EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Matamoros

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

TESIS:

“Evaluación de la reducción de tiempos en un almacén mediante un sistema de lectura automática con tecnología RFID”

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL

PRESENTA:

Janeth Alvarez Castillo

DIRECTOR DE TESIS:

Wendy Aracely Sánchez Gómez

H. Matamoros, Tamaulipas, México Noviembre de 2023

Excelencia en Educación Tecnológica®
Tecnología es progreso®

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MATAMOROS

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

TESIS:

“Evaluación de la reducción de tiempos en un almacén mediante un sistema de lectura automática con tecnología RFID”

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO

EN ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL PRESENTA:

NOMBRE DEL ALUMNO:

Janeth Alvarez Castillo

DIRECTOR DE TESIS:

Wendy Aracely Sánchez Gómez

CODIRECTOR:

Julia Yazmín Arana Llanes

SECRETARIO:

Alberto Arturo Flores Hernández

VOCAL:

Erandi Lizzete Contreras Ocegueda

H. Matamoros, Tamaulipas, México Noviembre 2023

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DE TRABAJO DE TESIS

En la ciudad de Matamoros, Tamaulipas, el día 01 del mes de noviembre del año 2023, el que suscribe Janeth Alvarez Castillo, estudiante del Programa de Posgrado: Maestría en Administración Industrial, con número de control M2021260321, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de tesis dirigido por el director de tesis Wendy Aracely Sánchez Gómez y codirector de tesis Julia Yazmín Arana Llanes, cede los derechos del trabajo titulado “Evaluación de la reducción de tiempos en un almacén mediante un sistema de lectura automática con tecnología RFID.”, al Tecnológico Nacional de México para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir al contenido textual, gráfico o datos del trabajo sin dar los créditos correspondientes y citar la fuente del mismo.



Janeth Alvarez Castillo

CARTA DE NO PLAGIO

EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Declaración de originalidad y no plagio

La que suscribe y firma la presente carta de originalidad, ***Janeth Alvarez Castillo***, autora de la Tesis: ***"Evaluación de la reducción de tiempos en un almacén mediante un sistema de lectura automática con tecnología RFID"*** para obtener el título de *Maestro en Administración Industrial*, declara que la tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual.

El trabajo terminado fue sometido al Software ***Turnitin***, el cual mostro un porcentaje del 13% plagio, cumpliendo con el límite permitido por la institución.

Del mismo modo, asumo frente al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Matamoros cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la falta de originalidad de su contenido.

Atentamente

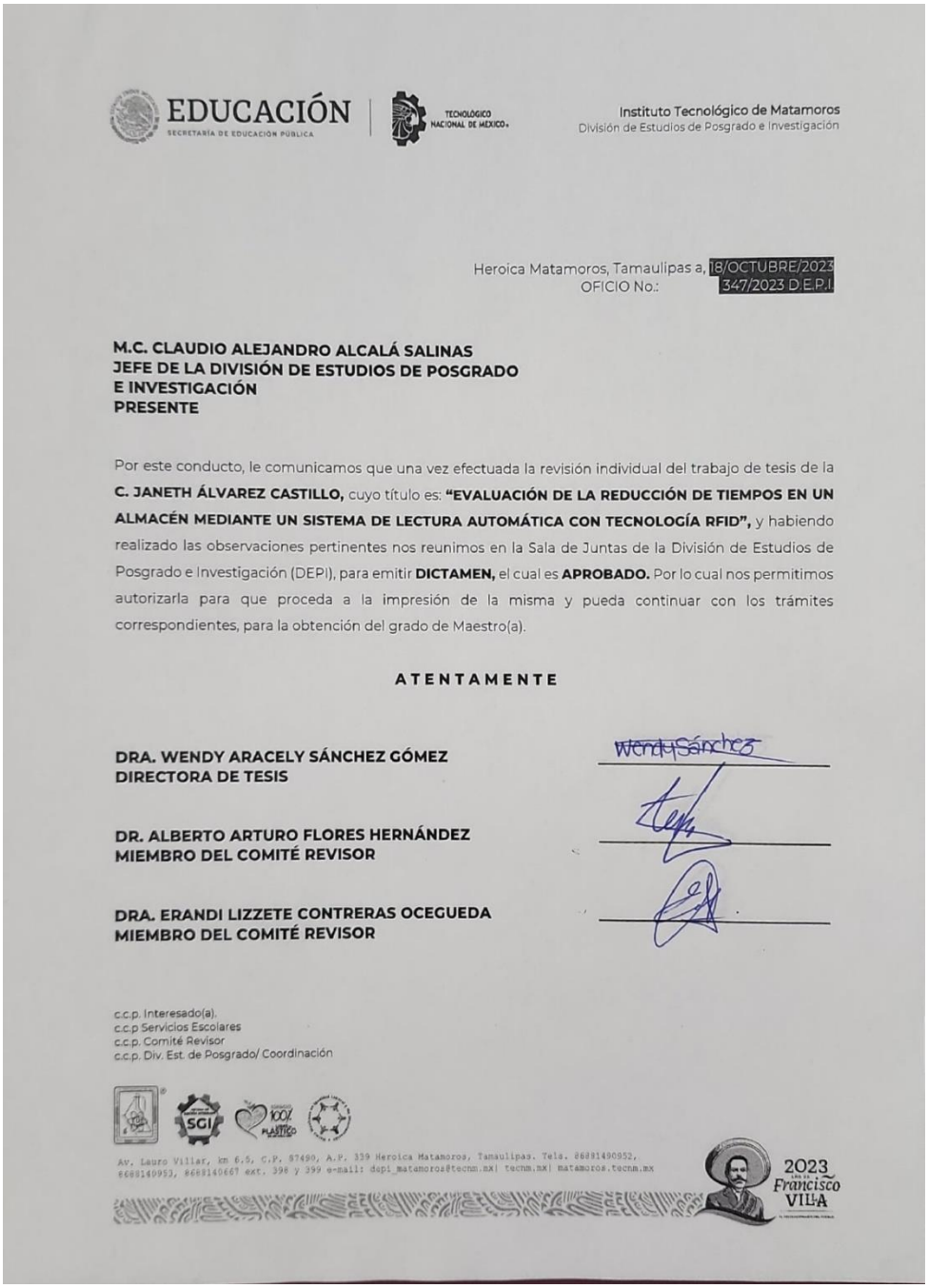


Janeth Alvarez Castillo.

H. Matamoros, Tamaulipas a 01 de noviembre de 2023

En el Anexo 1 se muestra la constancia obtenida del software Turnitin.

OFICIO DE LIBERACIÓN



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Matamoros
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Heroica Matamoros, Tamaulipas a, 18/OCTUBRE/2023
OFICIO No.: 347/2023 D.E.P.I.

M.C. CLAUDIO ALEJANDRO ALCALÁ SALINAS
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
E INVESTIGACIÓN
PRESENTE

Por este conducto, le comunicamos que una vez efectuada la revisión individual del trabajo de tesis de la **C. JANETH ÁLVAREZ CASTILLO,** cuyo título es: **"EVALUACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE TIEMPOS EN UN ALMACÉN MEDIANTE UN SISTEMA DE LECTURA AUTOMÁTICA CON TECNOLOGÍA RFID",** y habiendo realizado las observaciones pertinentes nos reunimos en la Sala de Juntas de la División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI), para emitir **DICTAMEN,** el cual es **APROBADO.** Por lo cual nos permitimos autorizarla para que proceda a la impresión de la misma y pueda continuar con los trámites correspondientes, para la obtención del grado de Maestro(a).

A T E N T A M E N T E

DRA. WENDY ARACELY SÁNCHEZ GÓMEZ
DIRECTORA DE TESIS

DR. ALBERTO ARTURO FLORES HERNÁNDEZ
MIEMBRO DEL COMITÉ REVISOR

DRA. ERANDI LIZZETE CONTRERAS OCEGUEDA
MIEMBRO DEL COMITÉ REVISOR

c.c.p. Interesado(a).
c.c.p Servicios Escolares
c.c.p. Comité Revisor
c.c.p. Div. Est. de Posgrado/ Coordinación

Av. Lauro Villar, km 6.5, C.P. 87490, A.P. 339 Heroica Matamoros, Tamaulipas. Tels. 8688140952, 8688140953, 8688140667 ext. 396 y 399 e-mail: depi_matamoros@tecnm.mx| tecnm.mx| matamoros.tecnm.mx

2023 Francisco VILLA

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mis estudios, por ser mi fortaleza en los momentos difíciles y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y felicidad.

Gracias a mis padres y a mis hermanos, por su amor incondicional. Su apoyo y compañía, incluso en los momentos más difíciles, ha sido el pilar de este logro. Sin ustedes, todo esto no habría sido posible. Su amor y sacrificio han sido la luz que guio mi camino a través de esta investigación académica.

También expreso mis agradecimientos a mi directora de tesis, la Dra. Wendy Aracely Sánchez Gómez. Su experiencia, comprensión y paciencia contribuyeron a mi experiencia en este trabajo de investigación.

Por último, me gustaría agradecer al Instituto Tecnológico de Matamoros por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de avanzar en mi carrera profesional.

RESUMEN

El éxito de las empresas depende de cómo administran su información. Toda actividad tiene que llevar un control para que cualquier proceso se realice de manera eficiente. Hoy en día se ha incrementado la dificultad de las tareas que se realizan en las áreas de trabajo provocando que las empresas deban de incrementar su competencia para destacar de las otras, específicamente en la empresa “Manufacturas y Ensamble de la Frontera”. Por lo que es importante automatizar ya que puede ocasionar una reducción de tiempo en la realización del control de entrada y salida de objetos y así puedan aumentar su eficiencia como empresa. En esta investigación se presenta el desarrollo de un sistema de lectura automática con tecnología RFID. El sistema de lectura automática es capaz de gestionar la entrada y salida de accesorios en un almacén mediante tecnología RFID. El sistema de control se compone de un lector y tags RFID, una aplicación web y una base de datos. Este sistema de control se instaló, se realizaron mediciones y se realizó un análisis estadístico, en donde se aplicó la prueba de hipótesis para dos muestras con diferentes medias poblaciones, una cola con Z, menciona que es mayor el tiempo del método tradicional comparándolo con el método RFID, ya que el estadístico de prueba Z (79.2064) fue mayor que el valor de t (1.64). El resultado de aplicar la fórmula para obtener el porcentaje de reducción menciona que la reducción de tiempo es de un 38%.

ABSTRACT

The success of companies depends on how they manage their information. Every activity must be controlled so that any process is carried out efficiently. Nowadays, the difficulty of the tasks carried out in the work areas has increased, causing companies to have to increase their competition to stand out from others, specifically in the company “Manufacturas y Ensamble de la Frontera”. Therefore, it is important to automate since it can cause a reduction in time in carrying out the entry and exit control of objects and thus increase your efficiency as a company. This research presents the development of an automatic reading system with RFID technology. The automatic reading system can manage the entry and exit of accessories in a warehouse using RFID technology. The control system consists of an RFID reader and tags, a web application and a database. This control system was installed, measurements were made, and a statistical analysis was carried out, where the hypothesis test was applied for two samples with different mean populations, a tail with Z, mentions that the time of the traditional method is longer compared to the RFID method, since the Z test statistic (79.2064) was greater than the t value (1.64). The result of applying the formula to obtain the percentage reduction mentions that the time reduction is 38%.

ÍNDICE

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DE TRABAJO DE TESIS 3

CARTA DE NO PLAGIO 4

OFICIO DE LIBERACIÓN 5

AGRADECIMIENTOS 6

RESUMEN 7

ABSTRACT 8

ÍNDICE 9

1 CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL PROBLEMA 14

1.1 Descripción de la problemática 14

1.2 Planteamiento del problema 16

1.2.1 Descripción de la empresa 16

1.2.2 Problemática destacada 17

1.3 Objetivos 18

1.3.1 Objetivo general 18

1.3.2 Objetivos secundarios 18

1.4 Hipótesis 18

1.4.1 Hipótesis general 18

1.5 Justificación 19

2 CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS 20

2.1 MARCO CONCEPTUAL 20

2.1.1 Sistema Web 20

2.1.2 Sistema RFID 21

2.1.3 Lean manufacturing 26

2.1.4 Reducción de Tiempos 30

2.2 ESTADO DEL ARTE 32

2.2.1 Automatización en las empresas mediante el uso de la tecnología IoT 32

2.2.2 Automatización en las empresas mediante el uso de la tecnología RFID 35

2.2.3 Automatización en las empresas mediante el uso de la tecnología de código de barras 38

2.2.4 Tabla comparativa 40

3 CAPÍTULO III. METODOLOGÍA 44

3.1 FASE UNO. DESARROLLO DEL HARDWARE DEL SISTEMA DE LECTURA AUTOMÁTICA CON TECNOLOGÍA RFID 45

3.1.1 Análisis y selección de los elementos del hardware del sistema RFID .. 45

3.1.2 Conexión de los elementos que conforman la tecnología RFID 50

3.1.3 Realización de pruebas funcionales 52

3.2 FASE DOS. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN WEB DEL SISTEMA DE LECTURA AUTOMÁTICA CON TECNOLOGÍA RFID 54

3.2.1 Diseño del módulo de lectura y decodificación 55

3.2.2 Diseño del módulo de almacenamiento de la base de datos 60

3.2.3 Diseño del módulo de visualización de datos 62

3.2.4 Resultado final del sistema RFID 72

3.3 FASE TRES. EVALUACIÓN DE TIEMPOS DE LA TECNOLOGÍA ANTERIOR DE LA EMPRESA CON LA TECNOLOGÍA RFID 73

3.3.1 Instalación del sistema de lectura automática en la empresa 73

3.3.2 Medición de la tecnología anterior de la empresa y la tecnología RFID 75

4 CAPÍTULO IV RESULTADOS 84

4.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO 84

4.2 RESULTADO DE LA HIPÓTESIS GENERAL 95

4.2.1 Porcentaje de disminución 96

4.2.2 Prueba de hipótesis Z para la diferencia de dos medias a una cola derecha. 96

5 CAPÍTULO V CONCLUSIONES 97

5.1 CONCLUSIONES 97

5.2 Recomendaciones 98

5.3 Limitaciones del estudio 99

5.4 Trabajos futuros. 99

6 FUENTES DE INFORMACIÓN 100

7 ANEXOS 105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.2 Resumen de los artículos científicos 43

Tabla 3.1 Lista de componentes de la opción 1 47

Tabla 3.2 Lista de componentes de la opción 2 48

Tabla 3.3 Lista de componentes de la opción 3 48

Tabla 3.4 Criterios para la selección de la lista de componentes 49

Tabla 4.1 Medidas de dispersión 88

Tabla 2.1 Frecuencias RFID (Dipole RFID, 2017b) 106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Frame 1647 yellow 17

Figura 3.1 Metodología de solución 44

Figura 3.2 Desarrollo del hardware del sistema de lectura automática con tecnología RFID 45

Figura 3.3 Diagrama esquemático del circuito RFID 51

Figura 3.4 Desarrollo de la aplicación web del sistema de lectura automática con tecnología RFID 54

Figura 3.5 Interfaz Alta de Tarjetas 56

Figura 3.6 Interfaz Registro de Entrada 57

Figura 3.7 Interfaz Registro de Salida 59

Figura 3.8 Módulo de almacenamiento de la base de datos 62

Figura 3.9 Interfaz Inicio de Sesión 63

Figura 3.10 Mensaje de alerta ingreso 64

Figura 3.11 Inicio 65

Figura 3.12 Lista de Órdenes 65

Figura 3.13 Interfaz Ver Contenido 66

Figura 3.14 Interfaz Nueva Orden 67

Figura 3.15 Interfaz Entrada de Accesorios 68

Figura 3.16 Interfaz Accesorios disponibles 69

Figura 3.17 Interfaz Alta de Material..... 70

Figura 3.18 Interfaz de salida de Accesorios..... 71

Figura 3.19 Arquitectura del sistema de lectura automática..... 72

Figura 3.20 Evaluación de tiempos de la tecnología anterior de la empresa con la tecnología RFID 73

Figura 3.21 Layout de la planta uno de Manufacturas y Ensamble de la Frontera.... 74

Figura 3.22 Ubicación de la instalación del sistema de lectura automática..... 75

Figura 3.23 Ejemplo del posicionamiento del observador 77

Figura 3.24 Elementos del método tradicional 78

Figura 3.25 VSM del método tradicional 79

Figura 3.26 VSM futuro 80

Figura 3.27 Elementos del método de sistema de lectura automática con tecnología RFID..... 81

Figura 3.28 Forma de estudio de tiempos..... 83

Figura 4.1 Prueba de normalidad del método tradicional 85

Figura 4.2 Prueba de normalidad del método RFID 86

Figura 4.3 Selección de la gráfica 92

Figura 4.4 Datos de la campana estandarizada..... 92

Figura 4.5 Área sombreada..... 93

Figura 4.6 Valor de $Z0.05$ 93

CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la problemática

La complejidad de los procesos y actividades empresariales a la cual se ve enfrentada la logística moderna deriva de la creciente competencia en los mercados así como los requerimientos de los clientes, los cuales evolucionan constantemente, así como de la internacionalización de los negocios, siendo solo algunos de los desafíos a los que se enfrentan la mayoría de las organizaciones en la actualidad (Barcik, 2019). Por lo anterior, esta investigación propone aplicar la automatización a través de tecnología RFID. Según (Barona López & Velasteguí, 2021), la automatización puede definirse como la agrupación de diversos elementos y procedimientos ya sea de naturaleza informática, mecánica o electromecánica, los cuales funcionan con una intervención del ser humano mínima o nula, logrando así la optimización de procesos y actividades. Por lo anterior y teniendo en cuenta que existen varias formas de automatizar la manipulación de información para así tener una solución innovadora, la propuesta más viable es la implementación de uso de tecnología RFID. Existen múltiples aplicaciones de la tecnología RFID en el rubro empresarial, por ejemplo en la gestión de costos de mantenimiento, en el fortalecimiento del servicio al usuario, en lo relacionado a la seguridad, en la gestión de datos y en lo relacionado a la logística (Miguelez, 2020); incluso dentro de almacenes en donde se aplica software de gestión de almacenes logísticos (WMS).

En la literatura, varios investigadores han presentado distintas perspectivas que han propuesto cierta automatización en la captura de datos de material; las empresas en el contexto globalizado utilizan tecnologías de código de barras (Isabella, 2021), en este marco, algunos investigadores confirman que el uso de esta tecnología es de gran utilidad en bodegas y almacenes, pero con base a sus investigaciones, su uso conlleva mucho esfuerzo por parte del trabajador (Pérez López, 2015; Sun, 2009). Por otra parte, algunos investigadores ven un gran potencial en el uso de IoT integrado en la cadena de suministro, poniendo como ejemplo su impacto usando una infraestructura en base a almacenes (Mostafa et al., 2019), en el monitoreo de maquinaria (Motroni et al., 2021) y su aplicación en almacenes (Liu et al., 2019). También se observa que varios investigadores utilizan la tecnología RFID para su implementación en almacenes de una alta capacidad (Chen et al., 2018), (Fernández-Caramés et al., 2019), en el conteo del material (Barcik, 2019), y en la trazabilidad del material (Henao-Jaramillo et al., 2019). Estas perspectivas resultan útiles durante la automatización de la captura de datos del material dentro de los almacenes. Es importante conocer el tipo de tecnología según su utilidad y aplicación para que la captura de datos sea de forma más rápida, mejorando el rango de tiempo, de manera eficiente y precisa. Con lo anterior, ha sido posible realizar un análisis para determinar la tecnología más conveniente en la automatización de procesos en almacenes para el beneficio de las empresas.

El objetivo de esta investigación es realizar una evaluación de la reducción de tiempos en la lectura del material mediante un sistema de lectura automática desarrollado con tecnología RFID.

1.2 Planteamiento del problema

En la empresa “Manufacturas y Ensamble de la Frontera” las operaciones de almacén se han vuelto más complejas y con un número cada vez mayor de artículos para ser procesados en sus almacenes. Los métodos tradicionales y manuales de gestión de almacenes ya no son suficientes ni prácticos. Aunado a ello, la mala administración del tiempo en la gestión de almacenes es un inconveniente ya que conlleva un retraso en el flujo de trabajo.

1.2.1 Descripción de la empresa

La empresa “Manufacturas y ensamble de la frontera” se dedica a la manufacturación de distintas estructuras metálicas. La principal estructura que ofrecen es la estructura metálica de los generadores cuyo nombre técnico en la empresa es “Frame 1647 yellow – 42141326”. Esta estructura se puede observar en la Figura 1.1.



Figura 1.1 Frame 1647 yellow

Para realizar la manufacturación de la estructura metálica de los generadores, se realizan varios accesorios en distintas áreas las cuales son: aros, preparación de materiales, maquinados y generadores. El área en la cual se desarrolló esta investigación de tesis es el área de “Preparación de materiales”. Esta área se encarga en manufacturar los siguientes accesorios: escudete 42140701, caparazón 420404, barra plana 42140802 y cubierta de RTD 42176201.

1.2.2 Problemática destacada

El principal problema que está pasando en el área de preparación de materiales es el siguiente: El método tradicional de la empresa, el cual es un método manual de la captura de los accesorios que hay en existencia y sus datos dentro del almacén provoca una demora de tiempo. Por ello, se considera que la implementación de tecnología RFID puede ayudar a resolver el problema.

En esta investigación se realiza una evaluación de la reducción de tiempos en la lectura del material mediante un sistema de lectura automática con tecnología RFID; de esta manera se aplica la automatización de la captura de material y se pretende demostrar la reducción de tiempo si se usa la tecnología RFID.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la reducción de tiempos en la lectura del material mediante un sistema de lectura automática con tecnología RFID.

1.3.2 Objetivos secundarios

1. Desarrollar el hardware del sistema de lectura automática con tecnología RFID.
2. Desarrollar la aplicación web del sistema de lectura automática con tecnología RFID.
3. Evaluar los tiempos de la tecnología anterior de la empresa con la tecnología RFID.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

La hipótesis planteada en esta investigación es la siguiente:

“Es posible reducir tiempos en un 5% en la lectura de los accesorios si se sustituye el sistema de lectura basado en código de barras con un sistema de lectura automática con tecnología RFID”.

1.5 Justificación

Con respecto al ámbito social, la investigación ha tenido como enfoque demostrar que la automatización es una parte significativa en las empresas y organizaciones, ya que trae beneficios: reducción de tiempos, reducción del error humano, aumento de la productividad etc. Por otra parte, en el ámbito económico, actualmente las empresas tienen una creciente demanda de producto, con lo cual se tienen que estar actualizando constantemente. En ese tipo de actualizaciones, es conveniente aplicar la automatización mediante RFID, aunque la inversión suele ser de un elevado costo, con el tiempo se obtienen buenos beneficios. En estos tiempos, la tecnología es una herramienta importante para aplicarlos en varias áreas de las empresas, ya que conlleva beneficios dependiendo en donde se apliquen. En esta investigación se pretende comprobar mediante un análisis estadístico que la tecnología RFID es más rápida a comparación de otra tecnología. Por otra parte, es necesario motivar a las empresas el uso de tecnologías amigables con el medio ambiente, por ello la propuesta ha sido la aplicación de tecnología RFID, teniendo como evidencia un estudio que este tipo de tecnología puede mejorar la sostenibilidad ambiental (Edward, 2015).

CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.1.1 Sistema Web

La noción de sistema web parte de la caracterización del término sistema, entendido éste como el conjunto de elementos dinámicamente relacionados entre sí para la ejecución de una tarea, siendo que ésta requiere unos elementos de entrada (input) sobre los cuales se ejecutan una serie de funciones derivando en un elemento de salida (output). Así mismo, de la caracterización del término web, el cual refiere a una red informática usualmente conectada a internet (Gamarra Muroya JF, 2021).

Dado esto, un sistema web se configura como una herramienta tecnológica la cual desde su proposición facilita la realización, control y automatización de procesos (Arce Ramírez ÁA, Zuña Mancacela ER, 2019), siendo que el acceso a este se da a través de un servidor web. Algunos autores afirman que la noción de sistema web ha tomado relevancia desde el auge de las redes locales y la masificación del internet. Esto dado que se posibilita la conectividad a determinado sistema tomando como única limitante la cobertura a internet, lo que mitiga las barreras geográficas (Mautino Tolentino RJ, 2021).

2.1.2 Sistema RFID

RFID (Identificación de radiofrecuencia) una tecnología o sistema de intercambio de datos sin contacto que se fundamenta en la utilización de lectores a través de radiación electromagnética de radiofrecuencia. Esta tecnología es utilizada para la identificación y registro de elementos de forma automática, configurándose como un recurso desde el cual se reducen horas de trabajo humano así como la posibilidad de cometer errores (Master Logística, 2018). En esencia, desde el uso de esta tecnología se identifica y transmite información sobre determinado objeto, esto en función de ondas de radiofrecuencia, las cuales se configuran desde la utilización de una etiqueta RFID que permite el almacenamiento, transmisión o identificación de datos. Para la lectura de los datos es necesario contar con un lector y una antena RFID, que identifica la etiqueta y lee a distancia el contenido de la etiqueta inteligente posicionada en el objeto (Tecnipesa, 2021b).

Frecuencias RFID

La frecuencia hace referencia al tamaño de onda usado para comunicarse entre los componentes. Los sistemas RFID existentes funcionan bajo tres referencias diferenciadas. Alta, baja e hiper. Cabe resaltar que las ondas de radio son diferentes en estas frecuencias, por lo que cada una de estas tipologías tiene determinadas ventajas y desventajas derivadas de su utilización.

Profundizando en lo anterior, un sistema que opera con baja frecuencia (LF) como desventaja tiene una menor capacidad de trasmisión de información, pero en contraposición tiene más capacidad de lectura cerca de materiales metálicos y líquidos. En el caso de las frecuencias altas, (HF/UHF), como ventaja tienen la transmisión de datos de forma más rápida y en distancias mayores, pero dichas ondas emitidas son más vulnerables a interferencias (Dipole RFID, 2017b). En el Anexo A se muestra la Tabla 7.1, en donde se mencionan las frecuencias RFID.

Elementos de un sistema RFID pasivo

a) Tag RFID pasivo

El funcionamiento de los sistemas de tags RFID es simple. Los tags emiten una señal de radiofrecuencia que contiene la información identificativa de los elementos en cuestión. Dicha señal puede captarse a través de un lector, el cual tiene como función principal hacer lectura de los datos y convertirlos digitalmente para su interpretación en el aplicativo de control de acceso. Los tags se clasifican por su fuente de alimentación en tag pasivo, tag activo y tag semipasivo.

Los tags RFID de naturaleza pasiva no cuentan con tipo alguno de alimentación. La señal que les es emitida genera corrientes eléctricas mínimas las cuales son suficientes para que opere el circuito integrado del tag, de modo que se genera y transmite una respuesta. Los tags de esta naturaleza tienden a ubicarse de forma práctica en distancias que van desde los 10 cm hasta unos pocos mts. Dado

que estos tags no cuentan con una fuente energética propia, su estructura tiende a ser sencilla y de tamaño reducido (Actum, 2021). Por otra parte, existe otra clasificación que trata sobre el tipo de memoria, los cuales son:

- Solo lectura: En esta clasificación el código identificativo es único y es personalizado en el proceso de elaboración de la etiqueta.
- De lectura y escritura: Los datos identificativos pueden ser modificados por el lector.
- Anticolisión: En esta clasificación se incluyen etiquetas que dan la posibilidad de identificar múltiples en un mismo momento. Para esto, las etiquetas deben ingresar una a una en la zona de cobertura del lector.

Los tags RFID no solamente se clasifican por su fuente de alimentación y por su tipo de memoria, sino también por el tipo de formato en que esté construido. Esta clasificación se realiza por el tipo de necesidad en donde se desea implementar. Los formatos comunes son los siguientes:

- De conversión: en esta la antena RFID se ubica entre dos láminas que contienen adhesivo, de modo que se posiciona entre capas protectoras. Un ejemplo muy común son las tarjetas.
- Encapsulado: en esta se propone un encapsulamiento con la finalidad de dar mayor protección al inlay; por lo que se recurre a diferentes tipologías de material. Un ejemplo de esta es el chip de localización de animales.

- Sobre foam: en esta el foam brinda un grosor que se necesita para separar el inlay de materiales como los metales, logrando que la radiofrecuencia no se vea afectada (Bionix, 2021).

El formato que es de interés en esta investigación es el de conversión, ya que se usan tarjetas. Las tarjetas RFID tienen una tecnología que les permite transmitir la identidad de un determinado objeto, como si fuera un número de serie que viaja por ondas de radio para llegar hasta otro objeto capaz de identificarlas.

Este tipo de tarjetas RFID forman parte de la “revolución inalámbrica”; además de almacenar datos pueden reducir costos para las empresas y cuidar de una mejor forma la seguridad. Son una gran alternativa porque en el chip se guardan datos de identificación que se interpretan por un lector, sin que exista un contacto directo. Las capas de las que conforma una tarjeta RFID se puede observar en la Figura 2.1, esta figura se ubica en el Anexo B.

b) Antena RFID

Las antenas RFID son el elemento intermediario que se necesita para que los lectores RFID transmitan la señal de radiofrecuencia y reciban los datos devueltos por las etiquetas RFID de forma efectiva. Posteriormente, esta información se transmite a su Sistema de Gestión de Almacenes o ERP (Tecnipesa, 2021a); también puede ser cualquier aplicación conveniente. La antena del lector debe ser colocada en una posición donde, tanto la transmisión de energía hacia la etiqueta, como la

recepción de los datos emitidos sean óptimas. Dada la existencia de una serie de regulaciones a nivel gubernamental que suponen límites en los niveles de potencia de los lectores, la ubicación de las antenas se configura como un elemento fundamental para la obtención de grados significativos de lectura. La antena RFID puede configurarse como un complemento independiente donde se conecta el lector, aunque también puede estar directamente integrada a un lector RFID portátil.

Hay tres características de las antenas que contribuyen a la legibilidad de la etiqueta:

- Patrón: es decir, el campo de energía tridimensional que es elaborado por la antena, conocido también como área de lectura.
- Ganancia y atenuación: La ganancia se configura en función de la regulación gubernamental. Sin embargo, la señal puede ser reducida limitando el rango de lectura de la etiqueta.
- Polarización: es decir, la orientación de la transmisión del campo electromagnético (RFIDPOINT, 2021).

c) Lector RFID

El lector se configura como el elemento principal del sistema. Este tiene como función procesar las diferentes lecturas que se realizan por las antenas. Para su funcionamiento, este opera en función de diversos modos de lectura, por ejemplo: inventario, lectura múltiple, etc. La principal finalidad de un lector es transmitir y

recibir señales a partir de la conversión de las ondas de radio de las etiquetas en un formato que las computadoras pueden interpretar (Dipole RFID, 2017a).

El lector establece el rango de frecuencia en el que funciona, esto dado que es la antena la que realiza la emisión de la energía utilizada por las etiquetas. Los lectores RFID se dividen en varias clases: lectores RFID fijos, lectores RFID portátiles y lectores RFID integrados (Banks et al., 2007).

2.1.3 Lean manufacturing

El Lean Manufacturing se configura como un modelo de gestión el cual se enfoca a eliminar desperdicios a través de la integración de múltiples herramientas y metodologías desarrolladas principalmente en la empresa Toyota, en Japón. Como filosofía tiene como objetivo aumentar los indicadores de productividad, eficiencia, competitividad y rentabilidad en las organizaciones (Guevara et al., 2022).

Características principales

- Sus resultados se orientan a la eliminación de desechos y la optimización de los flujos de material.
- Tiene como finalidad lograr la reducción de desperdicios generados en el flujo de la cadena de valor.
- Su principal metodología es el PHVA.
- El VSM se configura como una de las herramientas centrales desde las cuales de identifican áreas de oportunidad.

- La meta es reducir el Lean Time en todo nuestro proceso productivo.
- Es un modelo de gestión enfocado a la creación de flujo.
- Mejora la calidad y se reducen el tiempo de producción y el coste.
- Búsqueda de cero defectos y solución de los problemas en su origen (Carreón, 2020).

Desperdicios en Lean Manufacturing

El desperdicio, según lo define el expresidente de Toyota, Fujio Cho, “es cualquier cosa que no sea la cantidad mínima de equipo, materiales, piezas y obreros (horas de trabajo) absolutamente esenciales para la producción” (Chase & Jacob F, 2009).

La vía de Toyota (Toyota Way) se enmarca en dos nociones principales las cuales pueden resumirse en: mejora continua (Kaizen) y respecto del personal. El principal factor de éxito del modelo propuesto por Toyota se relaciona con la gestión que hacen de una serie de elementos individuales, esto como un conjunto coherente (Guevara et al., 2022).

Lean Manufacturing propone una clasificación de los principales desperdicios en 7 tipologías, denominándose MUDA, término japonés propuesto por Toyota. Los desperdicios identificados derivaron de un proceso analítico detallado sobre una muestra de procesos de transformación de materiales, así como las dinámicas de producción y las actividades que generan valor (Guevara et al., 2022). Los siete desperdicios de Lean Manufacturing son los siguientes:

1. Sobreproducción: siendo que estos derivan de producir de más en relación a las cantidades solicitadas por los clientes, de que la producción sea muy superior a la espetada antes de los plazos de entrega o de implementar equipos y maquinarias con una mayor capacitad de la que se necesita.
2. Tiempo de espera: siendo que estos se entienden como aquellos tiempos que se pierden derivados de procesos ineficientes. Profundizando en lo anterior, un diseño de procesos ineficientes puede significar la inutilización de un grupo de colaboradores a la par de la sobrecarga de otro grupo.
3. Movimientos innecesarios: este desperdicio hace referencia a todos aquellos movimientos del colaborador que no suponen valor para el proceso que desarrolla. Normalmente, este tipo de desperdicio está asociado a una organización deficiente del puesto de trabajo o a la falta de planeación de este.
4. Transportes innecesarios: entendido como la movilización o manipulación innecesaria del material, tal vez por un layout mal diseñado, entre otras causas.
5. Sobreinventarios: Los sobreinventarios hacen referencia a la existencia de mayores cantidades de inventario, siendo estos una de las formas de desperdicio más significativas, en especial dado que normalmente está ligado a ineficiencias y problemas crónicos.

6. Procesos innecesarios: entendido este como todos aquellos procesos ejecutados por la organización que no añaden valor al producto o que no son valorados por el consumidor.
7. Defectos y reprocesos: El desperdicio asociado a errores se configura como uno de los más comunes en el contexto organizacional, siendo que estos suponen grandes pérdidas a nivel productivo, dado que además de la pérdida de materiales, implican la realización de trabajo extra para la realización del proceso de forma correcta (Guevara et al., 2022).

Ciclo de Deming (PHVA)

Para mejorar el flujo de trabajo n una organización o proyecto, se hace necesaria la implementación de recursos que favorezcan los procesos de control, en especial con miras a mitigar la cantidad de desechos y aumentar los niveles de productividad. En este marco, el ciclo de Deming (PHVA) se configura como una herramienta estratégica la cual opera bajo la proposición de cuatro etapas orientadas a la mejora continua en relación a procedimientos, productos o servicios, y para la resolución de problemáticas. Esta herramienta parte de la verificación sistemática de soluciones ante una problemática, la evaluación de los resultados obtenidos y la puesta en marcha de las soluciones que mostraron mejores resultados (Ortega, 2021).

El ciclo PHVA cuenta con cuatro pasos:

- Planificar: lo cual implica caracterizar la dinámica de trabajo y situar las problemáticas que la atraviesan.
- Hacer: implica la búsqueda de soluciones para gestionar la o las problemáticas identificadas, esto desde el análisis de información o el trabajo cooperativo con otros colaboradores o áreas empresariales.
- Verificar: implica la supervisión de las diferentes soluciones identificadas y la aplicación de correctivos en caso de ser necesario.
- Actuar: Implementa soluciones revisadas y evalúa lo que has aprendido (Asana, 2022).

Mapeo del flujo del valor (VSM)

El Mapeo de Flujo de Valor o (VSM Value Stream Mapping) se configura como una herramienta que permite identificar y comprender un proceso así como los desperdicios que derivan de este. En este marco, esta herramienta favorece la identificación de ventajas competitivas así como el establecimiento de un lenguaje común entre los grupos de trabajo (Guevara et al., 2022).

2.1.4 Reducción de Tiempos

Los factores que afectan la productividad en el contexto empresarial suelen variar en cada industria. Sin embargo, uno de los principales elementos a considerar en relación a dicha productividad está dado por los tiempos. Algunos autores afirman que el control de la productividad se configura como un elemento esencial para la

gestión de la calidad, en especial desde la óptica de la mejora continua. (Muñoz Choque, 2021).

Desde el enfoque de la competitividad, si bien es cierto existen diferentes mecanismos y estrategias desde los cuales promoverla, partiendo del principio básico económico que refiere que la rentabilidad deriva de la diferencia entre el precio de venta y los costos totales, la gestión de tiempos se configura como un factor fundamental en el cual pueden presentarse pérdidas importantes en cuanto a rentabilidad. Dado esto, la implementación de recursos desde los cuales orientar una gestión efectiva de este resulta fundamental (Collazos García CJ, 2015).

Respecto a estrategias para lograr reducir tiempos en el contexto productivo, existen marcos generales como la metodología SMED o los principios Lean Manufacturing, sin embargo, también pueden desarrollarse estudios de tiempos en procesos específicos desde los cuales proponer actividades puntuales para reducir tiempos en éstos.

2.2 ESTADO DEL ARTE

A continuación, se detallan algunos artículos científicos donde varios investigadores proponen la aplicación de IoT, la tecnología RFID, y la tecnología de código de barras en la captura de datos del material.

2.2.1 Automatización en las empresas mediante el uso de la tecnología IoT

Impactos de Internet de las cosas en las cadenas de suministro: Un marco para el almacenamiento (Mostafa et al., 2019), (2019).

El documento tiene como objetivo profundizar en el impacto que tiene el internet de las cosas (IoT) en las cadenas de suministro. Para esto los autores proponen una infraestructura de IoT aplicable a una cadena de suministro, con lo cual se basan para implementar la IoT en el almacenamiento en un marco conceptual, para así ver el impacto que tiene. En base a la revisión de la literatura que realizaron los autores, presentan los componentes de la infraestructura de IoT. El autor propone un marco conceptual donde se implementa el IoT en las cadenas de suministro, donde presentan los beneficios que puede conllevar la aplicación de la tecnología de la Industria 4.0. En base a la infraestructura que proponen los autores, se aplica el IoT en el almacenamiento, ya que se puede utilizar para monitorear varios procesos en el almacén en tiempo real.

Un método de clasificación de acciones para el monitoreo de montacargas en escenarios de la Industria 4.0 (Motroni et al., 2021), (2021).

El objetivo del artículo científico es implementar una interconexión entre las instalaciones de producción, los sistemas de almacenamiento y la maquinaria de una empresa, de modo que se posibilite la interacción en tiempo real entre colaboradores, maquinaria y los elementos que hacen parte de la cadena de suministro, logrando así que el almacén sea inteligente. Como parte de este objetivo, los investigadores implementaron una puerta inteligente UHF-RFID y carretillas inteligentes con el uso del IoT. Las capacidades de rendimiento y método fueron investigado a través de una demostración experimental instalada en un almacén real. Los datos fueron recolectados durante las operaciones regulares de los trabajadores. En el 100% de los casos, la carretilla elevadora fue detectada por la puerta RFID, y se logró una precisión de clasificación del 98% cuando la velocidad de la carretilla elevadora osciló entre 0,5 m/s y 1,5 m/s. La precisión disminuye para mayores velocidades.

Un centro de almacenamiento basado en tecnología de sensores y RFID: evaluación de un nuevo modelo en un hipermercado en China (Liu et al., 2019), (2019).

El propósito de este documento es averiguar cómo se puede cambiar el modo de almacén existente y resolver los problemas existentes de gestión de almacén de Yonghui Superstores. Propone la construcción de un centro de almacenamiento

desde cero, que se basa en la identificación por radiofrecuencia (RFID), tecnología de sensores y IoT, además se diseña el modelo para recepción, almacenamiento, gestión de operaciones, distribución y salida para resolver los problemas existentes de gestión de almacenes de Yonghui Superstores. Al realizar una evaluación de los beneficios y el retorno de la inversión hace que el modelo de centro de almacenamiento sea versátil, técnicamente factible y económicamente aplicable. Con lo cual en base a los resultados se concluye que el centro de almacén puede mejorar el nivel de gestión del almacén de Yonghui Superstores y reduce el costo de gestión del almacén, además tiene una gran importancia para mejorar la eficiencia comercial.

Proyecto de automatización para línea de terminado de empresa productora de retenedores de aceite usando sistemas IoT (García Casas JD., 2020), *(2020)*

Esta investigación tuvo como propósito general desarrollar un proyecto de automatización de línea de terminado de una planta productora de retenedores de aceite, esto en el marco de sistemas IoT como elemento direccionador. Para esto, los autores proponen una primera etapa de automatización a través del diseño de una serie de mecanismos y medios de infraestructura orientados a permitir la operabilidad del sistema 24 horas de forma autónoma. Seguido a esto, los diseños conceptuales fueron sometidos a un proceso de selección, validación y posterior modelado, esto a través de la herramienta de análisis de movimiento de SolidWorks. Como fase final, los investigadores proponen la integración de la planta con Internet de las cosas

(IoT), por medio de una puerta de enlace 2040 de la marca Siemens, la plataforma Node-RED y Firebase de Google. Como resultado de este proceso se obtuvieron una serie de recomendaciones en lo que respecta a la integración de IoT en el contexto empresarial.

2.2.2 Automatización en las empresas mediante el uso de la tecnología RFID

Uso de la tecnología RFID para llevar un control y rastreo para un sistema de inventario para bodegaje (Universidad Santo Tomás, 2022) *(2022)*

Este documento tuvo como objetivo principal realizar un prototipo que ilustre cómo los sistemas de inventario con el uso de nuevas tecnologías como RFID pueden ayudar a optimizar procesos de producción, comercio y almacenamiento en las PyMES colombianas. Para esto, el autor realiza un proceso de caracterización de sistemas de inventario para bodegaje a partir del cual selecciona la adecuada para la organización objeto de estudio. Partiendo de este propone el sistema de inventario con tecnología RFID desde el diseño de presupuestos, el modelamiento de la base de datos y el planteamiento de la codificación para las etiquetas RFID pasivas.

Como resultado de este proceso se obtuvo un sistema de gestión de inventarios con sensores, tags RFID y lectores RFID desde el cual identificar la localización exacta en tiempo real de mercancías, el punto de origen de las rutas, calendarios para la realización de pedidos, temperatura, entre otros.

Almacén aduanero basado en RFID para Science Park (Chen et al., 2018), (2018).

El objetivo principal de esta investigación es proponer un sistema de información de gestión RFID que integra dos temas comunes que incluyen la gestión del flujo de trabajo de inventario y la gestión del almacén para el depósito aduanero. El núcleo principal de esta investigación se centró en la gestión de cajas y palés para el almacén aduanero del Parque Científico Hsinchu en Taiwán. En base a la cooperación entre etiquetas RFID, lectores RFID y middleware RFID, la información de las etiquetas adjunta en cada caja y cada paleta se pasaría al sistema de información de gestión de almacén de backend para lograr el propósito de rastreo. El resultado mostró que la tecnología RFID integrada y la gestión con el flujo de trabajo del almacén aduanero reducirían el tiempo del flujo de trabajo de inventario estandarizado y mejorarían la eficiencia del proceso de verificación, y eso también podría ayudar a que el inventario aduanero se controle con mucha más precisión.

Hacia un almacén autónomo de la industria 4.0: un sistema basado en UAV y blockchain para aplicaciones de inventario y trazabilidad en la gestión de la cadena de suministro impulsada por Big Data (Fernández-Caramés et al., 2019), (2019).

En el artículo científico, los autores presentan el diseño y evaluación de un sistema basado en UAV (Vehículos aéreos no tripulados) destinado a automatizar el inventario en un almacén grande, es decir, el UAV tiene como objetivo de almacenar los datos de manera rápida del material que se encuentre disponible con etiquetas RFID y que los datos que vaya recopilando por medio del UAV garanticen su confiabilidad y ponerlos a disposición a las partes interesadas. Realizaron el prototipo del UAV para la captura de datos en un almacén de una gran capacidad. Llegaron a la conclusión mediante las pruebas que realizaron en base en la rapidez con la que se podían recopilar los datos del inventario, que este sistema de este tipo puede recolectar y procesar inventario de datos de forma rápida y en tiempo real en un almacén grande.

La importancia de la tecnología RFID en la logística 4.0 en la empresa de automoción (Barcik, 2019), (2019).

El objetivo de este artículo científico es presentar las mejoras que se implementaron en la empresa TI Automotive, donde se implementa tradicionalmente la utilización de formularios de Excel para el conteo de material, ya que se realizaba aparte el conteo de material de manera manual por parte del operador, esto provocaba retrasos. Se realizó la implementación de la tecnología RFID donde es posible controlar el inventario. Este proyecto se encuentra en etapa experimental pero los resultados que lleva hasta ese momento son excelentes.

Implementación de middleware RFID basado en arquitectura cliente-multiservidor para la trazabilidad de autopartes (Henao-Jaramillo et al., 2019), (2019).

En la investigación se implementa una solución RFID para la trazabilidad de piezas automotrices en tiempo real en Renault-SOFASA-Colombia, ya que la trazabilidad de las piezas de los automóviles tradicionalmente se realiza manualmente mediante terminales móviles, lo que consume mucho tiempo y laborioso. Con lo cual se desarrolla un middleware bajo arquitectura cliente-multiservidor para lectores Siemens. El terminal, donde se ubica el middleware, se comporta como un cliente y enlaza con varios lectores RFID que se comportan como servidores, formando una topología de red tipo estrella. Como resultados esta arquitectura permite una reducción de costos en la implementación y operación de soluciones RFID al reducir la adquisición de hardware y el consumo de energía.

2.2.3 Automatización en las empresas mediante el uso de la tecnología de código de barras

Propuesta de automatización en bodega de producto terminado en industria manufacturera de productos de higiene personal en Costa Rica (Pérez López, 2015), (2015).

Esta investigación propone un proceso de automatización para el área de almacenamiento de producto finalizado y entarimado de la organización Kimberly

Clark. Dicho proceso de automatización parte de la integración de un sistema de código de barras el cual se ubicó estratégicamente por las zonas de trabajo a intervenir con la finalidad de reducir los trabajos repetitivos de los colaboradores así como aumentar el control automático de inventarios. Como resultado de este proceso se logró agilizar y dar eficacia al proceso de distribución del producto terminado; además se redujeron tiempos y costos desde el punto de vista financiero.

> *La aplicación de la tecnología de códigos de barras en logística y gestión de almacenes* (Sun, 2009), (2009).

En este documento científico, se presenta la tecnología de códigos de barras que se utiliza en la logística y el almacén, luego muestran cómo aplicar la tecnología de códigos de barras en el curso de la entrada de mercancías en el almacén, el almacenamiento y la salida del almacén. Concluyendo que la aplicación de la tecnología de códigos de barras a la logística y el almacén traerá grandes ganancias a las empresas de logística.

2.2.4 Tabla comparativa

TÍTULO, AUTOR, AÑO	DESCRIPCIÓN	TECNOLOGÍA	SOLUCIÓN	RESULTADOS
Impactos de Internet de las cosas en las cadenas de suministro: Un marco para el almacenamiento (Mostafa et al., 2019), (2019).	El objetivo de esta investigación es mostrar el impacto del IoT en la cadena de suministro.	IoT	Se propuso una infraestructura de IoT para la cadena de suministro, en este caso pusieron como ejemplo un almacén.	En base a la infraestructura de IoT, se propone un marco conceptual donde se presenta los beneficios, que en este caso se puede utilizar para monitorear varios procesos en el almacén en tiempo real.
Un método de clasificación de acciones para el monitoreo de montacargas en escenarios de la Industria 4.0 (Motroni et al., 2021), (2021).	El objetivo es la de implementar una interconexión entre las instalaciones de producción, los sistemas de almacenamiento y la maquinaria de la fábrica de tal manera que permita una interacción en tiempo real.	IoT	Se implementó una puerta inteligente UHF-RFID además de crear carretillas inteligentes con el uso del IoT.	En el 100% de los casos, la carretilla elevadora fue detectada por la puerta RFID, y se logró una precisión de clasificación del 98%, con lo cual la interconexión entre la producción, los sistemas de almacenamiento y la maquinaria es beneficiosa.
Un centro de almacenamiento basado en tecnología de sensores y RFID: evaluación de un nuevo modelo en un	El propósito de este documento es averiguar cómo se puede cambiar el modo de almacén existente y resolver los problemas existentes de gestión de almacén de Yonghui	IoT	Propone la construcción de un centro de almacenamiento desde cero, que se basa en la identificación por radiofrecuencia (RFID) y tecnología de sensores y	Mejora el nivel de gestión de Yonghui Superstores y reduce el costo de gestión del almacén.

hipermercado en China (Liu et al., 2019), (2019).	Superstores.		principalmente el IoT.	
Proyecto de automatización para línea de terminado de empresa productora de retenedores de aceite usando sistemas IoT (García Casas JD., 2020), (2020)	Esta investigación tuvo como propósito general desarrollar un proyecto de automatización de línea de terminado de una planta productora de retenedores de aceite, esto en el marco de sistemas IoT como elemento direccionador	IoT	Propuesta de integración del proceso de línea de terminado de empresa productora de retenedores de aceite con tecnología IoT	Marco guía para la integración de tecnología IoT en el modelo de automatización propuesto conforme el desarrollo tecnológico de la organización amplie los requerimientos de análisis de datos.
Uso de la tecnología RFID para llevar un control y rastreo para un sistema de inventario para bodegaje (Universidad Santo Tomás, 2022) (2022)	Este documento tuvo como objetivo principal realizar un prototipo que ilustre cómo los sistemas de inventario con el uso de nuevas tecnologías como RFID pueden ayudar a optimizar procesos de producción, comercio y almacenamiento en las PyMES colombianas.	RFID	Prototipo sistema de inventario con sensores, tags RFID y lectores RFID	Sistema de gestión de inventarios desde el cual identificar la localización exacta en tiempo real de mercancías, el punto de origen de las rutas, calendarios para la realización de pedidos, temperatura, entre otros
Almacén aduanero basado en RFID para Science Park (Chen et al., 2018), (2018).	El objetivo principal de esta investigación es proponer un sistema de información de gestión RFID que integra dos temas comunes que incluyen la gestión del flujo de trabajo de inventario y la gestión del	RFID	Instalación y aplicación de etiquetas RFID, lectores RFID y middleware RFID, donde la información de las etiquetas adjunta en cada caja y cada paleta se pasaría al sistema de	Mejora el flujo de trabajo de inventario.

	almacén para el depósito.		información de gestión de almacén para el rastreo	
Hacia un almacén autónomo de la industria 4.0: un sistema basado en UAV y blockchain para aplicaciones de inventario y trazabilidad en la gestión de la cadena de suministro impulsada por Big Data (Fernández-Caramés et al., 2019), (2019).	El objetivo de este artículo es el diseño y evaluación de un sistema basado en UAV (Vehículos aéreos no tripulados) destinado a automatizar el inventario en un almacén grande.	RFID	Realizaron el prototipo del UAV para la captura de datos en un almacén de una gran capacidad.	La recopilación de datos de inventario en un almacén grande lo realiza de forma rápida.
La importancia de la tecnología RFID en la logística 4.0 en la empresa de automoción (Barcik, 2019), (2019).	El objetivo es presentar la mejora de la implementación tradicional de conteo de material de la empresa TI Automotive.	RFID	Se realizó la implementación de la tecnología RFID donde es posible controlar el inventario	Este proyecto se encuentra en etapa experimental pero los resultados que lleva hasta ese momento son excelentes.
Implementación de middleware RFID basado en arquitectura cliente-multiservidor para la trazabilidad de autopartes (Henao-Jaramillo et al.,	Esta investigación tiene como objetivo solucionar la trazabilidad de las piezas de los automóviles que se realiza de forma tradicional en Renault-SOFASA-Colombia.	RFID	Se implementó una solución RFID para la trazabilidad en tiempo real con el desarrollo de un middleware bajo arquitectura cliente-multiservidor para lectores Siemens.	Como resultados esta arquitectura permite una reducción de costos.

2019), (2019).				
Propuesta de automatización en bodega de producto terminado en industria manufacturera de productos de higiene personal en Costa Rica (Pérez López, 2015), (2015).	El objetivo del artículo es automatizar la sección de bodega de producto terminado y área de entarimado de la empresa Kimberly Clark.	Código de barras	Se implementó la lectura de código de barras de sus productos y la distribución de los mismos por canales específicos donde el operador humano intervenga al final	Como resultados se obtendrá una distribución más ágil y eficaz del producto terminado en el área de la bodega y entarimado
La aplicación de la tecnología de códigos de barras en logística y gestión de almacenes (Sun, 2009), (2009).	En este documento se presenta la aplicación de código de barras en la logística y en el almacenamiento.	Código de barras	Se implementó el código de barras en el curso de la entrada de mercancías en el almacén, el almacenamiento y la salida del almacén.	Trae beneficios relacionados en ganancias a las empresas.
Nuestra propuesta	En esta investigación tiene como objetivo automatizar el área de preparación de materiales para evaluar la reducción de tiempos en la lectura del material.	RFID	Se va a instalar un sistema de lectura automática con tecnología RFID.	Como resultado está la reducción de tiempo en la captura automática del material

Tabla 2.1 Resumen de los artículos científicos

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

En esta sección se presenta la metodología para cumplir con los objetivos propuestos en esta investigación. Esta metodología consta de 3 fases:

1. Desarrollo del hardware del sistema de lectura automática con tecnología RFID.
2. Desarrollo de la aplicación web del sistema de lectura automática con tecnología RFID.
3. Evaluación de tiempos de la tecnología anterior de la empresa con la tecnología RFID.

La Figura 3.1 muestra una representación de la metodología de solución. Para cada una de las fases se definen actividades particulares que se realizarán para cumplir el objetivo de esta investigación.

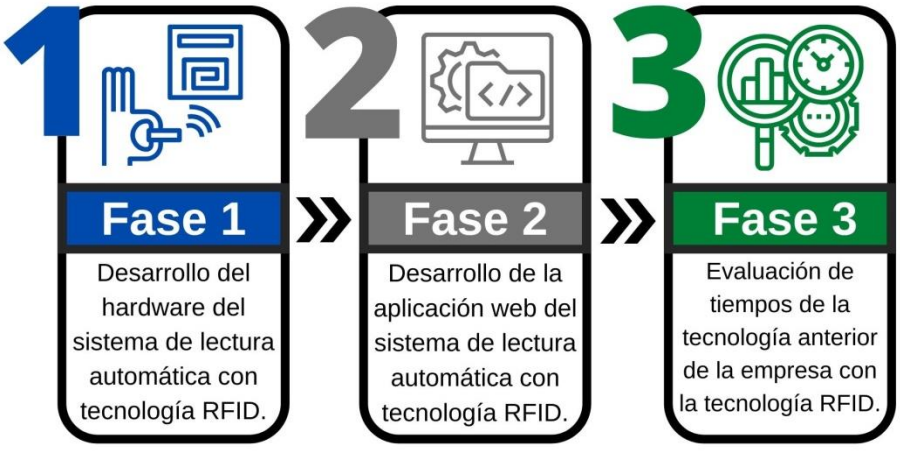


Figura 3.1 Metodología de solución

3.1 FASE UNO. DESARROLLO DEL HARDWARE DEL SISTEMA DE LECTURA AUTOMÁTICA CON TECNOLOGÍA RFID

En esta fase, se desarrolló el hardware del sistema de lectura automática con tecnología RFID, el cual es capaz de realizar la captura automática de los accesorios. La Figura 3.2 muestra una representación gráfica de esta fase.

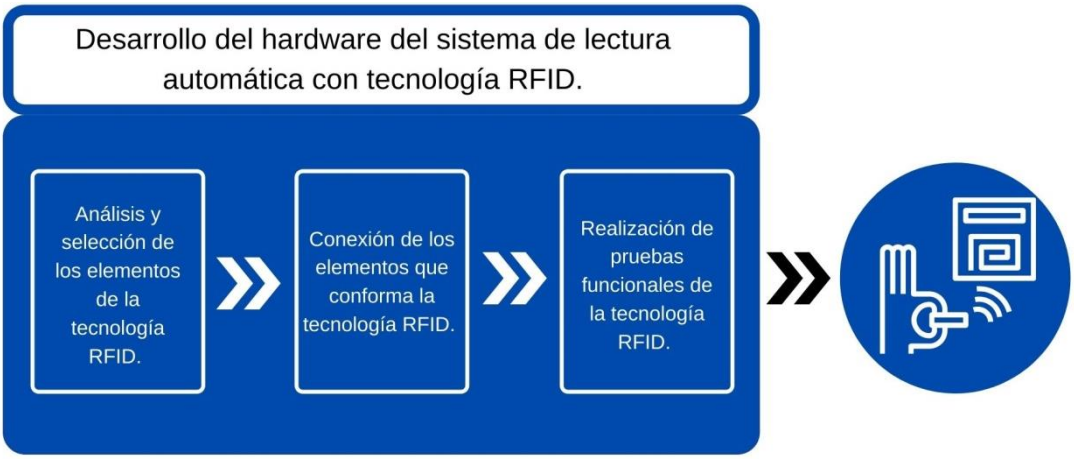


Figura 3.2 Desarrollo del hardware del sistema de lectura automática con tecnología RFID

3.1.1 Análisis y selección de los elementos del hardware del sistema RFID

De acuerdo con (Tecnipesa, 2021b), un sistema RFID consta de tres componentes: un tag RFID, un lector RFID y una antena RFID. El análisis y selección de los elementos del hardware del sistema RFID consta de las siguientes actividades:

I. Criterios para el análisis y selección.
II. Descripción de la lista de opciones de materiales.
III. Análisis y selección de la opción seleccionada.

I. Criterios para el análisis y selección

Los criterios para la selección de los elementos son: el rango de lectura y el costo.

Con respecto al rango de lectura se refiere a la distancia que se puede leer desde el tag hasta el lector, y con respecto al costo se refiere al precio total de la lista de componentes de las opciones.

II. Descripción de la lista de opciones de materiales

Se realizó tres opciones de listas de materiales correspondientes a los elementos del hardware que conforma un sistema RFID.

Primera opción

En la opción 1 se tiene el lector-RC522 RFID (su rango de lectura es de 10 centímetros), en el lector viene incluida la antena RFID y aparte con 2 tags, uno de los medios de comunicación de este tipo de lector es el Arduino, con lo cual se optó por el Arduino mega 2560. Por otra parte, se tiene una placa de pruebas para realizar las pruebas de funcionamiento. En la Tabla 3.1 se muestran la lista de materiales de la opción 1.

MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO
Lector-RC522 RFID (10 centímetros), con 2 tags RFID	1 unidad	$270.00 MXN
Arduino mega 2560	1 unidad	$590.00 MXN

Placa de pruebas	1 unidad	$250.00 MXN
		Total: $1,100.00 MXN

Tabla 3.1 Lista de componentes de la opción 1

Segunda opción

En la opción 2 se tiene el lector UHF RFID (su rango de lectura es de 6 metros); en el lector viene incluida la antena RFID y aparte con 3 etiquetas UHF. Se seleccionó un eliminador 12V – 3A para proporcionarle energía al lector. Uno de los medios de comunicación de este tipo de lector es el serial con lo cual se tiene el Arduino mega 2560 para conectarle el adaptador serial RS232 MAX3232 a TTL a serial Db9 Arduino y el adaptador serial RS232 macho para soldar para así recibir la información que detecte el lector por las etiquetas. En la Tabla 3.2 se muestran la lista de materiales de la opción 2.

MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO
Lector UHF RFID (6 metros), con 3 etiquetas UHF RFID	1 unidad	$4,999.00 MXN
Arduino mega 2560	1 unidad	$590.00 MXN
Eliminador 12V – 3 A	1 unidad	$200.00 MXN
Adaptador serial RS232 MAX3232 a TTL a serial Db9 Arduino	1 unidad	$61.00 MXN

Adaptador serial RS232 macho para soldar	1 unidad	$65.00 MXN
		Total: $5,915.00 MXN

Tabla 3.2 Lista de componentes de la opción 2

Tercera opción

En la opción 3 se tiene el lector RFID Zebra FX7500 (su rango de lectura es de 15 metros), en el lector viene incluida la antena RFID, además viene incluido el cableado para conectarlo a la laptop.

Se tiene un rollo de etiquetas UHF RFID para usarlos con el lector. En la Tabla 3.3 se muestran la lista de materiales de la opción 3.

MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO
Lector RFID Zebra FX7500 - 4 puertos (Incluye fuente de alimentación y cableado) (15 metros)	1 unidad	$25,937.00 MXN
Rollo de etiquetas UHF RFID	1 conjunto de 11,888 etiquetas.	$6,809.00 MXN
		Total: $32,746.00 MXN

Tabla 3.3 Lista de componentes de la opción 3

III. Análisis de la opción seleccionada

En la Tabla 3.4 se muestran las ventajas y desventajas entre las opciones en relación con los criterios antes mencionados, en donde el color verde es una ventaja y el color rojo una desventaja.

OPCIONES	RANGO DE LECTURA	COSTO
Opción 1	10 centímetros	$1,392.00 MXN
Opción 2	6 metros	$6,164.00 MXN
Opción 3	15 metros	$32,906.00 MXN

Tabla 3.4 Criterios para la selección de la lista de componentes

En la opción 1 el rango de lectura es de 10 centímetros y esto se considera una desventaja ya que el propósito del prototipo es que el rango de lectura no sea menor para que así la persona no tenga la necesidad de que el tag tenga que interactuar con el lector a una distancia menor.

Por otra parte, el costo es de $1,392.00 MXN y esto se considera una ventaja ya que la inversión que se haría con respecto a los componentes sería beneficiosa.

En la opción 2 el rango de lectura es de 6 metros y se considera como una ventaja ya que cumple con la necesidad de que el lector este posicionado en una zona específica en el almacén y así el tag pueda pasar a una distancia favorecedora.

Con respecto al costo es de $6,164.00 MXN, esto se considera como una ventaja porque a pesar de que es un costo mayor a comparación de la opción 1, en la opción 2 proporciona un rango mayor de 10 centímetros y esto es lo que se necesita para el prototipo.

En la opción 3 el rango de lectura es de 15 metros y se considera una ventaja ya que cumple con la misma necesidad mencionada en la opción 2. En cuanto al costo es de $32,906.00 MXN, esto se considera una desventaja porque es un costo mayor a la opción 1 y a la opción 2, con lo cual en este momento no se tienen los recursos para invertir en la opción 3.

Con base en el análisis realizado, dentro de la Tabla 3.4, se llegó como conclusión elegir los componentes de la opción 2 debido a las ventajas detectadas.

3.1.2 Conexión de los elementos que conforman la tecnología RFID

El sistema RFID se compone de tres componentes, un tag RFID, un lector RFID y una antena RFID. Se realizó el diseño y conexión física del sistema RFID con respecto a la conexión de los componentes de la opción 2, en dicha lista vienen incluidos los tres componentes primordiales que conforman el sistema RFID. En la Figura 3.3 se muestra el diseño de un diagrama esquemático que conforma la conexión de los elementos.

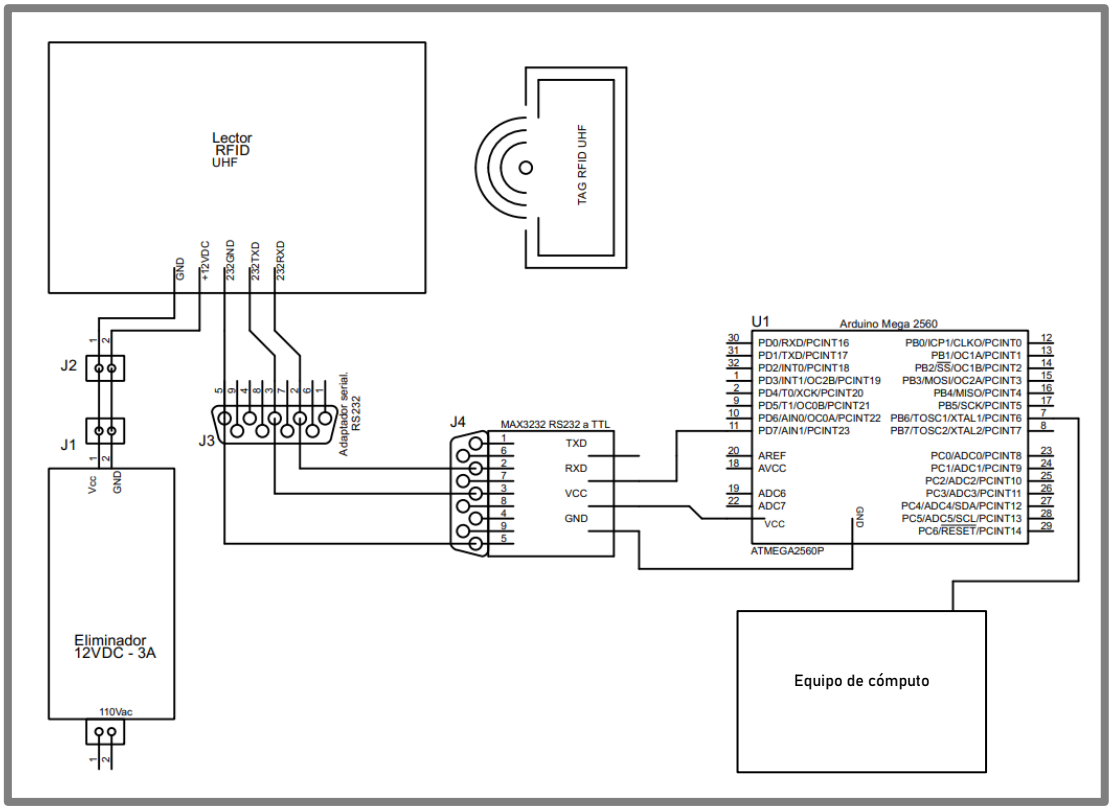


Figura 3.3 Diagrama esquemático del circuito RFID

La descripción de la conexión de los elementos que conforma la tecnología RFID es la siguiente: el primer componente es el equipo de cómputo, el cual tiene conectado un Arduino mega 2560 para que de esta manera se pueda obtener una captura y procesamiento de la información. Posteriormente, el Adaptador serial RS232 MAX3232 a TTL a serial Db9 Arduino se conectó al Arduino mega 2560 ya que permite comunicar un microcontrolador con una computadora por el puerto Serial RS232(COM) y así realizar una adquisición de datos. Después se soldó el Adaptador serial RS232 macho a los cables de comunicación del lector RFID UHF, de este modo se conectó el lector RFID UHF con el Adaptador serial RS232 MAX3232 a TTL

a serial Db9 Arduino. Cabe recalcar que el lector RFID UHF tiene integrada la antena RFID UHF, debido a que el lector RFID UHF tiene un circuito interno en donde se encuentra instalada la antena RFID UHF, además el lector RFID UHF tiene una fuente de poder externa llamada eliminador que es de 12VDC-3A. Por último, se usó las etiquetas RFID UHF, estas etiquetas emiten señales al lector, en donde el lector las captura y valida la información contenida de las etiquetas RFID UHF.

En la Anexo C, Anexo D y Anexo E se muestran fotografías de la conexión física de los elementos del sistema RFID seleccionados.

3.1.3 Realización de pruebas funcionales

Para la realización de las pruebas funcionales de la tecnología RFID se estableció una descripción de la metodología en cómo se realizaron las pruebas funcionales. A continuación, se muestran cada uno de los escenarios de la prueba funcional de la conexión de los elementos con sus respectivos resultados.

Escenario 1:

La etiqueta RFID pasa por el lector RFID a una distancia de 50 cm. En este escenario la etiqueta UHF RFID pasó por el lector UHF RFID. El código único de la etiqueta UHF RFID se mostró en el monitor serial del programa Arduino. En este escenario se obtuvo un 85% de efectividad ya que, de 100 tarjetas, pasaron 85 frente a 15 que reflejaron una lectura fallida.

Escenario 2:

La etiqueta RFID pasa por el lector RFID a una distancia de 1 metro. En este escenario, la etiqueta UHF RFID pasó por el lector UHF RFID. El código único de la etiqueta UHF RFID se mostró en el monitor serial del programa Arduino. En este escenario se obtuvo un 87% de efectividad ya que, de las 100 tarjetas utilizadas, pasaron 87 frente a 13 que reflejaron una lectura fallida.

Escenario 3:

La etiqueta RFID pasa por el lector RFID a una distancia de 1 metro. En este escenario, la etiqueta UHF RFID estaba ubicada detrás de una pared y fue detectada por el lector UHF RFID. El código único de la etiqueta UHF RFID se mostró en el monitor serial del programa Arduino. Se obtuvo un nivel de efectividad del 90%, esto dado que de las 100 tarjetas utilizadas pasaron 90, esto en contraposición a 10 tarjetas que reflejaron una lectura fallida.

Escenario 4:

La etiqueta RFID pasa por el lector RFID a una distancia de 1 metro. En este escenario, la etiqueta UHF RFID estaba ubicada tras una lámina de aluminio y fue detectada por el lector UHF RFID. El código único de la etiqueta UHF RFID se mostró en el monitor serial del programa Arduino. En este escenario, se obtuvo un 76% de efectividad dado que de las 100 tarjetas utilizadas pasaron 76, esto en contraposición a 24 que reflejaron una lectura fallida.

En base a los escenarios que se realizaron como pruebas funcionales se concluye que hay una efectividad, pero hay que considerar la ubicación e instalación en la empresa para que de esta manera no se tenga interferencias y se realice un buen funcionamiento.

3.2 FASE DOS. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN WEB DEL SISTEMA DE LECTURA AUTOMÁTICA CON TECNOLOGÍA RFID

En esta fase, se desarrolló la aplicación web donde se va a recibir la información del material, la cual se captura por el hardware del sistema de lectura automática con tecnología RFID. La Figura 3.4 muestra una representación gráfica de esta fase.



Figura 3.4 Desarrollo de la aplicación web del sistema de lectura automática con tecnología RFID

3.2.1 Diseño del módulo de lectura y decodificación

En esta actividad se diseñó el módulo de lectura y decodificación, en donde la interfaz de conexión recibe la información del lector RFID, decodifica la señal y almacena la información en la base de datos. La interfaz de conexión es capaz de registrar el número serial de un nuevo tag RFID, dar de alta la nueva cantidad de accesorios que entra al almacén y dar de baja la nueva cantidad de accesorios que sale del almacén.

La interfaz de conexión se compone de tres secciones: alta de tarjeta, registro de entrada y registro de salida, dicha interfaz se muestra en la Figura 3.5. En la sección de “alta de tarjeta” se escanea y registra el nuevo tag RFID en el campo de número serial para que se guarde en la base de datos. Esta pestaña sólo es visible a través de otro ejecutable del mismo programa con el objetivo de limitar que el personal no autorizado registre nuevas tarjetas en la base de datos.

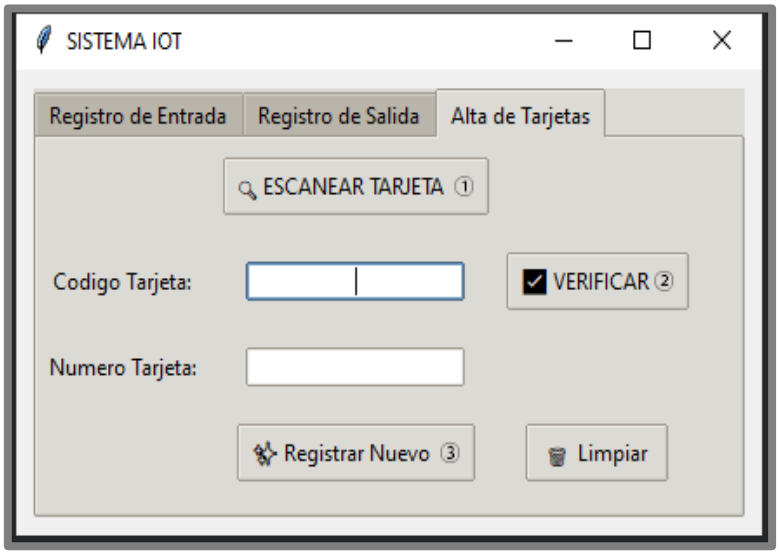


Figura 3.5 Interfaz Alta de Tarjetas

Al describir los elementos gráficos en función de los cuales se configura esta interfaz, cabe resaltar lo siguiente:

1) 🔍 Escanear Tarjeta: Este botón deberá accionarse al momento de pasar una tarjeta RFID mediante la antena permitiendo al programa leer la información de esta y asignarla a la caja de texto que se ubica enseguida de “Código de tarjeta:”.
2) ☑ Verificar: Este botón permite revisar y confirmar que la tarjeta escaneada no está presente en la base de datos, con lo cual se evitan duplicados, malas capturas o alteración a tarjetas ya existentes.
3) Número de Tarjeta: Este campo de texto sólo acepta números enteros y una longitud máxima de 8 dígitos, esto por cuestión de seguridad y facilidad de uso dado que cada Tarjeta RFID cuenta con un número único que facilita su identificación
4) ✨ Registrar Nuevo: Este botón permite dar de alta nuevas tarjetas con la información recibida por la Antena y el número capturado manualmente por el usuario.
5) 🗑 Limpiar: Su función es limpiar todos los campos de texto de la pestaña.

Al ejecutar el programa de control de tarjetas y estar seleccionada la pestaña de “registro de entrada” como se muestra en la Figura 3.6, en donde se visualiza una

Interfaz diseñada para la lectura de las Tarjetas RFID con diversos elementos gráficos, de estos resaltan botones ordenados de forma numérica que facilitan el registro de entrada de las tarjetas.

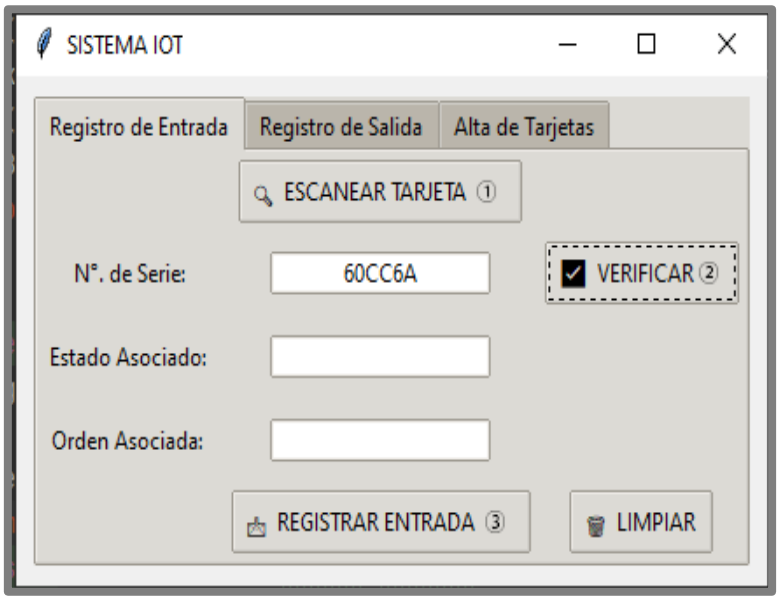


Figura 3.6 Interfaz Registro de Entrada

A continuación, se describen las funciones y particularidades de los botones y los campos de texto propios de la interfaz de “registro de entrada”.

1) 🔍 Escanear Tarjeta: Este botón deberá accionarse al momento de pasar una tarjeta RFID mediante la antena permitiendo al programa leer la información de esta y asignarla a la caja de texto que se ubica enseguida de “N°. de Serie:”. Esto dado que el Número de Serie de las Tarjetas no es directamente el número impreso en éstas y es necesario leerlas para poder realizar su

registro correctamente. Dada la importancia de este paso, se agregó un número indicando al operador los pasos a seguir y desde dónde empezar.

2) ☑ Verificar: Este botón captura la información que se encuentra en la caja de texto de “N°. de Serie” y lo consulta en la base de datos para verificar que la tarjeta escaneada o la información recibida por la antena sea la correcta para poder seguir con el procedimiento del registro de entrada.
3) 📧 Registrar Entrada: Una vez que todos los campos de texto se hayan llenado con la información necesaria, se hace clic a este último elemento para enviar los datos recibidos a la base de satos y actualizar el estado de la Tarjeta RFID asociada. Al realizar todos los pasos correctamente saldrá un mensaje que notifica que se ha realizado con éxito el proceso.
4) 🗑 Limpiar: Este botón tiene como objetivo limpiar todos los campos de texto de la pestaña facilitando el trabajo de digitación dado que no se puede registrar la misma tarjeta más de una vez si ésta ya registró su entrada correctamente.
5) “No. De Serie”: Este campo de texto es donde se asignará el número de serie obtenido de la Tarjeta RFID al momento de escanear. Es necesario que el usuario no manipule este campo, ya que de este mismo se obtendrá la información necesaria de la base de datos con respecto a la tarjeta escaneada al momento de utilizar el botón de Verificar.
6) “Estado Asociado”: En este campo de texto se mostrará el estado en el que se encuentra la Tarjeta RFID. Existen 3 estados diferentes y dependiendo de estos se permitirá o no el Registro de la Tarjeta en la pestaña

correspondiente. En este caso, si el estado de la tarjeta es diferente de 'PENDIENTE' no es posible registrar la Tarjeta; esto para evitar datos duplicados y el mal uso que se le podría dar a las tarjetas.

7) "Orden Asociada": En este campo de texto se muestra el número de orden que se encuentra asociado a la tarjeta, esto para facilitar la búsqueda en la aplicación web y la base de datos para cambiar el estado de la orden junto a la Tarjeta RFID.

Por último, en la sección "registro de salida" se escanea y se da de baja la nueva cantidad de accesorios que sale del almacén. En la Figura 3.7 se muestra la interfaz de registro de salida.

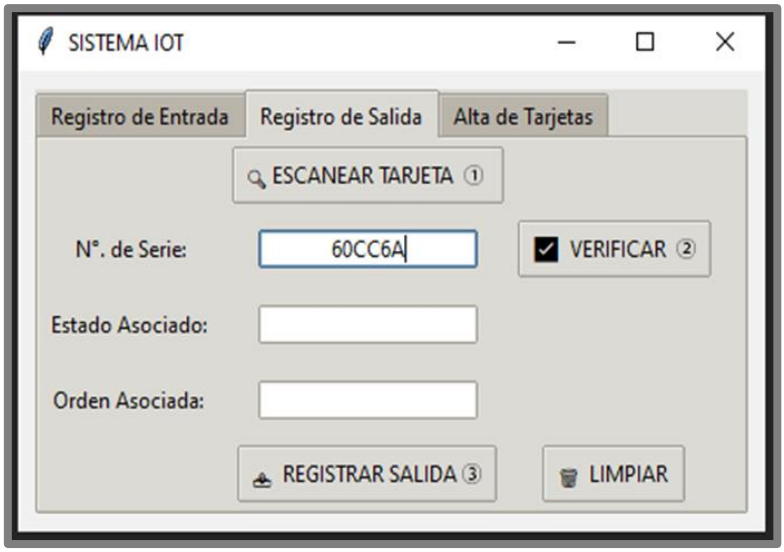


Figura 3.7 Interfaz Registro de Salida

A continuación, se describen las funciones de los elementos gráficos presentes en la sección de registro de salida:

1) 🔍 Escanear Tarjeta: posee una función similar a la vista previamente en el “Registro de Entradas”. Este botón lee e inserta en el campo de texto el número de serie provisto por la Tarjeta RFID.
2) ☑ Verificación: su funcionalidad es similar a la sección de registro de entrada. Sin embargo, ésta además permite revisar la tarjeta y su estado en la base de datos. Si el estado es diferente a “INTERIOR” la Tarjeta escaneada no será procesada para registrar su salida.
3) 📤 Registrar Salida: Este botón tiene como objetivo tomar los valores de los campos de texto ya verificados, junto a la cantidad a retirar de elementos. Al realizarse con éxito, aparece en la pantalla un mensaje informando que el registro se ha realizado con éxito.
4) 🗑 Limpiar: funciona igual a lo visto previamente en “Registro de Entrada”.
5) “Cantidad a Retirar”: Este campo de texto sirve para indicar en números enteros la cantidad de accesorio asociado a la tarjeta que se registrará como Salida de Inventario o almacén.

3.2.2 Diseño del módulo de almacenamiento de la base de datos

La base de datos almacena de forma estructurada la información de los accesorios en un sistema informático. De esta manera, se puede consultar el registro de la lista de órdenes, consultar las entradas y salidas de los accesorios del almacén, así como

también consultar los accesorios disponibles que tiene el almacén. La base de datos recibe y envía la información a la interfaz de conexión y a la aplicación web.

La base de datos se conforma de diferentes tablas que están relacionadas entre sí para que pueda tener un funcionamiento dentro del sistema, las tablas son: órdenes, contenido_órdenes, tarjetas, inventarios, entrada_material y salida_material.

En la tabla de “órdenes” se encuentra la información relacionada con las órdenes de producción que el área de preparación tiene que hacer, que abarca desde el número de orden, fecha y hora de que se realiza la orden y el número de la tarjeta. En la tabla de “contenido_órdenes” se encuentra la información relacionada con la descripción del contenido de las órdenes, que abarca el número de orden, el nombre del accesorio, la descripción del accesorio, la cantidad y el estado en el que se encuentra en el almacén. En la tabla de “tarjetas” se encuentra la información relacionada con el número asociado al tag RFID. En la tabla de “inventarios” se encuentra la información relacionada con cuantos accesorios hay disponibles en el almacén, que abarca desde el número asociado al tag RFID, el nombre del accesorio, la descripción del accesorio y la cantidad disponible. En la tabla de “entrada_material” se encuentra la información relacionada con los accesorios que se entran al almacén, abarca desde el número de identificación asociado al tag RFID, nombre del accesorio, descripción, cantidad, fecha y hora de entrada al almacén y el estado en que se encuentra. En la tabla de “salida_material” se encuentra la

información relacionada con los accesorios que salen del almacén, abarca desde el número de identificación asociado al tag RFID, nombre del accesorio, descripción, cantidad, fecha y hora de salida del almacén y el estado en que se encuentra. En la Figura 3.8 se muestra el módulo de almacenamiento de la base de datos.

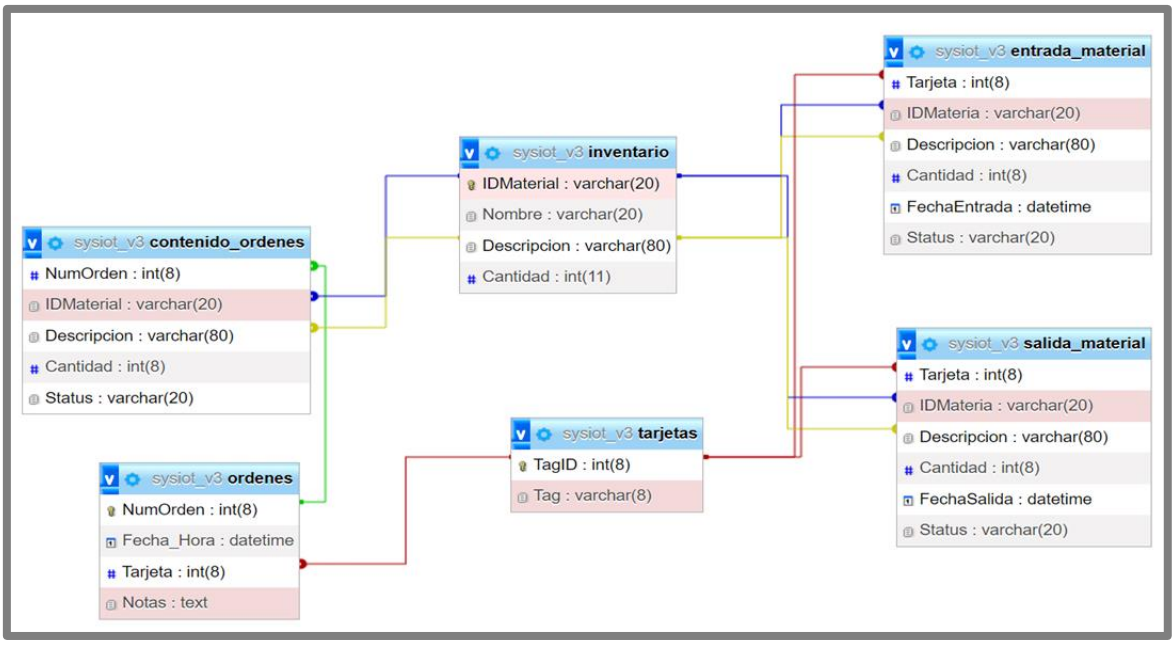


Figura 3.8 Módulo de almacenamiento de la base de datos

3.2.3 Diseño del módulo de visualización de datos

La aplicación web es una aplicación que se almacena en un servidor y se entrega a través de internet mediante una interfaz de navegador. La aplicación web recibe y envía información de la base de datos.

Antes de poder navegar o avanzar en la aplicación web, se visualiza una pantalla de inicio de sesión, como se muestra en la Figura 3.9. En esta sección no se

observan muchos elementos gráficos además del recuadro de Inicio de sesión con “Placeholders” en las cajas de texto, indicando su funcionalidad aparte del texto descriptivo en éstas.



Figura 3.9 Interfaz Inicio de Sesión

A continuación, se describen las funciones de los elementos gráficos presentes en esta interfaz de inicio:

a. Usuario: Esta caja de texto se llena con el nombre de usuario. A través del Usuario se determina si es un colaborador sin permisos o con permisos de administración.

b. Contraseña: Esta caja de texto está configurada para no revelar la información que se ingresa, al igual que otras cajas de texto vistas en

otros sitios que solicitan contraseña; la contraseña es importante para autenticar al usuario y finalizar con el proceso de inicio de sesión.

c. “Ingresar”: Es el botón que se debe accionar para poder autenticar la información ingresada en las cajas de texto y poder seguir con el inicio de sesión. Si en el proceso no se encuentra un usuario que coincida en la base de datos o la contraseña está digitada erróneamente, se regresa al usuario a la página de inicio de sesión con los campos vacíos mostrando un mensaje con el error ocurrido, tal como se muestra a en la Figura 3.10.

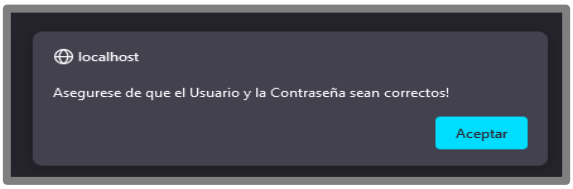


Figura 3.10 Mensaje de alerta ingreso

Una vez que se haya iniciado sesión exitosamente, el usuario será llevado a una página de Bienvenida el cual tiene un menú lateral contraíble para la navegación de la página web y sus diferentes opciones disponibles. En esencia, a través de éstas, el trabajador puede editar, eliminar y registrar información en todas las categorías, las cuales son: lista de órdenes, entrada de accesorios, accesorios disponibles y salida de accesorios. A continuación, se describe cada una de estas categorías, así como su interfaz gráfica.

a. Inicio: En este elemento se da la bienvenida al usuario, como se muestra en la Figura 3.11.



Figura 3.11 Inicio

b. Lista de Órdenes: Este elemento llevara al usuario a la página de órdenes, como se muestra en la Figura 3.12.

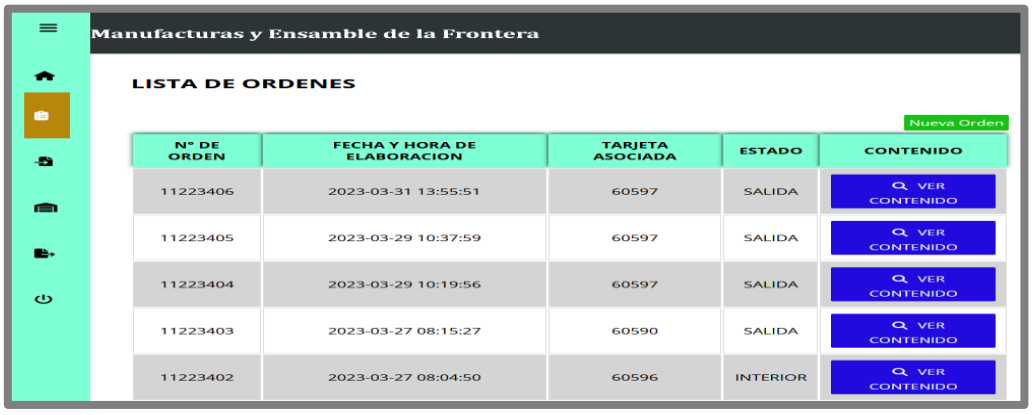


Figura 3.12 Lista de Órdenes

En esta sección el usuario podrá observar todas las órdenes existentes en la base de datos junto con la fecha de la creación, así como la Tarjeta RFID que asociada para la orden y el estado en el que se encuentra la orden. En esta sección es posible crear nuevas órdenes, así como visualizar el contenido mediante una ventana emergente. A continuación, podemos apreciar la función de “ver contenido” que se encuentra en todas las órdenes. Al hacer clic en este botón, se abre la ventana que muestra toda la información relacionada con esa orden, como se muestra en la Figura 3.13.

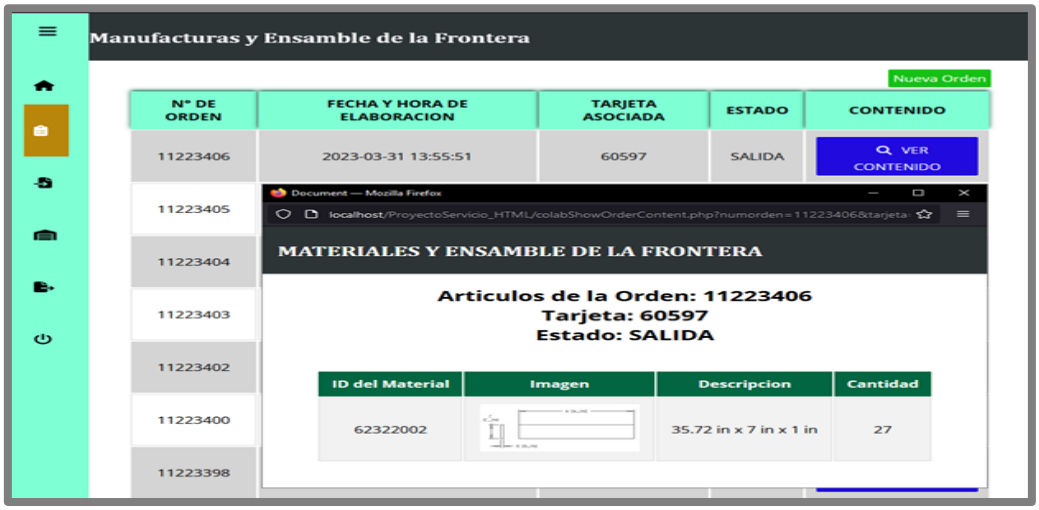


Figura 3.13 Interfaz Ver Contenido

Cabe resaltar que en esta nueva ventana se visualiza una pequeña tabla con información como el número de identificación del accesorio que se encuentra asociado a la orden, así como una imagen de referencia, la descripción del accesorio solicitado y la cantidad que debe manejar la orden ya sea para su entrada o salida.

Al momento de hacer clic en el botón de “nueva orden”, se abre otra ventana con un formato para la elaboración de la nueva orden, como se puede observar en la Figura 3.14. Se pueden encontrar diferentes elementos gráficos para la información necesaria para crear la nueva orden.

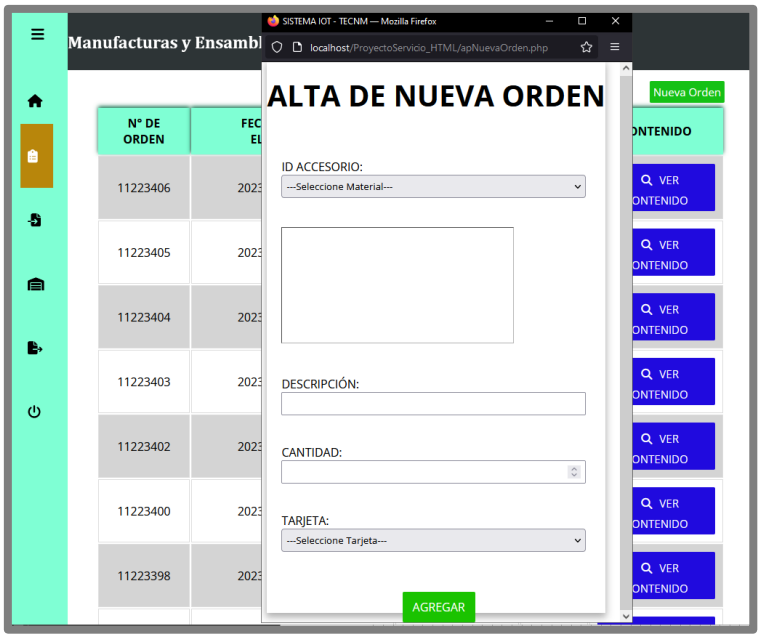


Figura 3.14 Interfaz Nueva Orden

A continuación, se describen estos elementos gráficos:

- ID Accesorio: Esta lista desplegable carga información desde la base de datos para mostrar los identificadores de los accesorios que se manejan en almacén y que maneja la empresa. Al seleccionar un “ID”, se inserta una Imagen de Referencia.
- Marco para Imagen: Este elemento rectangular no cuenta con contenido alguno. Es necesario primero seleccionar un accesorio de la lista

desplegable “ID Accesorio” para que pueda mostrar la imagen de referencia correspondiente.

- Descripción: Esta caja de texto se llena automáticamente con información de acuerdo al accesorio seleccionado. No es posible editar este elemento, pero sirve para dar más información.
- Cantidad: Este elemento cuenta con botones de incremento y decremento para afectar el valor numérico entero para las cantidades a trabajar, aunque también acepta teclear la información.
- Tarjeta: Esta lista desplegable muestra todas las tarjetas disponibles de la base de datos.

c. ➡💺 Entrada de Accesorios: Este elemento lleva al usuario al registro que muestra toda la información de la entrada de accesorios con su número de orden, clave de identificación, descripción corta, cantidad e imágenes de referencia. La entrada se muestra en la Figura 3.15.

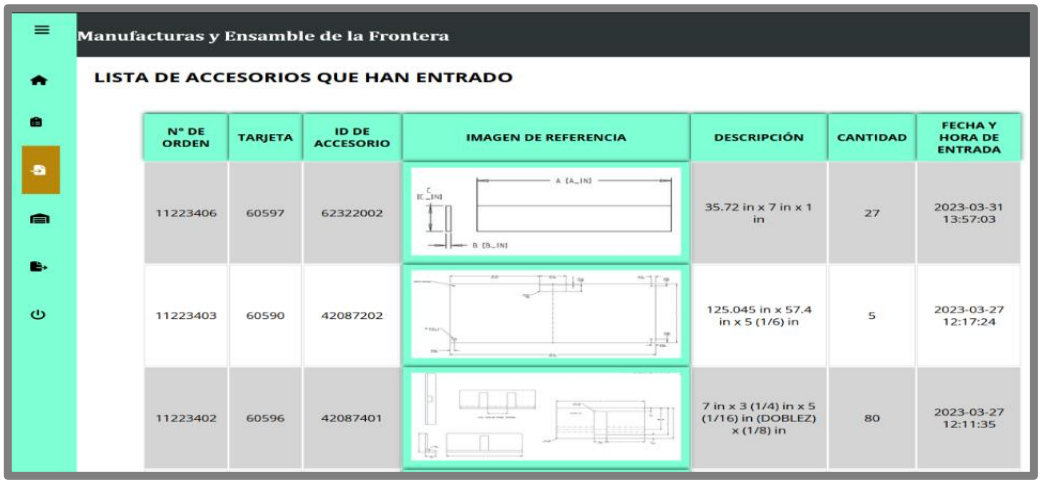


Figura 3.15 Interfaz Entrada de Accesorios

d. Accesorios Disponibles: Este elemento lleva al usuario a la página donde se visualiza toda la información con respecto al almacén y accesorio disponible. Se pueden encontrar las claves de identificación, descripción, cantidad e imágenes de referencia. Este elemento se muestra en la Figura 3.16.



Figura 3.16 Interfaz Accesorios disponibles

Al momento de hacer clic en el botón de “nuevo material”, se abre otra ventana con un formato para dar de alta en la base de datos el nombre y descripción del nuevo tipo de accesorio, como se puede observar en la Figura 3.17.

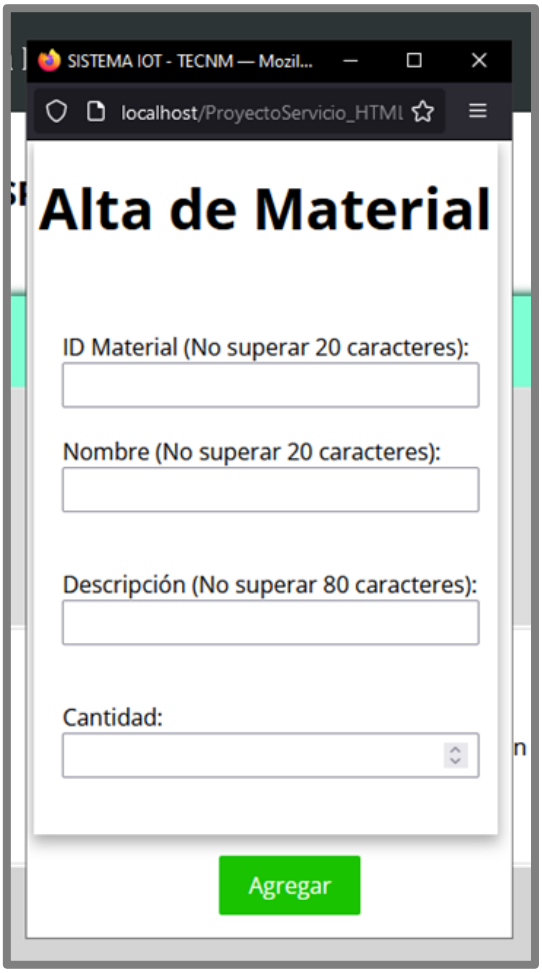


Figura 3.17 Interfaz Alta de Material

A continuación, se describen brevemente:

- ID Accesorio: Esta caja de texto se utiliza para escribir y almacenar el “ID” que empleara el nuevo accesorio a dar de alta.
- Nombre: Esta caja de texto se utiliza para escribir y almacenar el nombre del nuevo accesorio.
- Descripción: Esta caja de texto es corta en tamaño, pero sólo debe utilizarse para una breve descripción.

- Cantidad: Esta caja cuenta con botones de incremento y decremento para manipular números enteros, aunque el uso de teclado es posible en esta caja para ahorrar tiempo.

e. 🚪➡ Salida de Accesorios: Este elemento funciona de forma similar a la Entrada de Accesorios con la diferencia de que muestra la fecha y hora de salida junto a la cantidad del accesorio disponible. Este elemento se muestra en la Figura 3.18

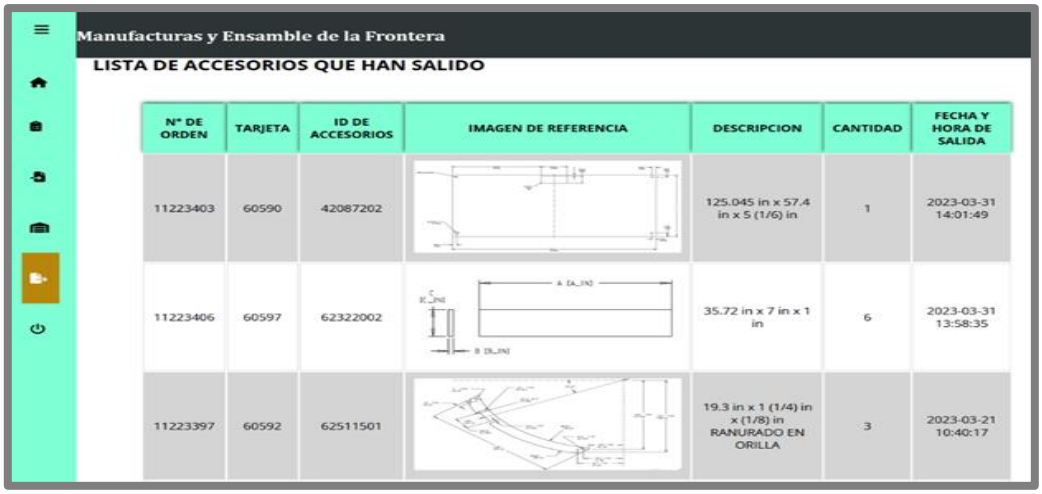


Figura 3.18 Interfaz de salida de Accesorios

Si el colaborador no cuenta con permisos de administrador, sólo podrá visualizar estas dos páginas junto al elemento de Accesorios disponibles, ya que éstos existen meramente para mostrar información relevante a la zona donde se encuentra la Tarjeta RFID.

3.2.4 Resultado final del sistema RFID

El sistema de lectura automática controla las entradas y salidas de los accesorios del área de preparación en tiempo real mediante la tecnología RFID. El sistema de lectura automática se compone de un tag RFID, un circuito RFID, una interfaz de conexión, una base de datos y una aplicación web. El sistema funciona de la siguiente manera.

I. Los accesorios tienen asociado un tag RFID el cual transmite la información que tiene almacenada al lector.
II. El lector envía la información a la base de datos mediante una interfaz de conexión.
III. La aplicación web muestra los datos de las entradas y salidas de los accesorios almacenados en la base de datos en tiempo real.

En la Figura 3.19 se muestra la arquitectura del sistema de lectura automática.

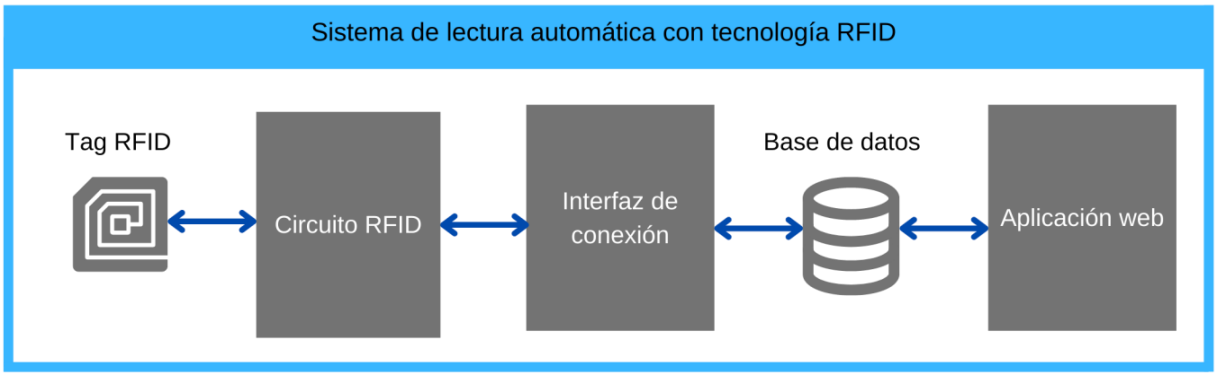


Figura 3.19 Arquitectura del sistema de lectura automática

3.3 FASE TRES. EVALUACIÓN DE TIEMPOS DE LA TECNOLOGÍA ANTERIOR DE LA EMPRESA CON LA TECNOLOGÍA RFID

En esta fase, se implementó el sistema de lectura automática en la empresa. Además, se realizó el análisis estadístico comparativo entre el sistema anterior de la empresa y el sistema de lectura automática con tecnología RFID. La Figura 3.20 muestra una representación gráfica de esta fase.



Figura 3.20 Evaluación de tiempos de la tecnología anterior de la empresa con la tecnología RFID

3.3.1 Instalación del sistema de lectura automática en la empresa

Se instaló el sistema de lectura automática tecnología RFID en la empresa. El área seleccionada fue el almacén de accesorios del área de preparación de materiales.

En la Figura 3.21 se muestra un layout de la planta uno en donde se especifica la ubicación del área de preparación de materiales y a su vez el almacén

de accesorios, en donde se guardan los accesorios manufacturados que son responsabilidad del área de preparación.

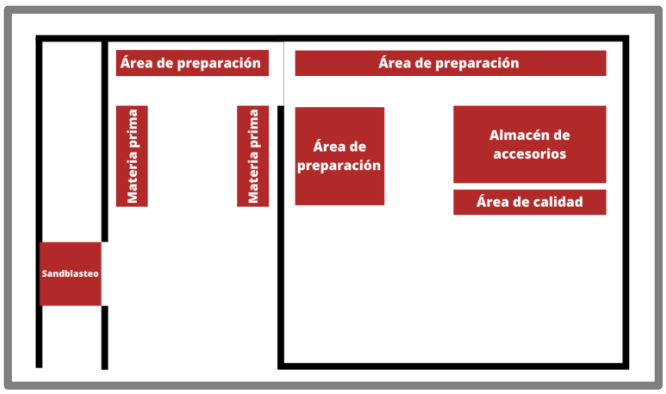


Figura 3.21 Layout de la planta uno de Manufacturas y Ensamble de la Frontera

En el Anexo F se muestra una fotografía física en donde se muestra el almacén de accesorios, en donde se instaló el sistema de lectura automática con tecnología RFID. En la Figura 3.22 se muestra un layout en donde se instaló el sistema de lectura automática en el almacén de accesorios. La selección del lugar se realizó en función de los parámetros de distribución del almacén. Además de ser la única zona disponible en el mismo, es por esta zona que el montacargas realiza el ingreso y salida de accesorios, lo que facilita la realización de las lecturas. Así mismo, en el Anexo G y H se muestra la instalación de la conexión física del sistema RFID en la empresa.



Figura 3.22 Ubicación de la instalación del sistema de lectura automática

3.3.2 Medición de la tecnología anterior de la empresa y la tecnología RFID

Para que la medición sea realizada de forma exitosa, es necesario contar con una serie de implementos y elementos que posibilitan el desarrollo de un estudio de tiempos, siendo estos: equipo para el estudio de tiempos, selección del operario, posición del observador y la división de la operación en elementos (W. Niebel & Freivalds, 2009).

Equipo para el estudio de tiempos

El equipo mínimo necesario para la realización de un estudio de tiempos está dado por un cronómetro y las rúbricas en las cuales se registra la información. Profundizando en lo anterior, un cronómetro es un reloj preciso el cual se utiliza para la medición de fracciones de tiempo mínimas, esto en contraposición a un reloj convencional el cual registra cantidades de tiempo más amplias como minutos y horas. Por otro lado, las rejillas son una serie de formatos en los cuales se

documentan los datos obtenidos a través del cronómetro, así como datos generales sobre el proceso de medición desarrollado, incluyendo equipos utilizados, observaciones, entre otras. La estructura de esta última depende de lo que el investigador considere conveniente (W. Niebel & Freivalds, 2009).

El proceso que se está estudiando se caracteriza desde datos como el nombre del colaborador que lo desarrolla, descripción detallada de este, número de la operación, nombres y cantidad de máquinas que intervienen el proceso, herramientas utilizadas, áreas en las cuales se realiza, condiciones o parámetros bajo los cuales se desarrolla, etc. (W. Niebel & Freivalds, 2009).

Selección del operario

El primer paso para el desarrollo de un estudio de tiempos implica la selección del colaborador sobre el cual se va a realizar la medición. Normalmente, es recomendable seleccionar a un trabajador cuyo desempeño sea estándar o levemente superior al promedio, evitando colaboradores con desempeños deficientes o muy por encima de la media (W. Niebel & Freivalds, 2009). En la presente investigación, la selección de los operarios se llevó a cabo con la ayuda del supervisor de línea o supervisor del departamento.

Posición del observador

El observador, entendido como quien diligencia la rejilla de registro de datos, debe ubicarse de pie a unos cuantos cm del colaborador, procurando no intervenir ni distraer el trabajo desarrollado por este. Al estar de pie, el observador puede

movilizarse con mayor facilidad y realizar un seguimiento de las actividades que ejecuta el operario de forma más eficiente. Es importante evitar conversaciones con el colaborador que está desarrollando el proceso, evitando que este se distraiga o modifique su rutina de trabajo (W. Niebel & Freivalds, 2009). En la Figura 3.23 se muestra un ejemplo de la posición del observador en el almacén de accesorios. Y en el Anexo I se muestra una fotografía en donde se encuentra la posición física del observador como un ejemplo.

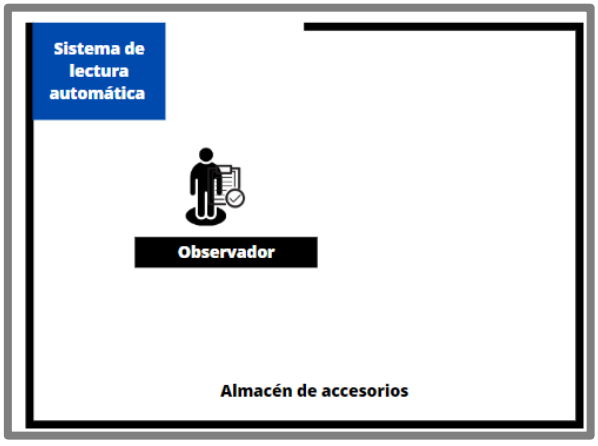


Figura 3.23 Ejemplo del posicionamiento del observador

División de la operación en elementos

Para facilitar su medición, la operación debe dividirse en grupos de movimientos conocidos como elementos. Con el fin de dividir la operación en sus elementos individuales, el analista debe observar al operario durante varios ciclos (W. Niebel & Freivalds, 2009).

En la Figura 3.24 se muestra los elementos seleccionados para el método tradicional. La secuencia de los elementos del método tradicional es la siguiente. Primero se tiene que esperar la entrada de materia prima, que en su mayoría son placas de acero. La materia prima tiene que ser colocada en la máquina designada con ayuda de una grúa viajera, para que de esta manera se manufacture la materia prima y pase a un accesorio ya manufacturado. Posteriormente, los accesorios se transportan en un montacargas al área de calidad para una inspección para que pase los criterios por parte del cliente. Después, se etiquetan los accesorios con códigos de barras y se transportan al área de sand blast con ayuda de un montacargas. Después, se dirigen a la entrada del almacén de accesorios para que se capture en una hoja el número de código de barras junto con la cantidad y así sean colocados en el almacén de accesorios.

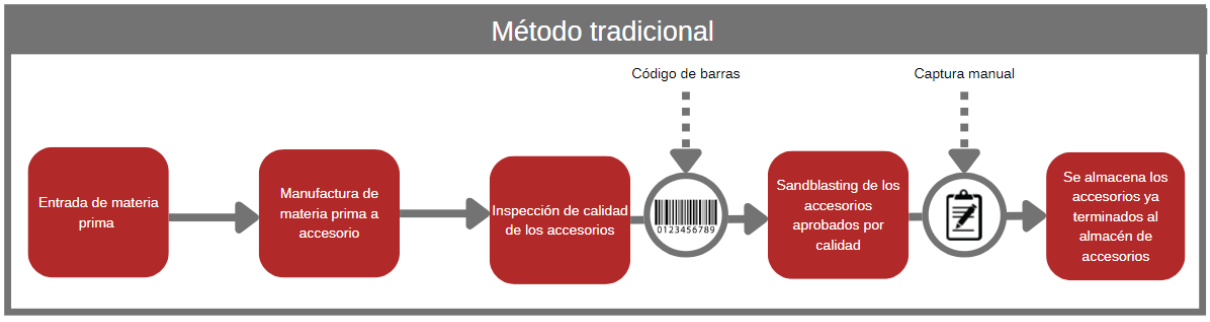


Figura 3.24 Elementos del método tradicional

Mientras se dividían las operaciones de elementos del método tradicional, se observó un área de oportunidad para mejorar el proceso y eliminar los desperdicios. Se usó Lean manufacturing para llevar a cabo el proyecto de mejora y eliminación de

desperdicios, ya que Lean Manufacturing es una metodología centrada en la eliminación de desperdicios desde la integración de múltiples herramientas y metodologías (Guevara et al., 2022).

Una de las herramientas que es de interés usar es el ciclo de Deming (PHVA). El ciclo se realizó con las siguientes etapas:

Planificar: Se realizó una investigación de flujo en donde la herramienta a usar para ver y entender un proceso e identificar sus desperdicios es el mapeo del flujo del valor (VSM). Se realizó el VSM actual, el cual se puede observar en la Figura 3.25, que es en base con respecto a la Figura 3.24.

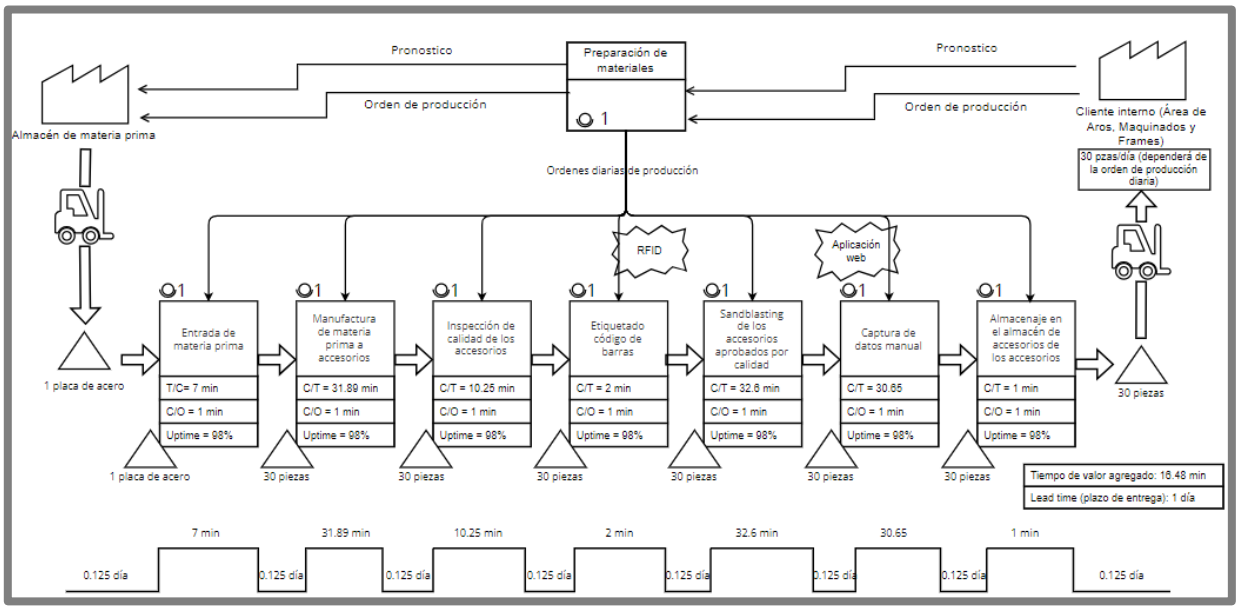


Figura 3.25 VSM del método tradicional

Se observó que hay desperdicios, los cuales son: tiempo de espera y movimientos innecesarios.

Hacer: Se realizó la búsqueda de soluciones, en el caso del desperdicio de “tiempo de espera”, se presenta en los elementos: “etiquetado código de barras” y “captura de datos manual”, estos elementos se aplicaría el sistema de lectura automática con tecnología RFID, y los movimientos innecesarios se observó que al reubicar el elemento “sandblasting de los accesorios aprobados por calidad” antes del etiquetado se agilizaría los movimientos y se acortaría la distancia. Quedando al final el VSM futuro, el cual se puede ver en la Figura 3.26.

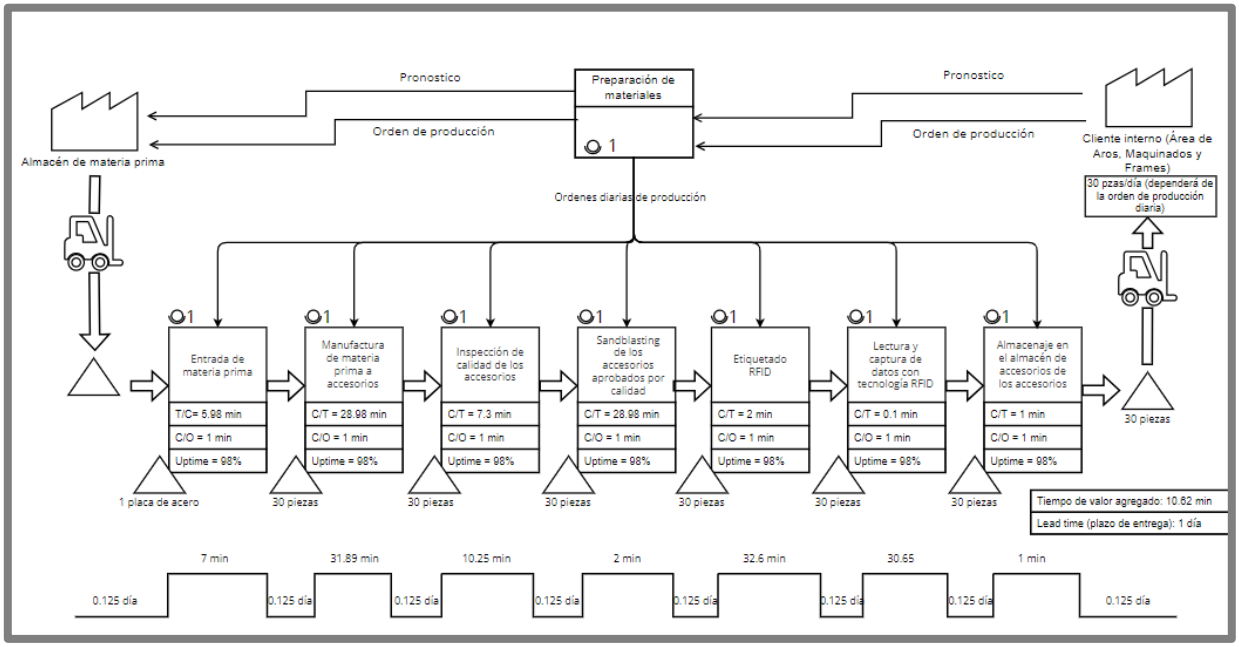


Figura 3.26 VSM futuro

Verificar: En esta etapa, se llevó a cabo la supervisión de que se estén realizando las actividades en la toma de tiempo que se planea hacer con el método tradicional y el método de sistema de lectura automática con tecnología RFID.

Actuar: En esta etapa, se llevó a cabo en los resultados para evaluar las soluciones aplicadas para eliminar los desperdicios.

En la Figura 3.27 se muestran los elementos seleccionados para el método de sistema de lectura automática con tecnología RFID, el cual concuerda con el VSM futuro.

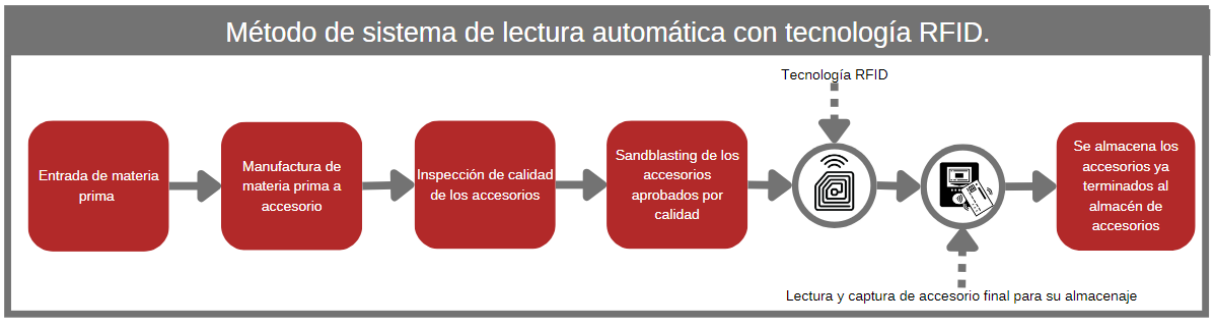


Figura 3.27 Elementos del método de sistema de lectura automática con tecnología RFID

La secuencia de los elementos del método tradicional es la siguiente. Primero se tiene que esperar la entrada de materia prima, que en su mayoría son placas de acero, la materia prima tiene que ser colocada en la máquina designada con ayuda de una grúa viajera, para que de esta manera se manufacture la materia prima y pase a un accesorio ya manufacturado, posteriormente los accesorios se transportan en un montacargas al área de calidad para una inspección para que pase los criterios por parte del cliente, una vez que son aprobados, con ayuda de un montacargas pasan al área de sand blast, después de que pasen ese proceso, estos accesorios son etiquetados con una etiqueta RFID UHF, de esta manera se dirigen a la entrada del almacén de accesorios para que sean capturados de forma automática con el

sistema de lectura automática con tecnología RFID, y así sea almacenado en un almacén de accesorios.

Realización de toma de tiempos

Al inicio del estudio, se registra la hora del día en minutos completos de un reloj “maestro” al mismo tiempo que se inicia el cronómetro. Se usó la técnica con regreso a cero, después de leer el cronómetro en el punto de quiebre de cada elemento, el tiempo del reloj se regresa cero; cuando ocurre el siguiente elemento, el tiempo se incrementa a partir de cero. La toma de tiempos se llevó a cabo a partir del 12 de diciembre del 2022 hasta 03 de marzo del 2023. El formato se llenaba de lunes a viernes únicamente en el primer turno, siendo éste el único del área de preparación de accesorios. A partir de las fechas se tomó una muestra de los 100 promedios tanto del método tradicional como el RFID. Toda la información se registró en la forma de estudio de tiempos, en la Figura 3.28 se muestra la forma de estudio de tiempos usado en esta investigación.

TOMA DE TIEMPOS

Turno:		Tak time:	
Fecha:		Numero de procesos:	

Nombre del accesorio							
Entrada de materia prima	Manufactura de materia prima a accesorios	Inspeccion de calidad de los accesorios	Etiquetado	Sanblasteo de los accesorios aprobados por calidad	Captura de datos	Almacenaje en el almacen de accesorios de los accesorios ya ensanblasteados	Promedio

Figura 3.28 Forma de estudio de tiempos

En el proceso de medición de tiempos fueron utilizadas 50 etiquetas en las cuales se registró información concerniente a la cantidad de accesorios, su nombre, ID y el número de la tarjeta asociada a estos. Como resultado se obtuvo un grupo de datos desde el cual se calcularon los promedios del método tradicional y del método de sistema de lectura automática con tecnología RFID. Los datos respecto a los promedios se muestran en el Anexo J, esto resaltando que cada promedio del anexo corresponde a una muestra de 10 tomas de tiempos.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Una vez recolectada la información, para poder analizar e interpretar los datos obtenidos de los promedios correspondientes al Anexo J, se realizó un análisis estadístico con el propósito de tomar decisiones con respecto a la hipótesis general. Para elegir una prueba estadística adecuada para el análisis estadístico se tuvo que elegir entre una prueba paramétrica y una prueba no paramétrica; hay que tener en cuenta que una prueba paramétrica únicamente se puede utilizar si los datos muestran una distribución normal, mientras que una prueba no paramétrica se encargan de analizar datos que no tienen una distribución particular y se basa en una hipótesis, pero los datos no están organizados de forma normal (Mayorga-Ponce et al., 2022). Partiendo de esto, es necesario comprobar la normalidad de los datos.

Se realizó la prueba de normalidad por el método de Anderson – Darling para comprobar estadísticamente que los datos siguen una distribución normal. Se hizo una prueba para cada tipo de método antes de la prueba de hipótesis, siendo que dicho proceso partió de la definición de una hipótesis nula, una hipótesis alternativa y una regla de decisión. Estas se especifican a continuación:

H_0: *Los datos siguen una distribución normal.*

H_1: *Los datos NO siguen una distribución normal*

$Regla\ de\ decisión: p < a \rightarrow Se\ rechaza\ H_0$

$Nivel\ de\ significancia\ (a) = 0.05$

En la Figura 4.1 se muestra la prueba de normalidad de MT (Método tradicional).

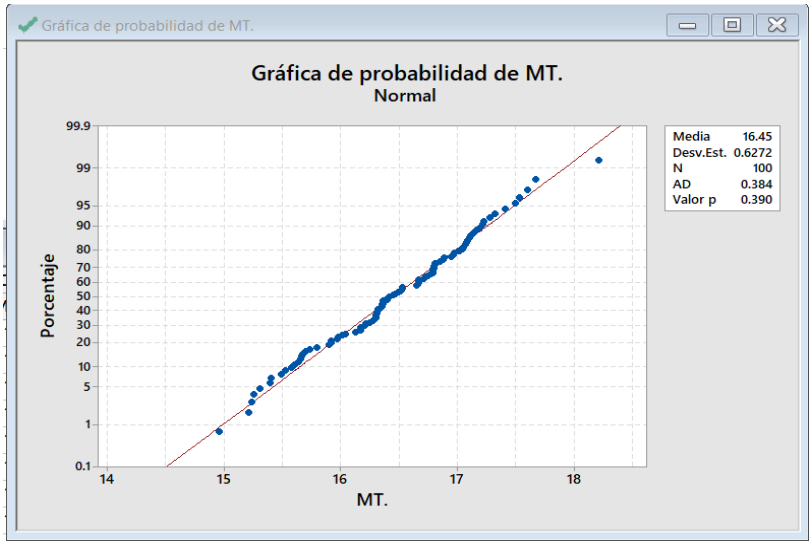


Figura 4.1 Prueba de normalidad del método tradicional

En donde el valor p se compara con la regla de decisión:

$$0.390 > 0.05$$

Se puede concluir que se acepta la hipótesis nula (H_0), es decir, que los datos del método tradicional siguen una distribución normal. En la Figura 4.2 se muestra la prueba de normalidad de MRFID (Método RFID).

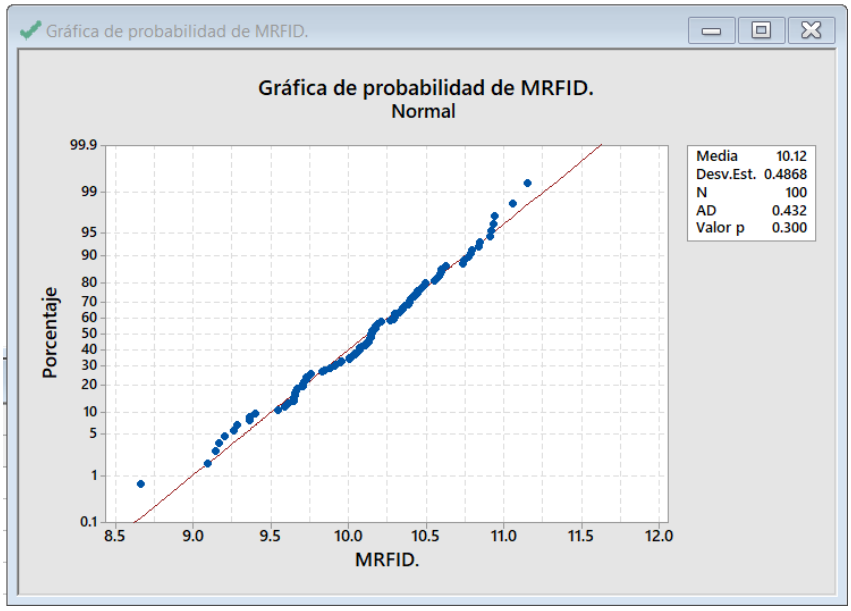


Figura 4.2 Prueba de normalidad del método RFID

En donde el valor p se compara con la regla de decisión:

$$0.300 > 0.05$$

Se puede concluir que se acepta la hipótesis nula (H_0), es decir, que los datos del método RFID siguen una distribución normal.

Una vez que se confirma que las dos muestras siguen una distribución normal, se elige una prueba paramétrica para el análisis estadístico.

El análisis estadístico constó de las siguientes actividades:

I. Prueba de hipótesis Z para la diferencia de dos medias
II. Porcentaje de disminución de tiempos.

La primera actividad se usó para demostrar si existe evidencia estadística de la disminución de tiempo al comparar las dos medias de cada uno de los grupos de datos recolectados, mientras que la segunda actividad para obtener el porcentaje de disminución que se tuvo, en caso de que éste si se diera.

I. Prueba de hipótesis Z para la diferencia de dos medias.

En el presente análisis estadístico se hizo una prueba de hipótesis Z para la diferencia de dos medias, que en esencia consiste en el contraste de las medias de dos muestras con la finalidad de comprobar la hipótesis nula de igualdad de las medias de ambos grupos (Triola, 2018).

Dado esto, es importante hacer una prueba de hipótesis para estadísticamente comprobar el cumplimiento de la hipótesis y los objetivos de la investigación. Es importante repasar las siguientes suposiciones necesarias para aplicar la prueba de hipótesis Z para la diferencia de dos muestras:

- Las poblaciones siguen distribuciones normales.
- Las dos muestras no están relacionadas, es decir, son independientes.
- Se conoce la desviación estándar de las dos poblaciones.
- El tamaño de la muestra es grande ($n > 30$)

Dados estos requisitos, se observa que los datos a analizar corresponden a dos muestras independientes sobre las que se conoce la desviación estándar y cuyo

tamaño de muestra es mayor a 30, además de que los datos siguen una distribución normal.

Dado lo anterior, los datos a analizar cumplen con la totalidad de los parámetros para aplicar la prueba de hipótesis Z para la diferencia de dos medias. En este sentido se inicia la prueba partiendo del cálculo de la varianza que se obtuvo en el software Minitab, en la Tabla 4.1 se muestra las medidas de dispersión.

Método Tradicional		Método RFID	
Media	16.451	Media	10.123
Desviación estándar	0.627	Desviación estándar	0.487
Promedio total	16.45	Promedio total	10.12
Varianza	0,3935	Varianza	0,2375

Tabla 4.1 Medidas de dispersión

Seguido a esto, se proponen las hipótesis en función de las cuales se orienta la prueba. La hipótesis nula (H_0) hace referencia a que no hay diferencia entre los promedios de los tiempos entre el método tradicional y el método RFID. La hipótesis alternativa (H_1) es que los promedios de los tiempos del método tradicional son mayores que los promedios de los tiempos del método RFID, tal como se detalla a continuación:

$$H_0 \rightarrow \mu_x = \mu_y$$

$$H_1 \rightarrow \mu_x > \mu_y$$

Dónde:

$\mu_x = MT\ (Método\ tradicional)$

$\mu_y = MRFID\ (Método\ RFID)$

O en términos numéricos, la hipótesis nula (H_0) propone que no existe diferencia entre los promedios de ambos métodos, es decir, esta equivale a cero. En contraposición, la hipótesis alternativa (H_1) al proponer que los promedios de los tiempos del método tradicional son mayores que los promedios de los tiempos del método RFID, en términos numéricos implica que la diferencia entre el promedio del método tradicional y el método RFID es superior a cero.

$$H_0 \rightarrow \mu_x - \mu_y = 0$$

$$H_1 \rightarrow \mu_x - \mu_y > 0$$

Dónde:

$\mu_x = MT\ (Método\ tradicional)$

$\mu_y = MRFID\ (Método\ RFID)$

A continuación, se establece el nivel de significancia, el cual se entiende como el límite en función del cual se interpreta que un valor es estadísticamente significativo (Triola, 2018). Para la prueba propuesta, este nivel es del 0.05, lo que implica que el resultado a obtener debe tener menos de un 5% de probabilidad de que ocurra producto de la casualidad, esto para considerarse significativo

estadísticamente. Posteriormente se define el tipo de prueba, es decir si la prueba es bilateral o si la prueba es unilateral, como nuestras hipótesis son: ($H_0 \rightarrow \mu_x = \mu_y$; $H_1 \rightarrow \mu_x > \mu_y$), y teniendo en cuenta la hipótesis alternativa propuesta, se trabajará con una prueba unilateral con cola derecha (Montero Granados, 2007).

Tras esto, se debe de definir el estadístico de prueba, es importante tener en cuenta que la fórmula de este varía en función del estadístico de prueba a utilizar. En este caso, al trabajar con Z para ll diferencia de dos medias, se trabaja con la siguiente fórmula:

$$Z = \frac{(\overline{x1} - \overline{x2}) - (\mu 1 - \mu 2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n1} + \frac{\sigma_2^2}{n2}}}$$

Dónde:

$(\overline{x_1})$, $(\overline{x_2}) =$ $Medias\ muestrales\ de\ la\ muestra\ 1\ y\ 2\ respectivamente.$

$(\mu 1 - \mu 2) = Valor\ que\ se\ somete\ a\ prueba\ y\ que\ se\ especifica\ en\ las\ hipótesis\ nula.$

(σ_1) , (σ_2): $Desviación\ estándar\ de\ la\ muestra\ 1\ y\ 2\ respectivamente.$

(n_1) , (n_2): $Tamaño\ de\ la\ muestra\ 1\ y\ 2.\ Valores\ mayores\ a\ 30.$

Dado esto, al aplicar la fórmula se obtiene el siguiente estadistico de prueba:

$$Z = \frac{(\overline{x_1} - \overline{x_2}) - (\mu 1 - \mu 2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

Dónde:

$\overline{x_1} = 16.451$ $\sigma_1 = 0.487$

$\overline{x_2} = 10.123$ $n_1 = 100$

$\mu 1 - \mu 2 = 0$ $n_2 = 100$

$\sigma_1 = 0.627$

Entonces:

$$Z = \frac{(16.451 - 10.123) - (0 - 0)}{\sqrt{\frac{0.627^2}{100} + \frac{0.487^2}{100}}}$$

$$\boxed{Z = 79.2064}$$

Teniendo el estadístico de prueba Z, se calcula la región crítica, también llamada región de rechazo:

$$Z > Z_a$$

Es decir que, nuestra regla de decisión menciona que si $Z > Z_a$ la H_0 deberá de rechazarse y aceptarse la H_1. Entonces tenemos lo siguiente:

$$79.2064 > Z_{0.05}$$

Vamos a sacar el valor de $Z_{0.05}$, nos dirigimos a las opciones del menú que se encuentra en la parte de superior del programa Minitab, dándole clic en el orden: Gráficas → Gráfica de distribución de probabilidad.

Al haber realizado lo anterior nos va aparecer un cuadro de texto que se llama “Gráficas de distribución de probabilidad”, seleccionaremos la opción “Ver probabilidad, como se muestra en la Figura 4.3.

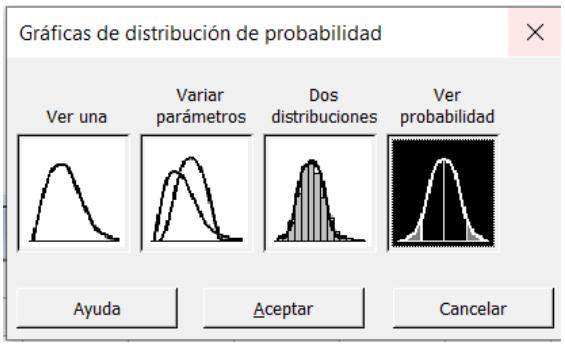


Figura 4.3 Selección de la gráfica

Después nos va a aparecer otro cuadro de texto que se llama “Gráficas de distribución de probabilidad: Ver probabilidad”, en donde en la sección “Distribución” vamos a poner los datos de campana estandarizada $N(0,1)$, como se muestra en la Figura 4.4.

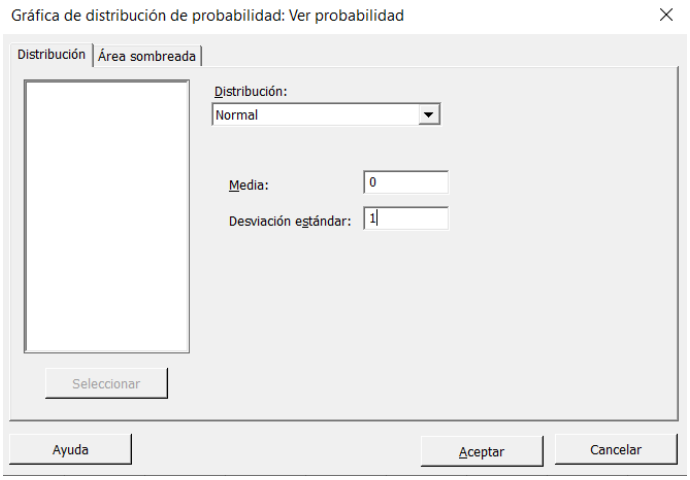


Figura 4.4 Datos de la campana estandarizada

En la sección “Área sombreada”, en “Definir área sombreada por” seleccionaremos “Probabilidad” ya que se quiere obtener x_1 y x_2. Seleccionamos “Cola derecha”, y en “Probabilidad” vamos a poner el valor de “a”, donde $a = 0.05$, es decir $Z_{0.05}$, como se muestra en la Figura 4.5.

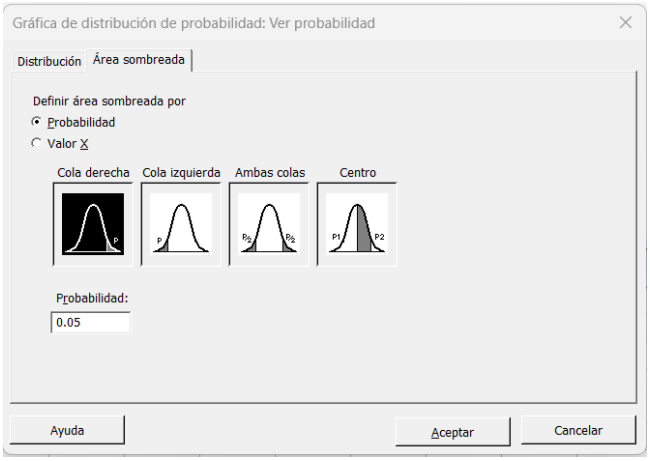


Figura 4.5 Área sombreada

Donde obtenemos el valor de $Z_{0.05}$, como se muestra en la Figura 4.6.

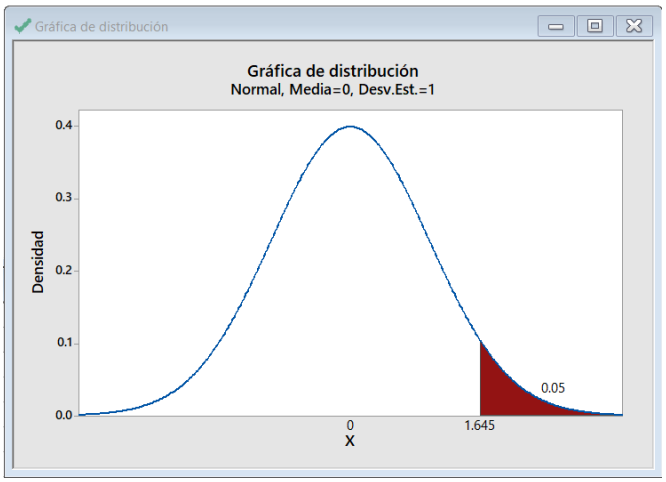


Figura 4.6 Valor de $Z_{0.05}$

Retomando el valor del estadístico de prueba, es decir, 79.2064 y partiendo de que el estadístico de prueba dio como resultado 1.645, es decir:

$$79.2064 > Z_{0.05}$$

$$\boxed{79.2064 > 1.64}$$

Se rechaza la hipótesis nula (H_0), y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), donde menciona que los promedios de los tiempos del método tradicional son mayores que los promedios de los tiempos del método RFID. En otras palabras, se concluye con 95% de confianza que hay evidencia de que el método tradicional conlleva más tiempo en realizar el proceso, mientras que el método RFID tiene un menor tiempo en la realización del mismo. Dado esto, se comprueba que hay una reducción de tiempos si se cambia el método tradicional por el método de sistema de lectura automática con tecnología RFID.

II. Porcentaje de disminución

Una vez que se confirmó que existe evidencia estadística sobre la disminución de tiempos, se tiene que calcular el porcentaje de disminución. El porcentaje de disminución indica cuánto bajo una cantidad, expresada como porcentaje de la cantidad inicial, en donde la fórmula que se usa para obtener el porcentaje de disminución es:

$$Porcentaje\ de\ disminución = \left(\frac{Cantidad\ final - Cantidad\ inicial}{Cantidad\ inicial}\right) \times 100$$

Usando los promedios totales del Anexo J se va a obtener el porcentaje de disminución, en donde el procedimiento es el siguiente:

Datos:

$$Cantidad\ inicial \rightarrow Promedio\ total\ MT = 16.45$$

$$Cantidad\ final \rightarrow Promedio\ total\ MRFID = 10.12$$

$$Porcentaje\ de\ disminución = \left(\frac{Cantidad\ final - Cantidad\ inicial}{Cantidad\ inicial}\right) \times 100$$

$$Porcentaje\ de\ disminución = \left(\frac{10.12 - 16.45}{16.45}\right) \times 100$$

$$\boxed{Porcentaje\ de\ disminución = -38.48}$$

Se concluye que hubo una disminución del 38% al sustituir el método tradicional basado en código de barras con el método RFID el cual es un sistema de lectura automática con tecnología RFID.

4.2 RESULTADO DE LA HIPÓTESIS GENERAL

Se desarrolló el sistema de lectura automática con tecnología RFID y se implementó en el área de preparación de materiales de una empresa. Se realizó la medición de tiempos del sistema de lectura basado en código de barras y del sistema de lectura automática con tecnología RFID. Una vez que se realizó la medición de tiempos se hizo la evaluación mediante una prueba de hipótesis Z para la diferencia de dos

medias a una cola derecha, así como el cálculo del porcentaje de disminución entre las dos poblaciones.

4.2.1 Porcentaje de disminución

El porcentaje de disminución indica cuánto bajó una cantidad, expresada como porcentaje de la cantidad inicial. Se aplicó esta fórmula para obtener el porcentaje de reducción en el tiempo al implementar el sistema de lectura automática con tecnología RFID, en donde se obtuvo una reducción de tiempo de un 38%, afirmando la hipótesis general.

4.2.2 Prueba de hipótesis Z para la diferencia de dos medias a una cola derecha.

La prueba de hipótesis usando el estadístico de prueba Z es una herramienta estadística que se utiliza para comparar la media de dos grupos de datos y determinar si son significativamente diferentes entre sí. Al aplicar la prueba z, podemos obtener un valor llamado valor z crítico el cual nos indica si la diferencia entre las medias de los dos grupos es significativa o no. Los resultados de aplicar la prueba de hipótesis es que fue rechazada la hipótesis nula (H_0) y fue aceptada la hipótesis alternativa (H_1) donde menciona que es mayor el tiempo del método tradicional comparándolo con el método RFID, ya que el estadístico de prueba Z (79.2064) fue mayor que el valor de z (1.64).

CAPÍTULO V CONCLUSIONES

5.1 CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo fue realizar una evaluación de la reducción de tiempos en la lectura del material mediante un sistema de lectura automática desarrollado con tecnología RFID. Para ello, fue necesario primero el desarrollo de un sistema de lectura automática con tecnología RFID, el cual permite obtener información de material sobre sus entradas y salidas en el sistema de forma automática. El sistema de lectura automática con tecnología RFID consto de los siguientes elementos: un tag RFID, un lector RFID, una antena RFID, una base de datos y una aplicación web. Se implementó el sistema de lectura automática con tecnología RFID en la empresa “Manufacturas y Ensamble de la Frontera”, ya que las operaciones del almacén de accesorios se volvieron más complejas y con un número cada vez mayor de artículos para ser procesados en sus almacenes. Cabe mencionar que tales esfuerzos de investigación y desarrollo tuvieron como objetivo mejorar e implementar la captura de material en la empresa antes mencionada, además de ayudar a los empleados a controlar mejor el proceso y reducir algunos de los errores que ocurren en el registro manual de información.

Una vez desarrollado el sistema de lectura automática con tecnología RFID, se realizó la medición de tiempos del sistema de lectura basado en código de barras y del sistema de lectura automática con tecnología RFID. Una vez que se realizó la

medición de tiempos se hizo la evaluación mediante una prueba de hipótesis Z para la diferencia de dos medias a una cola y una fórmula de porcentaje de disminución.

El resultado de aplicar la prueba de hipótesis para dos muestras con diferentes medias poblaciones, una cola con Z, menciona que es mayor el tiempo del método tradicional comparándolo con el método RFID, ya que el estadístico de prueba Z (79.2064) fue mayor que el valor de t (1.64).

El resultado de aplicar la fórmula para obtener el porcentaje de reducción en el tiempo al implementar el sistema de lectura automática con tecnología RFID, menciona que la reducción de tiempo es de un 38%, afirmando la hipótesis general.

5.2 Recomendaciones

En cuanto a las principales recomendaciones derivadas del proyecto de investigación propuesto cabe resaltar la importancia de realizar procesos de socialización con el personal de la organización sobre el sistema propuesto, esto como un recurso desde el cual favorecer la confiabilidad en el manejo del mismo, así como su usabilidad. En este sentido, se recomienda la proposición de una guía de seguridad orientada tanto a la usabilidad como a la gestión de la información involucrada en el funcionamiento del sistema.

5.3 Limitaciones del estudio

En cuanto a las limitaciones, al momento de instalar el lector se presentó interferencia y rebote de la frecuencia electromagnética, esto dado que el lector se encontraba rodeado de maquinaria. Como estrategia para resolver esta limitación se realizó la modificación de la ubicación del lector, identificando ubicaciones estratégicas desde las cuales dicha interferencia y rebote no se presentara. Así mismo, como recurso de soporte, el material de la base en la que se instaló el sistema RFID fue reemplazado, pasando de metal a una base de madera.

5.4 Trabajos futuros.

Como trabajos futuros, se menciona la identificación de nuevas áreas sobre las cuales implementar el sistema propuesto en la organización objeto de estudio. A través del análisis realizado por la investigadora se identifica como una de estas áreas estratégicas la de Import/Export, esto dado que la implementación de esta tecnología RFID permitiría el control de las maquinas, equipos y materia prima que entra y sale de la empresa Manufacturas y Ensamble de la Frontera.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Actum. (2021). *Tags RFID activos, pasivos y semipasivos.* https://www.actum.es/preguntas-frecuentes/tipos-de-tags

Arce Ramírez ÁA, Zuña Mancacela ER, R. H. J. (2019). *Sistemas web para controlar y gestionar la producción de banano*. Obs Econ Latinoam. https://www.eumed.net/rev/oel/2019/06/sistema-web-produccionbanano.html

Asana. (2022). *¿Qué es la gestión de proyectos Lean? Los 5 principios para implementarla*. Asana. https://asana.com/es/resources/lean-project-management

Banks, J., Hanny, D., A. Pachano, M., & G. Thompson, L. (2007). *RFID APPLIED*. John Wiley & Sons.

Barcik, R. (2019). *The importance of RFID technology in Logistics 4.0 in the automotive company*. *3*, 9. https://doi.org/10.29119/1899-6116.2019.47.2

Barona López, G., & Velasteguí, L. E. (2021). Automatización de procesos industriales mediante Industria 4.0. *AlfaPublicaciones*, *3*(3.1). https://doi.org/10.33262/ap.v3i3.1.80

Bionix. (2021). *Tipos de etiquetas RFID*. https://bionixtechnologies.com/blog/tipos-de-etiquetas-rfid/

Carreón, C. (2020). *Diferencias entre Lean Manufacturing y Six Sigma*. Solma. Soluciones en manufactura. https://solmasoluciones.com/diferencias-entre-lean-manufacturing-y-six-sigma/

Chase, R. B., & Jacob F, R. (2009). *Administración de operaciones.* Mc graw hill.

Chen, Y. C., Chu, C. N., Chen, R. S., Sun, H. M., & Ju, P. H. (2018). RFID-based bonded warehouse for Science Park. *International Journal of Radio Frequency Identification Technology and Applications*, *5*(1), 23. https://doi.org/10.1504/IJRFITA.2018.091304

Collazos García CJ. (2015). *Diseño de un protocolo para la reducción de los tiempos improductivos en el área de impresión de una empresa productora de empaques flexibles*. Universidad nacional de colombia.

Dipole RFID. (2017a). *¿QUE COMPONE UN SISTEMA RFID?* https://www.dipolerfid.es/blog/que-es-rfid

Dipole RFID. (2017b). *FRECUENCIAS RFID*. https://www.dipolerfid.es/blog/Tipos-Sistemas-RFID

Edward, J. (2015). View From the Top: 5 CIOs Speak Out on RFID. *RFID Journal.*, 1. https://www.rfidjournal.com/view-from-the-top-5-cios-speak-out-on-rfid?11008%2F2

Fernández-Caramés, T. M., Blanco-Novoa, O., Froiz-Míguez, I., & Fraga-Lamas, P. (2019). Towards an Autonomous Industry 4.0 Warehouse: A UAV and Blockchain-Based System for Inventory and Traceability Applications in Big Data-Driven Supply Chain Management. *Sensors (Basel, Switzerland)*, *19*(10). https://doi.org/10.3390/s19102394

Gamarra Muroya JF. (2021). *Sistema Web Responsivo para Mejorar la Gestión del Inventario de un Negocio de Servicios Múltiples*. UPLA.

http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/2600

García Casas JD. (2020). *Proyecto de automatización para línea de terminado de empresa productora de retenedores de aceite usando sistemas IoT*. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78032

Guevara, J. A. M., Urquijo, C. A. Z., & Varela, P. D. M. (2022). *Lean Manufacturing. Modelos y herramientas*. Editorial UTP.

Henao-Jaramillo, D., Montoya-Tamayo, D. A., Alvarez-Rios, Y., & Aristizabal-Tique, V. H. (2019). Implementation of RFID Middleware Based on Client-Multiserver Architecture for Traceability of Autoparts. *IEEE Latin America Transactions*, *7*. https://doi.org/10.1109/TLA.2019.8896815

Isabella, R. (2021). *35 años del código de barras en México; conoce datos relevantes* (p. 1). https://realestatemarket.com.mx/noticias/mercado-inmobiliario/34338-cumple-35-anos-el-codigo-de-barras-en-mexico-vienen-cambios

Liu, H., Yao, Z., Zeng, L., & Luan, J. (2019). An RFID and sensor technology-based warehouse center: assessment of new model on a superstore in China. *Assembly Automation*, *39*(1), 16. https://doi.org/10.1108/AA-09-2018-0144

Master Logística. (2018). *TECNOLOGÍA RFID – RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION. IDENTIFICACIÓN MEDIANTE LECTORES Y ETIQUETAS*. http://www.masterlogistica.es/tecnologia-rfid-radio-frequency-identification-lectores-ondas-de-radio/

Mautino Tolentino RJ. (2021). *Implementación de un sistema web para el control de matrículas de la institución educativa particular "American School"– Caraz; 2020.*

Univ Católica Los Ángeles Chimbote. https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/23965

Mayorga-Ponce, R. B., Graciano-Ventura, D. C., Hernández, A. M., M., P., Moctezuma-Jiménez, Pérez-Galindo, B., & Roldan-Carpio, A. (2022). Cuadro comparativo de Análisis Paramétrico y No Paramétrico. *Educación y Salud Boletín Científico*, *10*. https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/ICSA/article/download/9143/8958/

Miguelez, A. (2020). *PRINCIPALES APLICACIONES DEL IOT EN LAS EMPRESAS*. Neuroons. https://neuroons.com/es/principales-aplicaciones-iot-en-las-empresas/

Montero Granados, R. (2007). *CONTRASTE DE HIPÓTESIS*.

Mostafa, N., Hamdy, W., & Alawady, H. (2019). Impacts of internet of things on supply chains: A framework for warehousing. *Social Sciences*, *8*(3). https://doi.org/10.3390/socsci8030084

Motroni, A., Buffi, A., Nepa, P., Pesi, M., & Congi, A. (2021). An action classification method for forklift monitoring in industry 4.0 scenarios. *Sensors*, *21*(15), 1–20. https://doi.org/10.3390/s21155183

Muñoz Choque, A. M. (2021). ESTUDIO DE TIEMPOS Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCTIVIDAD. *Revista de Investigación en Ciencias de la Administración ENFOQUES*. https://www.redalyc.org/journal/6219/621968429003/html/

Ortega, C. (2021). *¿Qué es el Ciclo PDCA y cómo funciona?* TuDashboard. https://tudashboard.com/ciclo-pdca/

Pérez López, E. (2015). PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN EN BODEGA DE PRODUCTO TERMINADO EN INDUSTRIA MANUFACTURERA DE PRODUCTOS DE HIGIENE PERSONAL EN COSTA RICA. *InterSedes*, *16*(34). https://doi.org/10.15517/isucr.v16i34.22571

RFIDPOINT. (2021). *Antenas RFID*. http://www.rfidpoint.com/que-es-rfid/antenas-rfid/

Sun, H. Y. (2009). The application of barcode technology in logistics and warehouse management. *Proceedings of the 1st International Workshop on Education Technology and Computer Science, ETCS 2009*, 4. https://doi.org/10.1109/ETCS.2009.698

Tecnipesa. (2021a). *Antenas para RFID*. https://www.tecnipesa.com/productos/antenas-rfid

Tecnipesa. (2021b). *Qué es y cómo funciona la tecnología RFID*. https://www.tecnipesa.com/blog/69-tecnologia-rfid-que-ventajas-tiene

Triola, M. F. (2018). *Estadística*. Pearson.

Universidad Santo Tomás. (2022). *Uso de la tecnología RFID para llevar un control y rastreo para un sistema de inventario para bodegaje*. https://repository.usta.edu.co/handle/11634/44103

W. Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo.* (Vol. 12).

ANEXOS

Anexo 1

turnitin

Similarity Report ID: oid:20755:281858578

PAPER NAME
Evaluación de la reducción de tiempos en un almacén mediante un sistema de lectura automática con tecnología RFID.docx

AUTHOR
Janeth Alvarez Castillo

WORD COUNT
18289 Words

CHARACTER COUNT
94518 Characters

PAGE COUNT
117 Pages

FILE SIZE
7.9MB

SUBMISSION DATE
Oct 30, 2023 6:11 PM CDT

REPORT DATE
Oct 30, 2023 6:13 PM CDT

13% Overall Similarity
The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

- 11% Internet database
- Crossref database
- 9% Submitted Works database
- 2% Publications database
- Crossref Posted Content database

Excluded from Similarity Report

- Manually excluded text blocks

Summary

Anexo A.

	LF	HF	UHF
Rango de frecuencia	125KHz – 134KHz	13.56 MHz	860 MHz – 960 Mhz
Rango de lectura	10 cm	10 cm a 50 cm	12 m
Velocidad de lectura	Baja	Media	Alta
Espacio de almacenamiento de datos	16 bits	Pequeña a media capacidad para datos.	Media a alta capacidad para datos.
ISO	ISO/IEC 11784/11785	ISO 14443 A ISO 15693 ISO 18000-3 Mode 1/ Mode 3	ISO 18000-6C / C1 / G2
Tipo de aplicaciones	Identificación de productos industria alimentaria, control de acceso.	Autentificación de productos, rastreo de movimientos, librerías.	Gestión de inventarios, optimización de procesos, procesos logísticos, entradas y salidas de mercancías.

Tabla 7.1 Frecuencias RFID (Dipole RFID, 2017b)

Anexo B

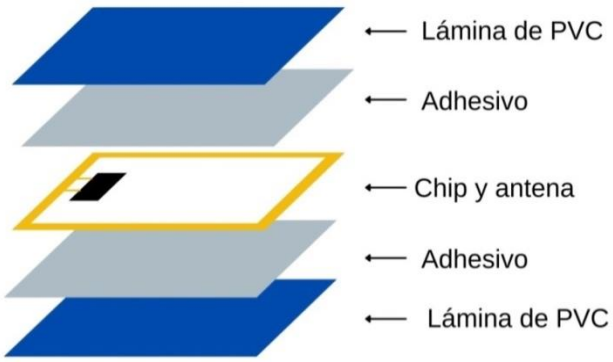


Figura 2.1 Capas principales que conforma la tarjeta RFID

Anexo C

Fotografía de la conexión física de los elementos del sistema RFID



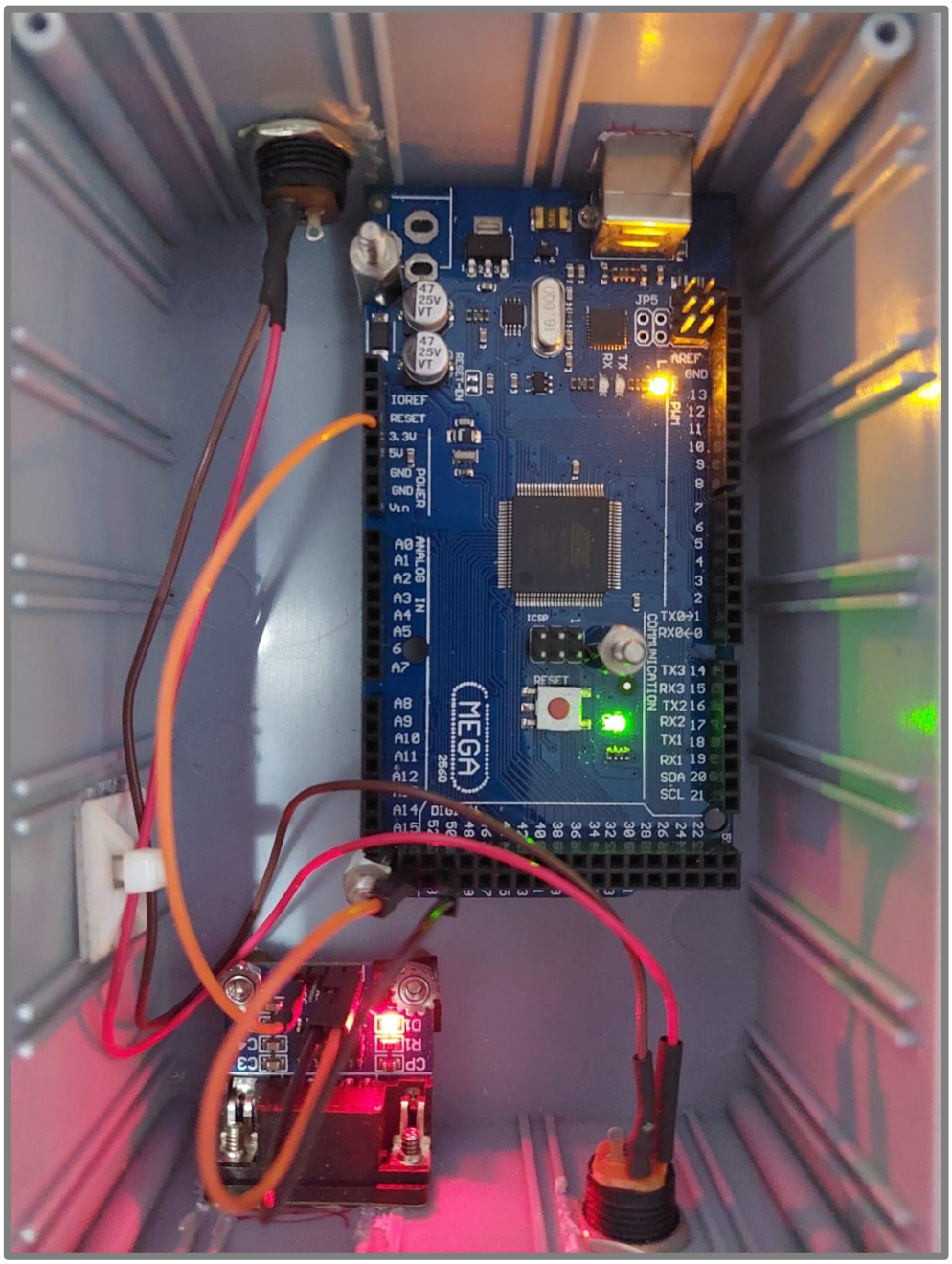
Anexo D

Fotografía de la conexión física de los elementos del sistema RFID.



Anexo E

Fotografía de la conexión física de los elementos del sistema RFID.



Anexo F

Fotografía del almacén de accesorios.



Anexo G

Instalación de la conexión física del sistema de lectura automática con tecnología RFID en la empresa.



Anexo H

Instalación de la conexión física del sistema de lectura automática con tecnología RFID en la empresa.



Anexo I

Fotografía de la posición del observador en el almacén de accesorios.



Anexo J

Tabla de los promedios del método tradicional y el método RFID.

TIPO DE MÉTODO	PROMEDIO		TIPO DE MÉTODO	PROMEDIO
Método tradicional	16.48		Método RFID	10.62
Método tradicional	16.44		Método RFID	10.13
Método tradicional	17.04		Método RFID	9.70
Método tradicional	17.19		Método RFID	8.66
Método tradicional	16.80		Método RFID	10.79
Método tradicional	17.40		Método RFID	9.40
Método tradicional	16.16		Método RFID	10.17
Método tradicional	16.52		Método RFID	10.07
Método tradicional	16.16		Método RFID	9.14
Método tradicional	15.73		Método RFID	9.36
Método tradicional	16.65		Método RFID	10.20
Método tradicional	17.09		Método RFID	10.04
Método tradicional	18.20		Método RFID	10.42
Método tradicional	17.27		Método RFID	9.65
Método tradicional	16.70		Método RFID	9.95
Método tradicional	16.50		Método RFID	9.92
Método tradicional	16.30		Método RFID	10.58
Método tradicional	16.03		Método RFID	10.14

Método tradicional	16.34		Método RFID	10.26
Método tradicional	17.52		Método RFID	9.19
Método tradicional	16.84		Método RFID	10.39
Método tradicional	16.00		Método RFID	10.93
Método tradicional	15.63		Método RFID	10.77
Método tradicional	16.78		Método RFID	10.91
Método tradicional	15.52		Método RFID	10.41
Método tradicional	15.23		Método RFID	10.13
Método tradicional	16.66		Método RFID	10.84
Método tradicional	17.14		Método RFID	10.16
Método tradicional	16.66		Método RFID	9.09
Método tradicional	15.67		Método RFID	10.06
Método tradicional	16.66		Método RFID	10.14
Método tradicional	15.60		Método RFID	10.04
Método tradicional	17.08		Método RFID	9.90
Método tradicional	15.48		Método RFID	10.38
Método tradicional	16.30		Método RFID	10.55
Método tradicional	17.07		Método RFID	9.70
Método tradicional	16.46		Método RFID	10.47
Método tradicional	17.49		Método RFID	10.49
Método tradicional	15.57		Método RFID	10.44

Método tradicional	16.35		Método RFID	10.58
Método tradicional	16.40		Método RFID	10.93
Método tradicional	16.31		Método RFID	9.71
Método tradicional	17.60		Método RFID	9.72
Método tradicional	15.66		Método RFID	9.65
Método tradicional	14.95		Método RFID	9.26
Método tradicional	16.31		Método RFID	10.29
Método tradicional	15.65		Método RFID	10.48
Método tradicional	15.91		Método RFID	9.60
Método tradicional	16.88		Método RFID	10.29
Método tradicional	15.79		Método RFID	10.91
Método tradicional	15.40		Método RFID	10.84
Método tradicional	16.12		Método RFID	10.07
Método tradicional	16.39		Método RFID	9.73
Método tradicional	16.87		Método RFID	10.60
Método tradicional	16.72		Método RFID	10.00
Método tradicional	17.66		Método RFID	10.15
Método tradicional	16.20		Método RFID	9.72
Método tradicional	17.07		Método RFID	9.88
Método tradicional	16.80		Método RFID	10.39
Método tradicional	16.29		Método RFID	10.33

Método tradicional	16.77		Método RFID	10.45
Método tradicional	16.95		Método RFID	10.36
Método tradicional	17.22		Método RFID	9.59
Método tradicional	15.20		Método RFID	10.35
Método tradicional	17.04		Método RFID	9.27
Método tradicional	15.90		Método RFID	10.32
Método tradicional	17.21		Método RFID	11.05
Método tradicional	15.25		Método RFID	10.40
Método tradicional	17.15		Método RFID	10.17
Método tradicional	15.30		Método RFID	9.94
Método tradicional	16.64		Método RFID	9.16
Método tradicional	17.01		Método RFID	10.74
Método tradicional	16.52		Método RFID	10.30
Método tradicional	16.29		Método RFID	9.76
Método tradicional	16.80		Método RFID	10.57
Método tradicional	15.91		Método RFID	9.64
Método tradicional	17.10		Método RFID	10.11
Método tradicional	16.28		Método RFID	10.44
Método tradicional	16.24		Método RFID	11.15
Método tradicional	16.97		Método RFID	9.82
Método tradicional	15.97		Método RFID	10.59

Método tradicional	16.79		Método RFID	9.36
Método tradicional	16.30		Método RFID	9.67
Método tradicional	16.35		Método RFID	9.66
Método tradicional	16.36		Método RFID	10.34
Método tradicional	16.21		Método RFID	10.17
Método tradicional	16.34		Método RFID	10.14
Método tradicional	16.94		Método RFID	10.78
Método tradicional	15.96		Método RFID	10.00
Método tradicional	16.35		Método RFID	10.10
Método tradicional	16.27		Método RFID	10.14
Método tradicional	15.69		Método RFID	10.73
Método tradicional	17.32		Método RFID	10.13
Método tradicional	16.41		Método RFID	10.08
Método tradicional	16.74		Método RFID	9.64
Método tradicional	15.39		Método RFID	10.18
Método tradicional	16.51		Método RFID	10.02
Método tradicional	16.78		Método RFID	10.29
Método tradicional	16.79		Método RFID	9.54
Método tradicional	16.16		Método RFID	9.84
Media	16.451		Media	10.123
Desviación estándar	0.627		Desviación estándar	0.487
Promedio total	16.45		Promedio total	10.12