los controles existentes actualmente para prevenir las causas del fallo y detectar el efecto resultante.

Detectabilidad

Este índice indica la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, supuestamente aparecido, sea detectado con antelación suficiente para evitar daños, a través de los "controles actuales" existentes a tal fin. Es decir, La capacidad de detectar el fallo antes de que llegue al cliente final. Inversamente a los otros índices, cuanto menor sea la capacidad de detección mayor será el índice de detectabilidad y mayor el consiguiente Índice de Riesgo, determinante para priorizar la intervención. Ver la tabla 5.

Tabla 5. Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo

Gravedad	Criterio	Valor
Muy alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes.	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque se haya detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final	9-10

Fuente: Bestratén, M., Orriols, R., y Mata, C. (2001).

Número de prioridad del riesgo (NPR)

Calcular el NPR para efecto-causas-controles, que es el resultado de multiplicar la puntuación dada a la severidad (S-13) del efecto de falla, por las probabilidades de

ocurrencia (O-16) para cada causa de falla, y por las posibilidades de que los mecanismos de control detecten (D-18) cada cusa de falla. Es decir, para cada efecto se tienen varias causas y para cada causa un grupo de controles.

NPR = (S) x (O) x (D)

El NPR cae en un rango del 1 a 1 000 y proporciona un indicador relativo de todas las causas de falla. Alos más altos números de NPR se les deberá dar prioridad para acciones correctivas, Y sea para prevenir la cusa o por lo menos para emplear mejores controles de detección. Especial atención debe darse cuando se tengan altos NPR (mayores a 80) con severidades altas (Reyes, P., 2007).

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.

3.1 Diseño de la Investigación

3.1.1 Tipo de Investigación

La presente investigación se clasifica en “exploratoria”, teniendo como propósito recolectar información de diversas fuentes y aproximarnos al desarrollo de un prototipo para el control de un almacén, que sirva como referencia para nuevas investigaciones sobre estas necesidades tecnológicas.

3.1.2 Enfoque de investigación

Teniendo un enfoque de investigación mixto se evalúa el prototipo mediante la metodología AMEF, para determinar los posibles riesgos de fallos tanto en los componentes electrónicos como el software de control, para que en nuevas investigaciones contemplen los resultados obtenidos.

3.2 Objeto de Estudio

3.2.1 Descripción del prototipo

El objeto de estudio es un prototipo de control RFID mediante internet de las cosas de un almacén de equipos y herramientas. El prototipo cuenta con un sensor RFID para leer los Tags de los equipos y herramientas de la empresa estudiada en los capítulos anteriores y la información que se obtenga gracias a esta comunicación será transmitida mediante la tecnología de internet de las cosas a un software para la gestión del préstamo y/o alquiler de los dichos instrumentos. Para la parte de implementación del prototipo, será sometido a un análisis AMEF para identificar las posibles fallas de sus componentes electrónicos y de comunicación.

3.3 Lugar de estudio

El área de estudio es en la empresa RJCB S.A de C.V. líder regional en servicios de metal mecánica, localizada en Santiago de la Peña, Veracruz. La compañía se ha comprometido a proporcionar innovaciones integradas para ofrecer excelencia y valor a sus clientes en el giro de la industria metalmecánica, proveyendo servicios en el área de construcción, instalación y renta de herramienta y equipo, por lo que la propuesta está enfocada al almacén de la empresa, a través de la integración de tecnologías de la industria 4.0.

En la actualidad cuenta con un almacén de 3 m x 3m, ver figura 16, en el cual las herramientas están distribuidas al azar, no cuentan con etiquetado y no cuentan con un registro exacto de inventario, por lo que han tenido problemas con el robo o extravío de equipo y herramientas, se han tenido la necesidad de comprar material y/o equipo duplicado generando pérdidas de las ganancias de los proyectos emprendidos.

Figura 16. Almacén de la empresa RCJB.

3.4 Materiales y Métodos

Para el desarrollo de este capítulo se presenta la estructura de las herramientas que se ocuparán para dar solución al problema planteado a través de metodologías específicas, que se desarrollarán.

3.4.1 Procedimiento

A continuación de describirá las actividades a realizar para la resolución de la problemática de nuestra investigación, como se planteó en los objetivos específicos, para dicho fin se describe cada metodología y herramientas utilizadas.

3.4.2 Análisis actual del almacén

Se realizará un inventario de los equipos y herramientas que se encuentran en el interior del almacén, aunque la empresa cuenta con otro almacén, no se tomará en cuenta para este proyecto ya que está al aire libre y no hay restricciones de entradas y salidas. También se analizan sólo los equipos y herramientas que más se utilizan y/o rentan a diario por los trabajadores y los clientes externos.

3.4.2.1 Análisis FODA

El análisis FODA por sus siglas (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas), es una herramienta que ayuda al análisis de la situación actual de una empresa, de un proyecto o proceso, con este análisis vamos a establecer un diagnóstico y conoceremos las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del almacén a estudiar, y así facilitar la toma de decisiones y desarrollo de futuras estrategias.

3.4.3 Diseño del prototipo de control

Derivado de la investigación documental y la amplia diversidad de proyectos que ocupan el RFID se desarrolla un prototipo electrónico que pueda detectar las entradas y salidas de los equipos y herramientas del almacén, también se incluye en dicho prototipo el módulo de Internet de las cosas NodeMCU, el cuál servirá como transmisor en tiempo real de los datos recibidos por el módulo RFID.

Posteriormente se realiza la programación de un software que al recibir la información proporcionada por el módulo de internet de las cosas almacenará dicha información y podrá brindar un reporte en tiempo real de los equipos y herramientas que están disponibles en almacén, las que se cuentan prestada a empleado o los que están rentados por clientes externos.

3.4.4 Software de aplicación de código abierto utilizados para el sistema de control

3.4.4.1 Protocolo de comunicación Mosquitto

MQTT consta de dos conjuntos de mensajes en una conexión, "Publicar" y "Suscribirse", los bloques de datos son enviados por el publicante y son recibidos por subscriptor, estos bloques de datos se identifican por "temas" (Yokotani, T., y Sasaki, Y., septiembre, 2016). El protocolo MQTT será utilizado como un intermediario entre el sensor RFID y Node-Red debido a que el sensor RFID “publicará” la información y los subscriptores escucharán los mensajes publicados.

MQTT es utilizado, debido a que proporciona tres modos de transferencia basados la confiabilidad requerida: QoS0 (transmisión no asegurada), QoS1 (transmisión asegurada) y QoS2 (servicio asegurado en aplicaciones). QoS1 es similar a HTTP desde el punto de vista de la confiabilidad. Si bien HTTP es un protocolo simétrico, MQTT tiene una Arquitectura asimétrica para ligereza. Dado que, en la mayor parte de las comunicaciones para IoT, los dispositivos distribuidos no inteligentes se comunican con

un servidor con capacidad inteligente asimétrica se proporciona comunicación, debido a este punto, MQTT es más adecuado que HTTP (Yokotani, T., y Sasaki, Y., septiembre, 2016).

3.4.4.2 Node-RED

Se utilizará la herramienta de programación Node-RED, que tiene la funcionalidad de conectar dispositivos de hardware y servicios en línea. Node-RED es de código abierto y es una herramienta de programación visual destinada para Internet de las cosas, se ensamblarán flujos de diferentes servicios para la entrada y salida de datos. Se basa en Node.js (del lado del servidor la plataforma javascripting) y permite a los usuarios unir servicios Web y gadgets con una interfaz visual de arrastrar y soltar.

3.4.4.3 Arduino

El software Arduino es de uso libre y es muy utilizado en proyectos iniciales para el desarrollo de nuevas aplicaciones tecnológicas derivado a sus enormes ventajas como: bajo costo, gran variedad de dispositivos, plataforma abierta y fácil de utilizar. En este proyecto se ocupará para la vinculación del sensor RFID y el módulo NodeMCU, así como para la programación necesaria para enviar los datos a la plataforma de IoT Node-RED.

3.4.5 Hardware de aplicación de código abierto utilizados para el sistema de control

Para el desarrollo del prototipo se utilizarán el módulo NodeMCU Esp-8266E y el módulo RFID para Arduino, debido a que son dispositivos de uso libre, de bajo costo y su principal ventaja es que se puede conseguir muy fácilmente. Se realizará su programación y configuración mediante el software Arduino y sus respectivas hojas de datos.

3.4.6 Análisis AMEF para la detección de fallas en el sistema

Con la finalidad de detectar fallos potenciales en nuestro prototipo realizaremos un AMEF, donde primero analizamos de forma individual cada bloque de nuestro prototipo y realizamos un diagrama de causa efecto que nos servirá como guía para algunas secciones del AMEF.

Después de contar con la información necesaria se procederá a continuar con los pasos para la realización de un AMEF, según, Sharma, K. D., y Srivastava, S. (2018).

1. Establecer el equipo AMEF
2. Describir el producto / proceso / sistema que queremos para ser analizados.
3. Crear un diagrama de bloques del producto o proceso que muestren los componentes principales o los pasos del proceso como bloques conectados entre sí por líneas que indican cómo los componentes o pasos están relacionados.
4. Lista de posibles modos de falla, causas de fallas y sus efectos en el sistema.
5. Asignar clasificaciones de gravedad, ocurrencia y detección a cada modo de falla.
6. Calcule el RPN (número de prioridad de riesgo) utilizando fórmula matemática (RPN = Severidad X Ocurrencia X Detección.)
7. Desarrollar el plan de acción y definir quién hará qué para cuando.
8. Tomar acciones que sean identificadas por su equipo de FMEA
9. Calcule el RPN resultante después de la implementación de comportamiento.
10. Compare RPN antes y después de la implementación de acciones y reevaluar cada una de las posibles fallas una vez que se han realizado las mejoras y determinar el impacto de las mejoras utilizando AMEF.

CAPÍTULO IV. MARCO OPERATIVO

4.1 Análisis de la situación actual del almacén

La empresa RCJB SA de CV, es una empresa posicionada en el mercado Tuxpeño por más de 10 años, en la industria metal mecánica y su mayor actividad se basa la realización de renta de equipo y herramienta, así como en la realización de productos y servicios metal mecánicos en las diferentes empresas dentro y fuera de la ciudad. En estos trabajos se ocupan maquinaria y herramienta especializada como: tornos, fresadoras, taladros, máquinas para soldar, punzones, llaves de diversos tipos, desarmadores, cortadoras, martillos, marros, entre muchos otros más, ver figura 17.

Figura 17.Fotografías del estado actual del almacén. Fuente: Elaboración propia.

La empresa se cuenta con una variedad de más de 800 tipos de equipos y herramientas, de las cuales se utilizan más de 30 tipos diariamente por cada trabajador, actualmente se tiene un personal de 35 trabajadores en el área de producción y oficinas.

En el almacén no existe un inventario del total de herramientas y equipos, de igual forma no se cuenta con formatos de responsabilidad por préstamos de herramienta a los trabajadores, todo se basa en la palabra de los trabajadores para ocupar la herramienta dentro de la empresa, y al final del día el trabajador decide si devuelve o

no las herramientas. No se usan sistemas de información para el control del almacén, por lo que no se cuenta con datos o información real para la toma de decisiones o planificación de proyectos en puerta o a futuro.

4.1.1 Análisis FODA de la empresa

El siguiente análisis se realizó para conocer las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas que tiene el almacén de la empresa, y así tener un panorama general de la importancia que tiene el almacén, para que la empresa cumpla en tiempo y forma con sus proyectos.

Fortalezas

Gran variedad de equipo y herramienta
Entrega en tiempo y forma de sus proyectos
Calidad en el trabajo
Experiencia y conocimiento en el área

Debilidades

Falta de organización dentro del almacén
No hay un encargado fijo en el almacén
No hay recibos de préstamo de herramienta para los trabajadores
Sin información de stock real
Existen herramientas dañadas y obsoletas

Oportunidades

Búsqueda de nuevas estrategias para el control del almacén
Contar con equipos funcionales y sin daños
Desarrollo de nuevos proyectos

Amenazas

Pérdidas muy grandes de herramientas y equipos

No poder entregar en tiempo y forma los proyectos
Cuantiosos gastos de subcontratación y renta de equipo

4.1.2 Inventario de piezas y herramientas más utilizadas en la empresa

En la siguiente tabla se muestran algunas de las herramientas de mayor uso que están dentro del almacén, para tener presente esta clasificación a la hora de colocar las tarjetas de identificación RFID capacitivas. En la tabla 6 se puede ver que se clasificaron las herramientas, de acuerdo a la frecuencia, demanda y si la herramienta es de desgasto o si es de un solo uso.

Tabla 6. Inventario de equipo y herramienta.

ITEM	De un solo uso	De desgaste	Demanda
Pulidor	no	no	alta
Disco para pulidor	si	si	media
Taladro	no	no	media
Brocas	si	si	baja
Pinzas	no	no	baja
Desarmadores	no	no	baja
llaves españolas	no	no	baja
Remachadora	no	no	baja
Encauchadora	no	no	baja
Sierra eléctrica	no	si	alta
Bancos de trabajo	no	no	alta
Soldadoras	no	no	alta
Electrodos	si	si	alta
Marro	no	no	baja
Flexómetros	no	no	media
Palas	no	no	baja
Picos	no	no	baja
Carretillas	no	no	baja
Serruchos	no	no	baja
Segueta	no	no	baja
Sierra circular	no	no	media
Caretas para soldar	no	no	media
Compresor	no	no	alta
Martillo de bola	no	no	baja
Martillo de uña	no	no	baja

Máquina de sandblasteo	no	no	media
Mangueras de presión	no	no	media
Pistolas para sandblasteo	no	no	media
Pistolas para pintar	no	no	media
Hidrolavadora	no	no	baja
Juegos de Dados	no	no	baja
Juego de llaves de Ojo o estrías	no	no	baja
Puntas para apretar tornillos	no	no	baja
Taladro	no	no	baja
Escariador	no	no	baja
Extractor mecánico	no	no	baja
Granete	no	no	baja
Lima	no	no	baja
Punzón	no	no	baja
sierra manual	no	no	baja
Tenaza	no	no	baja
Terraja de roscar	no	no	baja
cavadora de hoyo	no	no	baja
Tijera cortachapas	no	no	baja
Tornillo de banco	no	no	baja
Martillo neumático	no	no	baja
Escuadra	no	no	baja
Cinta métrica	no	no	media
Tornillos varios	no	si	baja
Tuercas varias	no	si	baja
Micrómetro	no	no	media
Vernier	no	no	baja
Compás interior	no	no	baja
Compás exterior	no	no	baja
Regla graduada	no	no	media
Prensa	no	no	media
Cepillo de alambre	no	no	baja

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Análisis de los componentes para el funcionamiento del prototipo

4.2.1 Descripción del prototipo

La función principal de prototipo es la detección de los equipos y herramientas que se encuentran dentro del almacén de la empresa para tener el control de entradas y salidas de equipos y herramientas, los principales componentes de dividen en dos. Los componentes del software son: Programa para el control de inventario desarrollado para almacenar diversa información de los equipos y herramientas con los que cuenta el almacén, como, por ejemplo: Número de identificación, nombre, marca, cantidad total, número de préstamos y/o rentas) y el programa para la vinculación del hardware (el sensor RFID) con el software (programa para el control) se desarrolló mediante el software de uso libre Arduino.

4.2.2 Software utilizado para la programación

4.2.2.1 Arduino

En donde se programó la detección de la tarjeta capacitiva y el lector, así como también se vinculó con el módulo NodeMCU que manda la información mediante el broker mqtt hacia la plataforma Node-red. En la figura 18 se muestra una parte del código utilizado para la programación del sensor RFID, el módulo NodeMCU y el protocolo MQTT.

A continuación, enlista el proceso de programación en el software:

- En primera instancia se selecciona la placa a utilizar, en nuestro caso NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module)
- Se anexan las bibliotecas a utilizar
- Se conecta a la red con el nombre y contraseña correcta
- Se conecta con la dirección IP el servidor MQTT
- Se realiza la configuración del programa para inicializar y comprobar la comunicación serial, el sensor RFID, la conexión al WiFi y el bróker MQTT

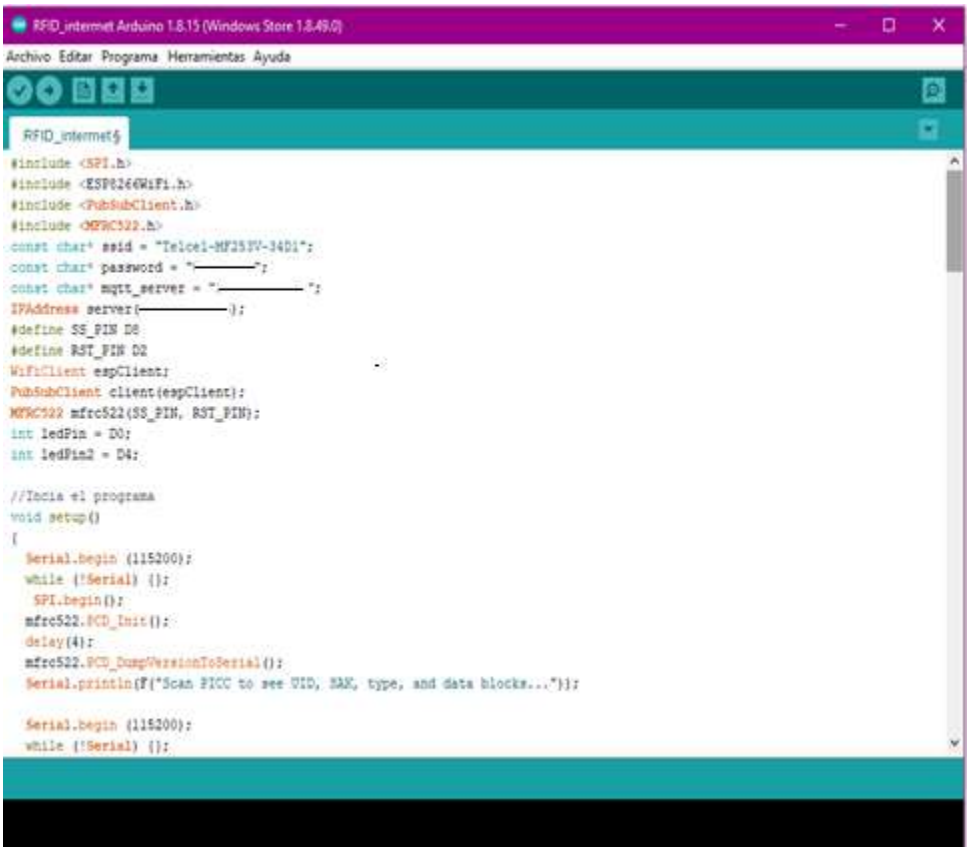


Figura 18. Código de programación en Arduino. Fuente: Arduino.

4.2.2.2 Inicialización de Node-RED

Para comenzar a utilizar Node-RED debemos inicializar la plataforma, introduciendo en la terminal de comandos la palabra: “node-red”, y así poder empezar a recibir la información proporcionada por el sensor, ver figura 19. Posteriormente nos vamos a nuestro navegador y escribimos: “localhost:1880”, en el cual nos abrirá la pantalla principal para poder colocar los flujos, en donde se recibirá y enviará la información, ver figura 20.

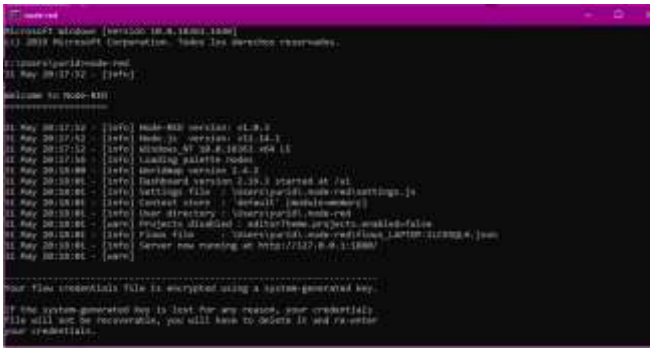


Figura 19 Inicialización de Node-RED. Fuente: Elaboración propia.

Figura 20. Pantalla principal de Node-RED. Fuente: Node-Red (2021).

Para conectar nuestros dispositivos en línea programamos mediante los flujos necesarios para recibir la información enviada por nuestros sensores. A continuación, se describe la estructura creada para el proyecto que se pueden observar en la figura 21.

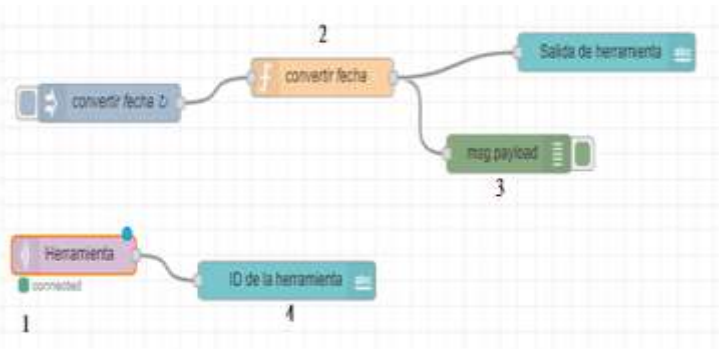


Figura 21 Estructura creada en Node-RED para el proyecto. Fuente: Elaboración propia

1. Subscripción a un tópico de MQTT: Se conecta a un intermediario MQTT y se suscribe a mensajes del tema especificado, en nuestro caso es: “Herramienta”.

2. Función: Un bloque de funciones de JavaScript que se ejecuta en los mensajes que recibe el nodo. Los mensajes se pasan como un objeto JavaScript llamado msg. Por convención, tendrá una propiedad msg.payload que contiene el cuerpo del mensaje. Se espera que la función devuelva un objeto de mensaje (o varios objetos de mensaje).

3. Debug: Este nodo permite mostrar los datos recibidos en la ventana derecha de la plataforma. Permitiendo corroborar los datos de entrada.

4. Text: Este nodo Mostrará un campo de texto no editable en la interfaz de usuario. Cada msg.payload recibido actualizará el texto según el formato de valor proporcionado.

En la Figura 22, se muestra Dashboard creado para el proyecto. En el panel superior indica el nombre del proyecto y en el panel del centro indica la fecha y hora en el que salió el equipo, así como el IDE de la herramienta.

Figura 22. Dashboard del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.3 Mosquitto

Se utilizó el servidor de mensajes de código abierto Mosquitto debido a la necesidad de enviar la información del sensor RFID a la red. Mediante el modelo de publicación/subscripción se transmite la información recibida del sensor RFID a la plataforma Node-RED. A continuación, se enlistan los pasos para la instalación.

- Se descarga el software de la página oficial (https://mosquitto.org/download/).
- Se comprueba si se está ejecutando identificando que esté trabajando el puerto TCP 1883.

- Para poder usar el servidor se necesita inicializarlo cada vez que se va a ocupar, simplemente abrimos la consola de Windows y escribimos mosquitto, como se muestra en la figura 23.

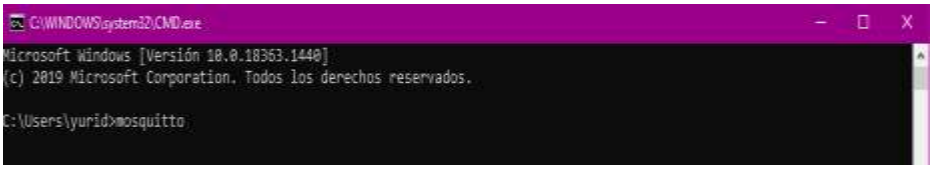


Figura 23. Inicialización de Mosquitto. Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.4 Sistema de control

El sistema de control tiene como objetivo registrar, almacenar y dar a conocer el estatus del alancen, en cuanto a equipo y herramienta prestada o rentada. El sistema recibe la información enviada por el sensor de radio frecuencia, la almacena y puede brindarle al usuario la información precisa del equipo y herramienta prestada, rentada y almacenada. A continuación, se describen las partes principales del sistema:

1. Control de Acceso: Para poder entrar al sistema, el administrador necesita dar de alta al encargado del almacén, registrándolo con un usuario y contraseña, para mayor seguridad de la información almacenada. En la figura 24 se puede observar la pantalla donde el administrador da de alta a los usuarios, y en la figura 25 se aprecia la pantalla donde el usuario debe acceder al sistema con su usuario y contraseña, para el control del acceso al sistema.

Figura 24. Registro de usuario.

Figura 25 Inicio de sesión. Fuente: Elaboración propia.

2. En la figura 26, se puede apreciar el menú principal del sistema, el menú cuenta con diversas secciones como: control de usuarios, herramientas, clientes y renta de herramienta, cada una de ellas proporciona información de suma importancia para emprender nuevos proyectos.

Figura 26. Menú principal. Fuente: Elaboración propia.

3. El registro inicial de la herramienta es de suma importancia, debido a que se debe subir al sistema el inventario total del almacén, para poder iniciar nuestro sistema con toda la información necesaria para la identificación del equipo y herramienta, ver figura 27.

Figura 27. Registro de herramienta. Fuente: Elaboración Propia.

4. En la figura 28 se muestra la pantalla para el registro del personal interno o clientes externos que utilizarán el equipo y herramienta.

Figura 28. Registro de clientes. Fuente: Elaboración Propia.

5. Por último se va a contar con el apartado donde se puede verificar en número de herramientas rentadas a los clientes externos o utilizadas por el personal interno de la empresa, la fecha de salida del equipo, entre otros comentarios que se pueden almacenar en el apartado de detalles, ver figura 29.

Figura 29. Rentas de equipo. Fuente: Elaboración propia.

Para el desarrollo del software se utilizó el ciclo de vida iterativo e incremental, debido a que se fue mejorando el sistema con cada iteración. En la siguiente figura se muestra el

código del sistema, el cual se programó en el software Visual studio 2019, teniendo como base la programación orientada a objetos. En la figura 30 del lado derecho de la ventana se pueden ver las clases principales del programa y en la figura 31, se muestra una de las plantillas para la interfaz gráfica, el cuál va a interactuar el usuario final.

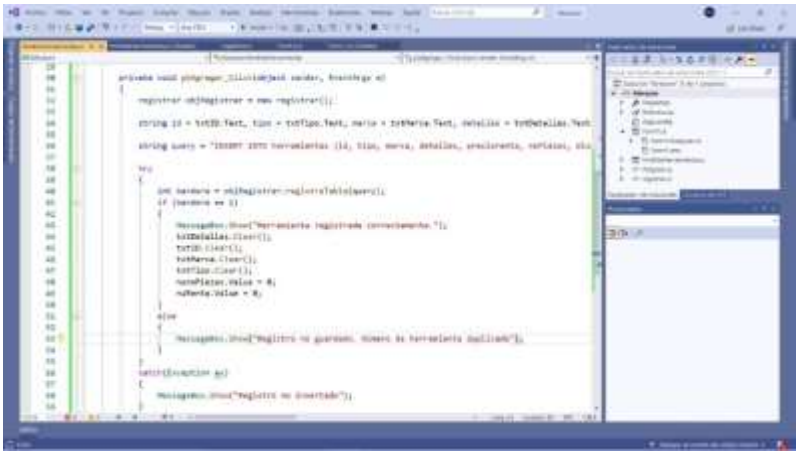


Figura 30. Clases fundamentales del programa. Fuente: Elaboración Propia.

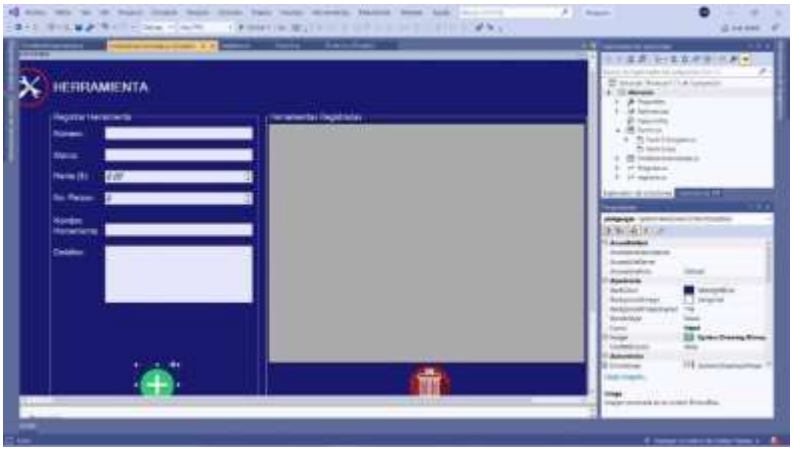


Figura 31. Programación de la interfaz gráfica. Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 Componentes del hardware

Los componentes de hardware: El sensor RFID que es el que envía y recibe el número de identificación de la herramienta y la placa de programación NodeMCU de código abierto, que es la que se encarga de recibir los datos del sensor y enviarlos mediante internet al programa de control, fuente de alimentación, en la siguiente imagen se pude

ver el diagrama a bloques y el esquema de prototipo respectivamente, ver figuras 32 y 33.

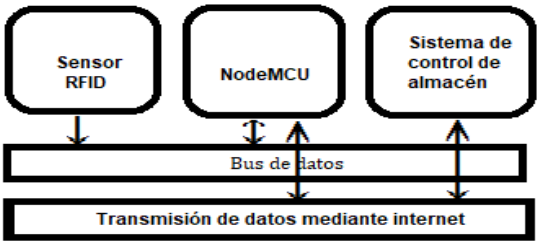


Figura 32. Diagrama a bloques del prototipo de control de almacén RFID mediante IoT. Fuente: Elaboración propia.

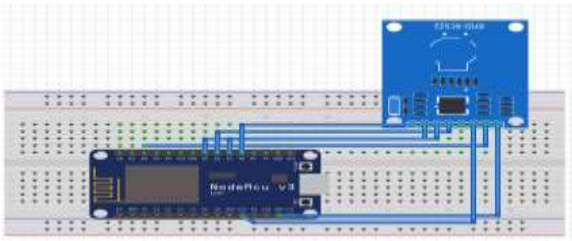


Figura 33. Prototipo de sensor RFID. Fuente: Elaboración propia, mediante el software Fritzing

1. El emisor es una tarjeta pasiva la cual no almacena energía, sólo se carga con la energía emitida por el lector y luego utiliza dicha energía para responder, según Alexandres F. S., Rodríguez-Morcillo G. C., y Muñoz F. J. D. (2006). Esta tarjeta cumple con la función de enviar la información del código estandarizado (EPC) que está almacenado en su memoria, como se mencionó en el capítulo anterior, la comunicación entre la etiqueta y el lector se realiza por radiofrecuencia, teniendo un rango máximo de 10 cm, ver figura 34.

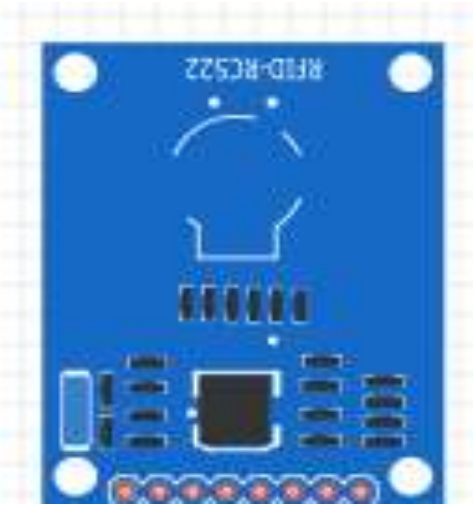


Figura 34. Módulo RFID-RC522. Fuente: Software Fritzing.

2. Comunicación entre el sensor RFID y el módulo NodeMCU

En el prototipo se utilizó el módulo NodeMCU de código abierto, el cual dispone acceso a internet mediante el protocolo TCP/IP. EL módulo de programó mediante el software Arduino que también es de código abierto. El NodeMCU se encarga de recibir la información del sensor RFID y enviarla al sistema de control mediante internet al Node-RED. El sensor RFID está conectado directamente en sus pines D2, D5, D6, D7, y D8, para la comunicación entre estos dos dispositivos como se muestra en la figura 35.

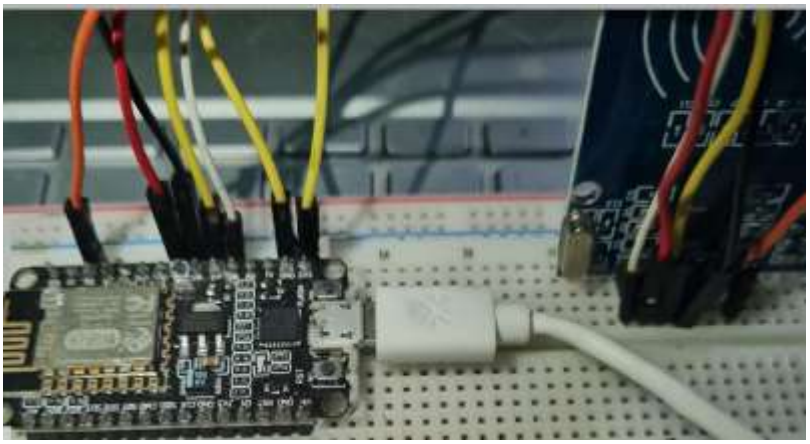


Figura 35. Conexión entre el sensor RFID y el NodeMCU. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan las características principales de funcionamiento de módulo NodeMCU para verificar su funcionamiento de acuerdo a su hoja de datos, ver tabla 7.

Tabla 7. Especificaciones del Módulo ESP8266 ESP-12E.

Parámetros	**Especificaciones**
Microcontrolador	ESP8266
Memoria	32 bit
Procesador	TenSilica L 106
Reloj del procesador	80MHz-160MHz
Ram	36Kb
Almacenamiento	16 Mb
WiFi incorporado	2.4GHz soporta 802.11 b/g/n

Pines ACD	1(10 bit Resolución)
Pines GPIO	10
Voltaje de funcionamiento	3.0V 3.6V
Corriente de funcionamiento	80mA (Promedio)
Rango de temperatura de operación	-40oC - 125 oC

Fuente: Kodali, R. K., & Mahesh, K. S. (diciembre, 2016).

4.3 Funcionamiento del prototipo

El análisis del funcionamiento del prototipo es fundamental antes de pasar a la última etapa del proyecto, en el cual se hace diversas pruebas para identificar los posibles fallos, utilizando la metodología AMEF. Contando con el software y hardware correctamente instalados, se procede al sensado de las tarjetas capacitivas. En la figura 36, se pueden apreciar dos tipos de tarjetas capacitivas, las cuales estarán colocadas a todos los equipos y herramientas del almacén, eligiendo la más adecuada de acuerdo a su uso y dimensiones.

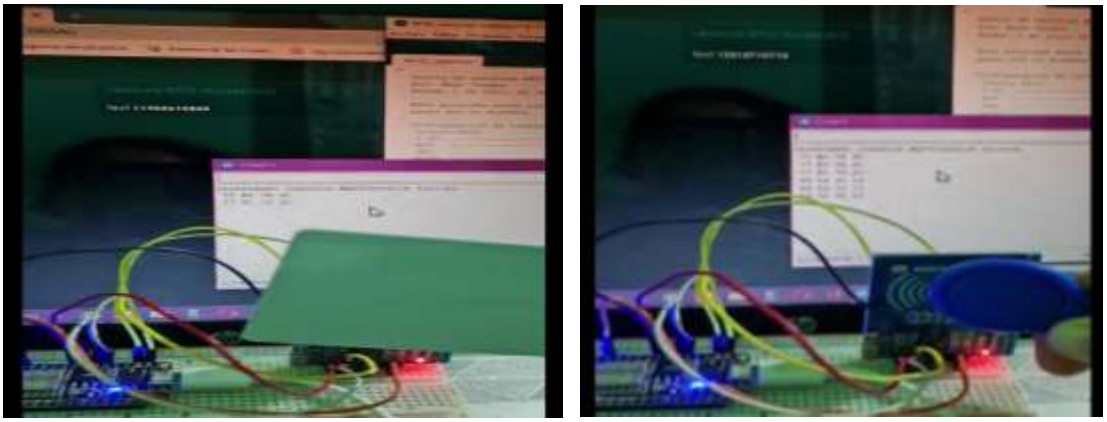


Figura 36. Sensado de la tarjeta capacitiva universal y de tipo llavero, Fuente: Elaboración propia.

Cuando la tarjeta capacitiva pase cerca de una antena RFID, la antena se encargará de recibir el número de identificación de la herramienta y esta información se va a visualizar en el puerto serial del Arduino, donde se procederá a almacenarla en el sistema de control y a través del módulo NodeMCU se transmitirá mediante internet a la plataforma Node-

RED, en donde se podrá visualizar desde cualquier parte del país, siempre y cuando se cuente con internet, las herramientas disponibles en el almacén. En la figura 37, en puede ver el proceso en el cual se realizar la identificación de la herramienta.

Figura 37. Proceso de registro de la herramienta en el sistema de control y en la plataforma Node-RED. Fuente: Elaboración propia.

4.4 Análisis de posibles fallos mediante el diagrama de causa efecto

El diagrama de Ishikawa es también conocido con el nombre de espina de pescado o diagrama de causa – efecto. Esta es una herramienta que ayuda a estructurar la información ayudando a dar claridad, mediante un esquema gráfico, de las causas que producen un problema, pero no identifica la causa raíz (Valenzuela, 2000).

Es este proyecto, el diagrama de Ishikawa se utilizó como herramienta para plasmar las posibles causas – efectos de fallos y errores en el prototipo, para posteriormente analizarlo mediante la metodología AMEF.

Con el uso del diagrama de Ishikawa, ver figura 38, se logró clasificar las causas primarias, que son los cuatro componentes principales para el funcionamiento del prototipo y posteriormente se analizaron las causas secundarias para un mayor análisis de cada una de las causas y efectos de los posibles fallos.

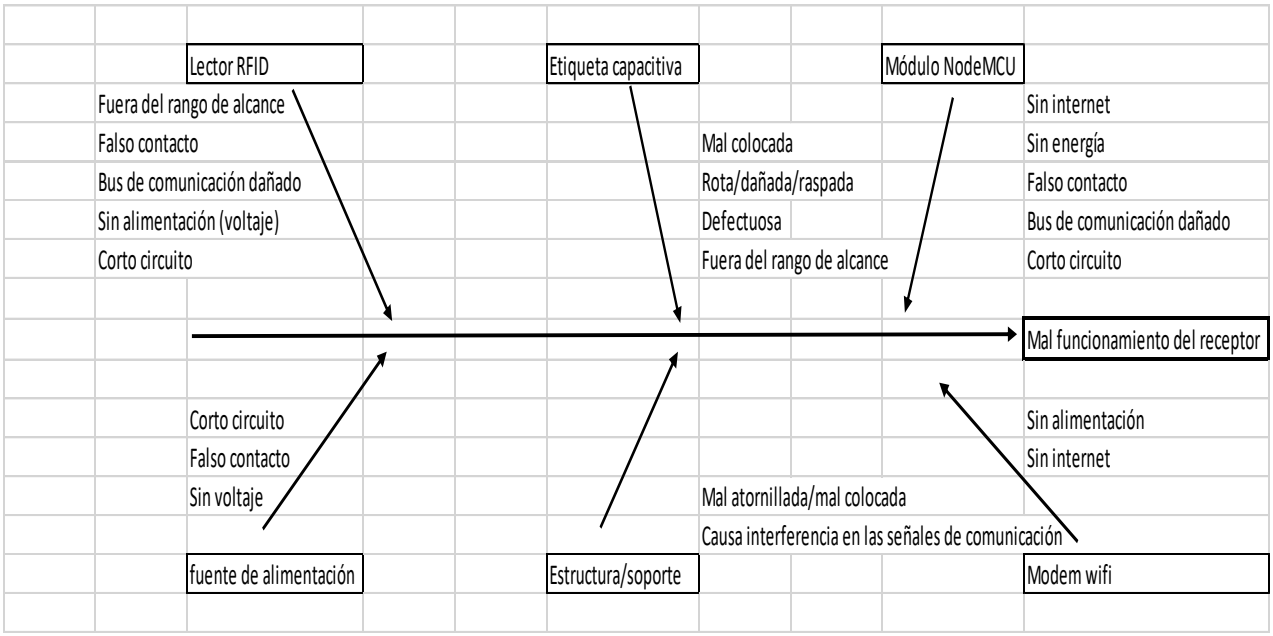


Figura 38. Diagrama de Ishikawa del prototipo. Fuente: Elaboración propia.

4.5 Análisis AMEF

En la actualizad la metodología AMEF es muy utilizada para el análisis y determinación de futuros fallos y así aplicar una corrección preventiva de errores en los procesos o en el diseño de productos.

Al concluir el prototipo del sistema de control y después de diversas pruebas, se utilizó la metodología AMEF para el análisis del funcionamiento, de sus componentes fundamentales, por lo que se tuvo como resultado que se deben mejorar los siguientes aspectos del prototipo:

- Realizar los cálculos matemáticos necesarios para la distribución de las antenas dentro del almacén y así cubrir el 100% del perímetro de salida de herramienta en el almacén.
- Realizar un muestreo del buen funcionamiento de las etiquetas capacitivas, para evitar errores al momento de la lectura de las antenas RFID.
- Se necesitará contar con un respaldo de energía eléctrica, para poder alimentar los componentes electrónicos, debido a que sólo funcionan con energía eléctrica.

- El sistema de registro de herramienta necesita la opción de registrar manualmente las salidas de herramienta, porque si el sensor RFID falla o no cuenta con electricidad, las salidas y entradas de herramienta al almacén no se podrá detectar automáticamente.

Tabla 8. AMEF del prototipo.

ANÁLISIS DE MODAL DE FALLOS Y EFECTOS.										HOJA	REVI. N°	FECHA	POR			
DE PROCESO [ ] DE DISEÑO [x]										1 DE 1						
PRODUCTO: PROTOTIPO PARA EL CONTROL DE ALMACÉN MEDIANTE TECNOLOGÍA RFID E INTERNET DE LAS COSAS				PROCESO:						RESPONSABLE:						
ESPECIFICACIÓN: I-01-06-21				OPERACIÓN:						FECHA:01/06/21						
FECHA DE EDICIÓN:				ACTUAR SOBRE NPR> QUE:						REVIASADO:						
Nombre del producto 1	Operación o función 2	Modo de fallo 3	Efectos de fallo 4	S 5	Causas del fallo 6	O 7	Controles actuales 8	D 11	NPR 12	Acción correctora 13	Responsa-bles 14	Acciones implantadas 15	Valoración S 16	Valoración O 17	Valoración D 18	NPR 19
PRODUCTO: PROTOTIPO PARA EL CONTROL DE ALMACÉN MEDIANTE TECNOLOGÍA RFID E INTERNET DE LAS COSAS	Resgitro de equipos y herramientas que entran y salen del almacén	Etiqueta capacitiva dañada o defectuosa	La etiqueta capacitiva no emita los datos de identificación.	10	La etiqueta puede estar: defectuosa de fábrica, dañada, mal colocada o raspada	2	muestreo	2	40	muestreo de señal y verificacion de las tarjetas capacitivas	Ingeniería	Revisión	10	1	1	10
		Lector RFID fuera de rango	Los datos leidos pueden ser erroneos	10	Mal distribuidos los lectores RFID	2	muestreo	1	20	Realizar los calculos correspondientes para la colocación de los lectores RFID	Ingenieria	Revisión	10	1	1	20
		Fuente de alimentación sin voltaje o en corto circuito	No podrá operar el lector RFID ni el módulo MCU	10	Sin suministro de energía, cables de alimentación dañados, corto circtuito o falso contacto.	2	muestreo	1	20	Colocar un respaldo de energía y verificar todas las conexiones de energía	Ingeniería y compras	Revisión	10	1	1	10
		El módulo MCU no está enviando datos	Los datos no llegarán al sistema de control	10	Sin señal de wi-fi o cambio de configuración de la red	1	muestreo	1	10	Registro manual sólo para éste tipo de eventos	Ingenieria	Revisión	10	1	1	10

Fuente: Elaboración propia.

El análisis AMEF evidencia una mayor ocurrencia de fallo en que el lector esté fuera de rango y por consecuencia marque datos erróneos e incluso no detecte las salidas o entradas de las herramientas. Aunque los demás aspectos también pueden tener un gran

impacto para el buen funcionamiento del prototipo, de abocará al que tuvo una puntuación de 20 RPN (Número de Prioridad de Riesgos).

Considerando como prioridad la detección de los equipos y herramientas, se necesitará realizar diversas pruebas e incluso cálculos matemáticos, al momento de instalar las antenas dentro del almacén, para que no se vea afectado el rango de lectura.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El desarrollo de este proyecto surgió de la necesidad de disminuir las pérdidas de equipos y herramientas en la empresa RJCB S.A DE C.V., debido a que recientemente habían tenido una pérdida económica muy fuerte, por el robo y/o extravío de herramienta de trabajo, y era necesario actuar lo más pronto posible para que este problema disminuya, y en un tiempo no muy lejano llegue a desaparecer, porque de no ser así la empresa podría llegar no sólo a tener pérdidas económicas, sino que se podrían quedar inconclusos varios de los proyectos emprendidos y representaría un retraso en la entrega de trabajos, siendo que la empresa siempre se ha destacado por su puntualidad y compromiso con el cliente.

Primero fue necesario documentarse y analizar diversos proyectos que se han implementado para la solución de este tipo de problemas, y después de la revisión de diversos autores, se plateó realizar un prototipo para el control de inventario del almacén interno de la empresa, utilizando tecnología de radio frecuencia e internet de las cosas, para que se pueda tener la información en cualquier momento y en cualquier lugar, siempre y cuando se cuente con internet, mediante una plataforma web y un sistema interno.

Como segundo paso se analizó el estado actual de la empresa, encontrando que no se contaba con un inventario equipo y herramienta, por lo que se dio a la tarea de realizarlo, documentado sólo las piezas más utilizadas por los trabajadores, porque al principio se había planteado realizar el inventario total del almacén, pero debido al tiempo y a la cantidad muy grande de equipo no se logró dicho cometido.

Siguiendo con el desarrollo del proyecto se analizó la metodología ABC para la distribución del almacén, pero justo en ese momento se estaba terminando un nuevo almacén para cambiarse a un espacio más grande y no se pudo apoyar en dicho trabajo,

ya que aún no se contaba con el total del inventario, pero se dio una propuesta externa a este proyecto.

Se logró el objetivo de obtener un sistema para el control del inventario, en el cual se puedan verificar las entradas y salidas de los equipos y herramientas del almacén, aunque es un prototipo inicial para la solución de la problemática, se puede realizar mejoras para implementarlo en todo el almacén.

Después de varias pruebas para verificar el funcionamiento del prototipo se realizó un análisis de fallos en el prototipo y con el uso de la metodología AMEF se logró detectar el de mayor ocurrencia para que al momento de implementar o mejorar el prototipo, se tomen en cuenta dichos resultados.

Se trabajó con tecnología de software y hardware de uso libre, que son herramientas muy confiables y de alto rendimiento, y no tienen limitaciones en cuanto al uso de licencias o renta de servidores, etc., aunque algunas son relativamente nuevas y no hay suficiente bibliografía en la cual basarse, fue por eso que se tardó en el desarrollo de este trabajo.

Lo expuesto anteriormente permite concluir que las pequeñas y medianas empresas necesitan invertir en nuevas tecnologías de información y comunicación, para introducirse al mundo globalizado de negocios, y poder solucionar las problemáticas que siguen enfrentando cada vez más.

Las Pymes necesitan implementar estrategias tecnológicas para mejorar su producción, comunicación, almacenamientos de datos, logística, etc., y así aumentar la eficiencia de sus procesos, para fortalecerse como empresa y mejorar el servicio al cliente.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda continuar con la mejora del prototipo obtenido en esta tesis, derivado a que las pruebas que se realizaron, su funcionamiento sería adecuado para la solución de la problemática inicial, y así contar con un control de inventario en tiempo real.

Se podría seguir utilizando tecnología de uso libre en el software, porque hasta el momento siguen funcionando sin problema alguno, sólo se requeriría aumentar la capacidad del sistema para contar con mayor número de sensores y tarjetas capacitivas RFID.

Se recomienda mejorar el hardware del prototipo, puesto que el utilizado en este proyecto es didáctico y no tiene el alcance necesario para sensar los equipos que están distribuidos en el almacén, los nuevos dispositivos deberán contar con mejores características en cuanto a sus capacidades sensoras.

También se recomienda realizar un presupuesto para la compra de las tarjetas de identificación RFID que se necesitará para cada equipo y herramienta del almacén, aunque al principio será una inversión muy alta, con la aplicación de este sistema se evitaría continuar con la pérdida económica que resulta de la perdida y/o robo de los equipos.

BIBLIOGRAFÍA

A

Acosta, R. M., Reséndiz, A. L., y Lozano, C. I. L. (2019). Análisis de la cadena de suministro por clasificación ABC: el caso de una empresa mexicana. RAN: Revista Academia y Negocios, 4(2), 83-94.

Adnan, A. R. (2019). Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kontrol Rumah Dengan Model Client-Server Menggunakan Nodemcu Esp-12e Berbasis Internet of Things (iot).

Al Dahoud, A. y Fezari, M. (2018). NodeMCU V3 para un rápido desarrollo de aplicaciones de IoT. *Notas*, 5.

Alexandres F., S., Rodríguez-Morcillo G, C., y Muñoz F, J. D. (2006). RFID: La tecnología de identificación por radiofrecuencia.

Andrés, M. B. (2018). Internet de las cosas. Editorial Reus.

Ávila, G. V. (2019). Innovación en las operaciones en un entorno competitivo en las pymes manufactureras de la ZMG. Los sistemas de calidad en las operaciones fomentando la competitividad de las empresas, 9.

Arduino (2021), obtenido de https://www.arduino.cc

B

Bakken, D. E. (2021). Categories of Middleware. Obtenido el 10 de junio de 2021 de: https://eecs.wsu.edu/~bakken/middleware.htm

Benítez, L. A. T., y Guzmán, V. E. B. (2011). Metodología para el control y la gestión de inventarios en una empresa minorista de electrodomésticos. Scientia et technica, 16(49), 85-91.

Bestratén, M., Orriols, R., y Mata, C. (2001). NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos, AMEF. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo.

Brusey, J., y McFarlane, D. C. (2009). Effective RFID-based object tracking for manufacturing. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 22(7), 638-647.

Bueno, Martínez, Egea, Vales, y García. (2015). Sistemas globales de localización y trazabilidad mediante identificación por radio frecuencia (RFID). Departamento de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Universidad Politécnica de Cartagena, 3.

C

Calatayud, A., y Katz, R. (2019). Cadena de suministro 4.0: Mejores prácticas internacionales y hoja de ruta para América Latina (Vol. 744). Inter-American Development Bank.

Correa, Álvarez y Gómez. (2015). Sistemas de identificación por radiofrecuencia, código de barras y su relación con la cadena de suministro. Estudios Gerenciales, 115-141.

F

Fernández, J. (09 de junio de 2021). Emprendedores. Obtenido de htttp://www.emprendedores.es/gestion/como-hacer-un-dafo/como-hacer-un-dafo2.

G

García, J., Rodríguez, J. I., y Brazález, A. (1999). Aprenda Visual Basic 6.0 como si estuviera en primero. Universidad de Navarra, 110(5).

García, J. I. P., Nieto, A. B. B., Barbolla, A. M. B., & Salles, I. M. (2008). Tecnología de identificación por radiofrecuencia [RFID]: aplicaciones en el ámbito de la salud. Fundación Madrid para el Conocimiento.

García, L. A. M. (2016). Gestión logística integral: las mejores prácticas en la cadena de abastecimiento. Ecoe Ediciones.

Gu, Y., y Jing, T. (2011, August). The IOT research in supply chain management of fresh agricultural products. In 2011 2nd International Conference on Artificial Intelligence, Management Science and Electronic Commerce (AIMSEC) (pp. 7382-7385). IEEE.

I

INEGI. (2012). Planeación y control administrativo en proyectos estadísticos / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía (México).

K

Karmakar, Carolina del Norte (Ed.). (2011). Manual de antenas inteligentes para sistemas RFID. John Wiley & Sons.

Kirch, M., Poenicke, O., y Richter, K. (2017). RFID in logistics and production–Applications, research and visions for smart logistics zones. Procedia Engineering, 178, 526-533.

Kodali, R. K., y Anjum, A. (Agosto 2018). IoT based home automation using node-red. In 2018 Second International Conference on Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT) (pp. 386-390). IEEE.

Kodali, R. K., y Mahesh, K. S. (2016, December). A low-cost implementation of MQTT using ESP8266. In 2016 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I) (pp. 404-408). IEEE.

Khojasteh-Ghamari, Y. (2012). Gestión de almacenes: mejora de la productividad en sistemas automatizados de almacenamiento y recuperación. En Almacenamiento en la cadena de suministro global (págs. 233-260). Springer, Londres.

L

Lee, I., y Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. Business Horizons, 58(4), 431-440.

Liukkonen, M. (2015). RFID technology in manufacturing and supply chain. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 28(8), 861-880.

M

Mangla, S. K., Luthra, S., y Jakhar, S. (2018). Benchmarking the risk assessment in green supply chain using fuzzy approach to FMEA. Benchmarking: An International Journal.

Mazariegos Sánchez, A., Águila González, J. M., Pérez Poumián, M. L., y Cruz Castillo, R. D. J. (2013). The internal control of a coffee production organization certified, in Mexico, Chiapas state. Revista Mexicana de Agronegocios, 17(33), 460-470.

Microsoft (2021). Visual Studio 2019. https://docs.microsoft.com/es-es/visualstudio/get-started/visual-studio-ide?view=vs-2019

Mora, L. A. (2011). Gestión logística en centros de distribución, bodegas y almacenes-1ra Edición. Ecoe Ediciones.

N

Nega, M., Susanti, E., y Hamzah, A. (2019). Internet of things (IoT) kontrol lampu rumah menggunakan nodemcu dan ESP-12E berbasis telegram CHATBOT. Jurnal SCRIPT, 7(1), 88-99.

O

Oliveira, R. R., Cardoso, I. M., Barbosa, J. L., da Costa, C. A., y Prado, M. P. (2015). An intelligent model for logistics management based on geofencing algorithms and RFID technology. Expert Systems with Applications, 42(15-16), 6082-6097.

P

Parkhomenko, A., Tulenkov, A., Sokolyanskii, A., Zalyubovskiy, Y., Parkhomenko, A. y Stepanenko, A. (marzo de 2018). La aplicación del laboratorio remoto para estudiar las cuestiones de eficiencia energética, seguridad y ciberseguridad de los sistemas Smart House. En Conferencia internacional sobre ingeniería remota e instrumentación virtual (págs. 395-402). Springer, Cham.

Portillo García, J. I., Bermejo Nieto, A. B., y Bernardos Barbolla, A. M. (2007). Informe de Vigilancia Tecnológica Madrid: Tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID): Aplicaciones en el ámbito de la salud. Fundación Madrid para el Conocimiento.

R

Ramírez Nava Fernando (2018). ¿Qué es una etiqueta RFID, para qué sirve, cuáles existen?

Reyes, P. (2007). Análisis del Modo y Efecto de Falla (PFMEA). Recuperado de https://es. scribd. com/document/308612935/Analisis-Del-Modo-y-Efecto-de-Falla.

Roberts, CM (2006). Identificación por radiofrecuencia (RFID). Computadoras y seguridad, 25 (1), 18-26.

Rinne, M., Solanki, M., y Nuutila, E. (2016, June). RFID-based logistics monitoring with semantics-driven event processing. In Proceedings of the 10th ACM international conference on distributed and event-based systems (pp. 238-245).

Ruiz, R. D. J. U. (2011). Tutorial sobre circuitos RFID.

S

Sarli, R. R., Gonzalez, S. I., y Ayres, N. (2015). Análisis FODA. Una herramienta necesaria. *Revista de la Facultad de Odontología*, *9*(1), 17-20.

Schroeder, R. G., Meyer Goldstein, S., y Rungtusanatham, J. (2004). Administración de operaciones: Casos y conceptos contemporáneos.

Soni, D., y Makwana, A. (2017, April). A survey on mqtt: a protocol of internet of things (iot). In International Conference on Telecommunication, Power Analysis and Computing Techniques (ICTPACT-2017) (Vol. 20).

T

Tan L. y Wang N. (2010). The internet of things, 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE), Chengdu, China, 2010, pp. V5-376-V5-380.

Terán Varela, O. E., Espinosa Ayala, E., Hernández García, P. A., y Flores López, J. C. (2017). Internet De Las Cosas (IoT) Como Herramienta Para La Optimización De La Cadena De Suministro Del Sector Secundario (Internet of Things (IoT) as a Tool for Optimization Supply Chain in the Secondary Sector). Revista Global de Negocios, 5(6), 107-118.

Tivani, A. E. A., Murdocca, R. M., Paez, C. F. S., y Gazzano, J. D. D. (2019). Didactic prototype for teaching the mqtt protocol based on free hardware boards and node-red. IEEE Latin America Transactions, 18(02), 376-382.

Trappey, A. J., Trappey, C. V., Fan, C. Y., Hsu, A. P., Li, X. K., y Lee, I. J. (2017). IoT patent roadmap for smart logistic service provision in the context of Industry 4.0. Journal of the Chinese Institute of Engineers, 40(7), 593-602.

U

Uno, GS (2018). Protocolos de identidad de radiofrecuencia EPC ™ Generación 2 Estándar UHF RFID: especificación para el protocolo de interfaz aérea RFID para comunicaciones a 860 MHz – 960 MHz.

V

Valenzuela, L. (2000). Diagrama de ishikawa. Santiago de Chile: UNAB.

X

Xia F., Yang L.T, Wang l.y Vinel A. (2012). International journal of communication systems 25 (9), 1101

Y

Yokotani, T., y Sasaki, Y. (septiembre, 2016). Comparison with HTTP and MQTT on required network resources for IoT. In 2016 international conference on control, electronics, renewable energy and communications (ICCEREC) (pp. 1-6). IEEE.

Z

Zamora González, G. (2014). Radio frequency identification (RFID) tags and reader antennas based on conjugate matching and metamaterial concepts. Universidad Autònoma de Barcelona.

Zhong, R. Y., Huang, G. Q., Lan, S., Dai, Q. Y., Chen, X., y Zhang, T. (2015). A big data approach for logistics trajectory discovery from RFID-enabled production data. International Journal of Production Economics, 165, 260-272.

Zhong, RY, Xu, X. y Wang, L. (2017). Visibilidad y trazabilidad de fábrica inteligente habilitadas para IoT mediante escáneres láser. Procedia Manufacturing, 10, 1-14.

Zuluaga, C. A. C., Gallego, M. C. V., y Urrego, J. A. C. (2011). Clasificación ABC Multicriterio: tipos de criterios y efectos en la asignación de pesos. Iteckne, 8(2), 163-170.