



**UNIVERSIDAD  
HISPANOAMERICANA**  
SERIEDAD Y PRESTIGIO

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL  
DE ACCESO E INVENTARIO DE HERRAMIENTAS ESPECIALES EN  
CENTRO DE SERVICIOS RODAAR, EN ASERRI, SAN JOSE, COSTA  
RICA, EN EL AÑO 2024.**

**Sustentante:**

**Adriana Retana Badilla**

**TUTOR:**

**Ignacio Alvarado Chacón**

**Noviembre, 2024**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

---

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	VI
DECLARACION JURADA.....	VII
CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR.....	VIII
CARTA DEL LECTOR.....	IX
CARTA AUTORIZACIÓN CENIT.....	X
DEDICATORIA .....	XII
AGRADECIMIENTO .....	13
RESUMEN.....	14
CAPÍTULO I .....	15
PROBLEMA DEL PROYECTO .....	15
1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	16
1.1.1 Marco de Referencia Empresarial y Contextual.....	16
1.1.2 Justificación del Proyecto.....	18
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	19
1.2.1 Diagrama Causa - Efecto.....	20
1.2.2 Diagrama de Ishikawa .....	20
1.3 OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
1.4 ALCANCE Y LIMITACIONES .....	24
CAPÍTULO II .....	26
MARCO TEÓRICO .....	26
2.1 SISTEMAS DE CONTROL .....	27
2.2 RASPBERRY PI .....	29
2.3 LECTOR DE HUELLA DIGITAL.....	31
2.4 LECTOR DE CÓDIGO DE BARRAS .....	32
2.5 BASES DE DATOS.....	34
2.6 SOLUCIONES EQUIVALENTES A LA SOLUCIÓN EN ESTUDIO.....	36
CAPÍTULO III .....	39
MARCO METODOLÓGICO .....	39
3.1 TIPO Y ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	40
3.2 FUENTES Y SUJETOS DE INFORMACIÓN.....	42
3.3 TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	45

3.3.1 Observación .....	46
3.3.2 Entrevista .....	46
3.4 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	47
3.5 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	49
CAPÍTULO IV.....	52
DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	52
4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	53
4.2 RECOLECCIÓN Y VALIDACIÓN DE DATOS .....	54
4.2.1 Resultado de la observación .....	55
4.2.2 Resultado de la entrevista .....	56
4.2.3 Resultados del cuestionario.....	60
4.3 ANÁLISIS DE BRECHAS.....	64
4.3.1 Retrasos en la operatividad .....	64
4.3.2 Pérdida de inventario.....	65
4.3.3 Pérdidas económicas .....	65
4.4 COMPARACIÓN COMPONENTES .....	66
CAPÍTULO V.....	70
DISEÑO Y DESARROLLO DE PROYECTO.....	70
5.1 ASPECTOS DE DISEÑO .....	71
5.2 PROTOTIPO .....	73
5.3 IMPLEMENTACIÓN .....	94
5.4 DEPURACIÓN Y RESULTADOS .....	98
5.5 ANÁLISIS DE COSTOS .....	102
5.6 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO.....	104
CAPÍTULO VI.....	106
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	106
6.1 CONCLUSIONES.....	107
6.2 RECOMENDACIONES.....	109
CAPÍTULO VII.....	110
ÁPENDICES Y ANEXOS.....	110
REFERENCIAS BLIOGRÁFICAS .....	111
ANEXOS.....	113
Anexo 1. Entrevista.....	114

Anexo 2. Cuestionario ..... 115

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

---

Ilustración 1.....	17
Ilustración 2.....	20
Ilustración 3.....	21
Ilustración 4.....	27
Ilustración 5.....	28
Ilustración 6.....	31
Ilustración 7.....	33
Ilustración 8.....	36
Ilustración 9.....	49
Ilustración 10.....	53
Ilustración 11.....	54
Ilustración 12.....	60
Ilustración 13.....	72
Ilustración 14.....	74
Ilustración 15.....	75
Ilustración 16.....	75
Ilustración 17.....	76
Ilustración 18.....	77
Ilustración 19.....	78
Ilustración 20.....	80
Ilustración 21.....	80
Ilustración 22.....	81
Ilustración 23.....	83
Ilustración 24.....	84
Ilustración 25.....	85
Ilustración 26.....	86
Ilustración 27.....	88
Ilustración 28.....	89
Ilustración 29.....	90
Ilustración 30.....	90
Ilustración 31.....	92
Ilustración 32.....	93
Ilustración 33.....	94
Ilustración 34.....	95
Ilustración 35.....	95
Ilustración 36.....	96
Ilustración 37.....	98
Ilustración 38.....	99

<b>Ilustración 39</b> .....	<b>99</b>
<b>Ilustración 40</b> .....	<b>100</b>
<b>Ilustración 41</b> .....	<b>101</b>
<b>Ilustración 42</b> .....	<b>102</b>
<b>Ilustración 43</b> .....	<b>115</b>
<b>Ilustración 44</b> .....	<b>116</b>
<b>Ilustración 45</b> .....	<b>117</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1.....	4545
Tabla 2.....	4848
Tabla 3.....	103103
Tabla 4.....	103103


## DECLARACION JURADA

---

### DECLARACIÓN JURADA

Yo Adriana Retana Badilla, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 115920383 egresado de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachillerato, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Diseño e implementación de un sistema para el control de acceso e inventario de herramientas especiales en centro de servicios Rodaar, en Aserrí, San José, Costa Rica, en el año 2024, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 6 días del mes de mayo del año dos mil veinticinco.

  
Firma del estudiante  
Cédula: 115920383

## CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR



### CARTA DEL TUTOR

San José, 5 de mayo del 2025

Señores  
Departamento de Registro  
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Adriana Retana Badilla, cédula de identidad número 1 1592 0383, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE ACCESO E INVENTARIO DE HERRAMIENTAS ESPECIALES EN CENTRO DE SERVICIOS RODAAR, EN ASERRI, SAN JOSE, COSTA RICA, EN EL AÑO 2024", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

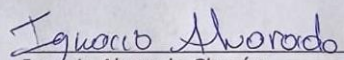
De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

Tabla 1 Calificación del proyecto

#	Rubro	% Teórico	% Asignado
a	Original del tema.	10	8
b	Cumplimiento de entrega de avances de avances.	20	18
c	Coherencia entre los objetivos, los instrumentos aplicados y los resultados de la investigación.	30	27
d	Relevancia de las conclusiones y recomendaciones.	20	19
e	Calidad, detalle del marco teórico.	20	18
Total:		100	90

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

  
Ignacio Alvarado Chacón  
Cédula de identidad: 111440253

## CARTA DEL LECTOR

---



### CARTA DEL LECTOR

San José, 18 de agosto, del 2025

Señores  
Departamento de Registro  
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante **Adriana Retana Badilla**, cédula de identidad número **1 1592 0383**, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE ACCESO E INVENTARIO DE HERRAMIENTAS ESPECIALES EN CENTRO DE SERVICIOS RODAAR, EN ASERRÍ, SAN JOSÉ, COSTA RICA, EN EL AÑO 2024"**, el cual ha elaborado para obtener su grado de Bachillerato.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atentamente,

DANIEL HUMBERTO VALVERDE RAMIREZ (FIRMA) Firmado digitalmente por DANIEL HUMBERTO VALVERDE RAMIREZ (FIRMA)  
Fecha: 2025.08.18 20:01:10 -06'00'

Ing. Daniel Valverde Ramírez  
Cédula de identidad: 3-03490012  
Carné colegio profesional: IEL-10109

## CARTA AUTORIZACIÓN CENIT

---

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA  
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)  
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA  
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA  
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION

San José, 04/09/2025

Señores:


Universidad Hispanoamericana  
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Adriana Retana Badilla con número de identificación 115920383 autor (a) del trabajo de graduación titulado DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE ACCESO E INVENTARIO DE HERRAMIENTAS ESPECIALES EN CENTRO DE SERVICIOS RODAAR, EN AERRI, SAN JOSE, COSTARICA, EN EL AÑO 2024. presentado y aprobado en el año 2025 como requisito para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Electrónica; (SI / NO) autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,

 115920383  
Firma y Documento de Identidad

**ANEXO 1 (Versión en línea dentro del Repositorio)  
LICENCIA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA PUBLICAR Y  
PERMITIR LA CONSULTA Y USO**

**Parte 1. Términos de la licencia general para publicación de obras en el repositorio institucional**

Como titular del derecho de autor, confiero al Centro de Información Tecnológico (CENIT) una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, el autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito.
- b) Autoriza al Centro de Información Tecnológico (CENIT) a publicar la obra en digital, los usuarios puedan consultar el contenido de su Trabajo Final de Graduación en la página Web de la Biblioteca Digital de la Universidad Hispanoamericana
- c) Los autores aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) Los autores manifiestan que se trata de una obra original sobre la que tienen los derechos que autorizan y que son ellos quienes asumen total responsabilidad por el contenido de su obra ante el Centro de Información Tecnológico (CENIT) y ante terceros. En todo caso el Centro de Información Tecnológico (CENIT) se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- e) Autorizo al Centro de Información Tecnológica (CENIT) para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- f) Acepto que el Centro de Información Tecnológico (CENIT) pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- g) Autorizo que la obra sea puesta a disposición de la comunidad universitaria en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las "Condiciones de uso de estricto cumplimiento" de los recursos publicados en Repositorio Institucional.

**SI EL DOCUMENTO SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA O UNA ORGANIZACIÓN, CON EXCEPCIÓN DEL CENTRO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICO (CENIT), EL AUTOR GARANTIZA QUE SE HA CUMPLIDO CON LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES REQUERIDOS POR EL RESPECTIVO CONTRATO O ACUERDO.**

## **DEDICATORIA**

---

En primer lugar, a Dios, mi familia, mi novio y todas las personas que de una u otra forma estuvieron a mi lado en todo este proceso, por estar presentes en los momentos más difíciles y por celebrar cada pequeña victoria junto a mí.

## AGRADECIMIENTO

---

Agradezco a Dios, por ser mi guía y darme la sabiduría para superar cada desafío en este proceso, a mi familia por enseñarme la importancia de la perseverancia, a mi novio por su compañía y apoyo en los momentos más difíciles, y a mis profesores por compartir su conocimiento y motivarme siempre a dar lo mejor de mí.

## RESUMEN

---

En la actualidad, las empresas enfrentan desafíos relacionados con la gestión eficiente de sus recursos. Un control adecuado del inventario y del acceso a estos recursos es fundamental para garantizar la productividad, reducir costos y evitar pérdidas económicas innecesarias. La implementación de sistemas tecnológicos que permitan una gestión eficaz se ha convertido en una necesidad para mantener la competitividad en el mercado.

Centro de Servicios Rodaar es una empresa en crecimiento constante, lo cual ha generado un incremento significativo en su inventario de herramientas especializadas. Sin embargo, carece de un sistema adecuado para controlar el acceso y la devolución de estas herramientas, lo que ha generado retrasos operativos por falta de disponibilidad, y gastos adicionales por reposición de herramientas extraviadas.

En respuesta a esta problemática, se plantea el diseño e implementación de un sistema de control de acceso a las herramientas especializadas, el cual permitirá el acceso al sistema únicamente para aquellas personas que estén debidamente autorizadas. Además, se le asignará un código a cada herramienta, el cual será almacenado en una base de datos del sistema para un mayor control de estas. Este sistema permitirá mantener un inventario actualizado en tiempo real y emitir alertas ante cualquier irregularidad.

Finalmente, la implementación del sistema de control de acceso e inventario especializado representa una solución integral que permite a Centro de Servicios Rodaar optimizar la gestión de sus herramientas, reducir los tiempos de inactividad y minimizar pérdidas económicas por extravío. Este proyecto no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también contribuye a fortalecer la cultura organizacional mediante un mayor control y responsabilidad en el uso de los recursos.

---

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DEL PROYECTO**

---

## 1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

### 1.1.1 Marco de Referencia Empresarial y Contextual

Desde su fundación el 16 de febrero del 2013, Centro de Servicios Rodaar se ha destacado por la gran variedad de servicios automotrices que ofrece, como lo son mecánica general, mufas, lubricentro, venta de llantas, reparación y balanceo de estas. Estos servicios facilitaron a los vecinos del cantón de Aserrí y sus alrededores la reparación de sus vehículos sin tener que trasladarse largas distancias.

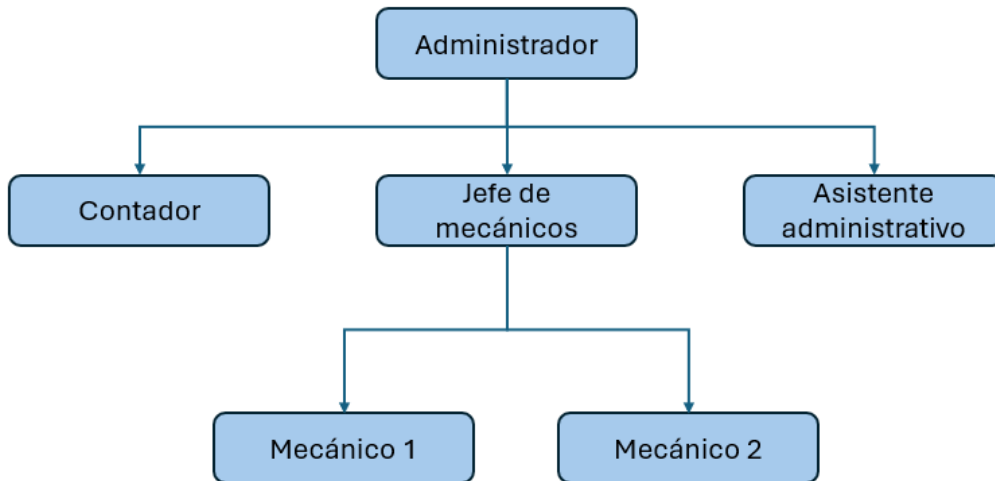
Para el año 2018 se agregó a estos servicios la venta de repuestos tanto para los mismos trabajos de mecánica que se realizaban en el lugar, como para venta a personas externas que solamente necesitaban la compra de estos. Además, con el fin de ofrecer la mayor cantidad de servicios automotrices en un mismo lugar, se empezó con la venta de accesorios para todo tipo de vehículos ese mismo año. Finalmente, gracias a la constante evaluación de satisfacción de los clientes, para mediados del año 2023, se incorporó la carga y revisión de aire acondicionado, lo cual era un servicio por el cual muchos de los clientes consultaban.

Conforme la empresa fue creciendo, además de los clientes particulares que visitan el lugar, también algunas empresas cercanas concretaron la revisión permanente de sus vehículos. Algunas de estas se dedican a la fabricación de muebles, por lo tanto, los vehículos que llevan a revisión son camiones, permitiendo a Centro de Servicios Rodaar especializarse en mecánica de este tipo de vehículos.

Centro de Servicios Rodaar se encuentra ubicado en Aserrí, San José, Costa Rica, y su organigrama está conformado según se muestra en la *Ilustración 1* a continuación.

**Ilustración 1.**

*Organigrama de Centro de servicios Rodaar*



Fuente: Elaborado por el autor

Después de conocer sobre Centro de servicios Rodaar es importante mencionar su misión y visión.

**Misión:** Ofrecer servicios automotrices de alta calidad y seguridad para garantizar siempre la satisfacción y confianza de los clientes.

**Visión:** Ser consolidado como un centro de servicios automotrices integral, ofreciendo todos los servicios necesarios en un solo lugar, para la satisfacción y comodidad de los clientes.

Centro de servicios Rodaar tiene la proyección a mediano plazo de abrir nuevas sedes tanto en San José como en otras provincias de la gran área metropolitana, esto con el objetivo de ofrecer sus servicios a una mayor población nacional.

### 1.1.2 Justificación del Proyecto

Centro de Servicios Rodaar ha sido una empresa que ha venido en constante crecimiento desde su fundación en el año 2013; con el pasar de los años la cantidad de herramienta especializada ha aumentado considerablemente. Por esta razón, la empresa se encuentra en la búsqueda de una solución que le ayude a controlar el inventario de esta.

La empresa Centro de Servicios Rodaar enfrenta un desafío significativo relacionado con la falta de control que existe para el retiro y devolución de herramientas especiales por parte de los trabajadores, debido a la inexistencia de un sistema para el control de acceso a estas herramientas y a la falta de un inventario actualizado y controlado.

La problemática se evidencia a través de varios criterios, donde inicialmente se observan discrepancias entre el inventario físico y el registro actual. Seguido a ello, se ha notado una pérdida de tiempo debido a la inactividad provocada por la falta de herramientas. Finalmente, la empresa ha incurrido en gastos adicionales para la compra de nuevas herramientas que reemplazan las perdidas.

Según datos obtenidos de un cuestionario realizado a los trabajadores de la empresa Centro de Servicios Rodaar, se evidencia que el acceso a la herramienta especializada disponible no es el principal problema, siendo que el problema grave es la falta de un inventario actualizado, el extravío de herramienta en algunas ocasiones, y el tiempo de espera para el reemplazo, lo cual genera atrasos en los trabajos. Por otro lado, los trabajadores ven positivamente la implementación de un sistema de control de acceso e inventario para la herramienta especializada y consideran que puede traer múltiples beneficios para la empresa. Posteriormente, se detalla el cuestionario realizado a los trabajadores y los resultados obtenidos de forma consolidada.

Como solución a la problemática que enfrenta Centro de Servicios Rodaar, se diseñará e implementará un sistema de control de acceso a las herramientas especializadas, el cual permitirá el acceso al sistema únicamente para aquellas personas que estén debidamente autorizadas. Además, se le asignará un código a cada herramienta, el cual será almacenado en una base de datos del sistema para un control de inventario; esto facilitará al encargado llevar un control del inventario actualizado y recibir mensajes de alerta cuando se presente cualquier imprevisto.

## 1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La falta de un sistema para el control de acceso a las herramientas especializadas y la supervisión del inventario, ha generado en Centro de Servicios Rodaar desde retrasos en la operatividad de la empresa hasta pérdidas económicas debido a que se ha tenido que comprar nueva herramienta para reemplazar la extraviada, es por esta razón que la empresa se enfrenta a la interrogante de ¿Cómo podría el diseño e implementación de un sistema de control de acceso e inventario mejorar la eficiencia en las operaciones y reducir pérdidas?

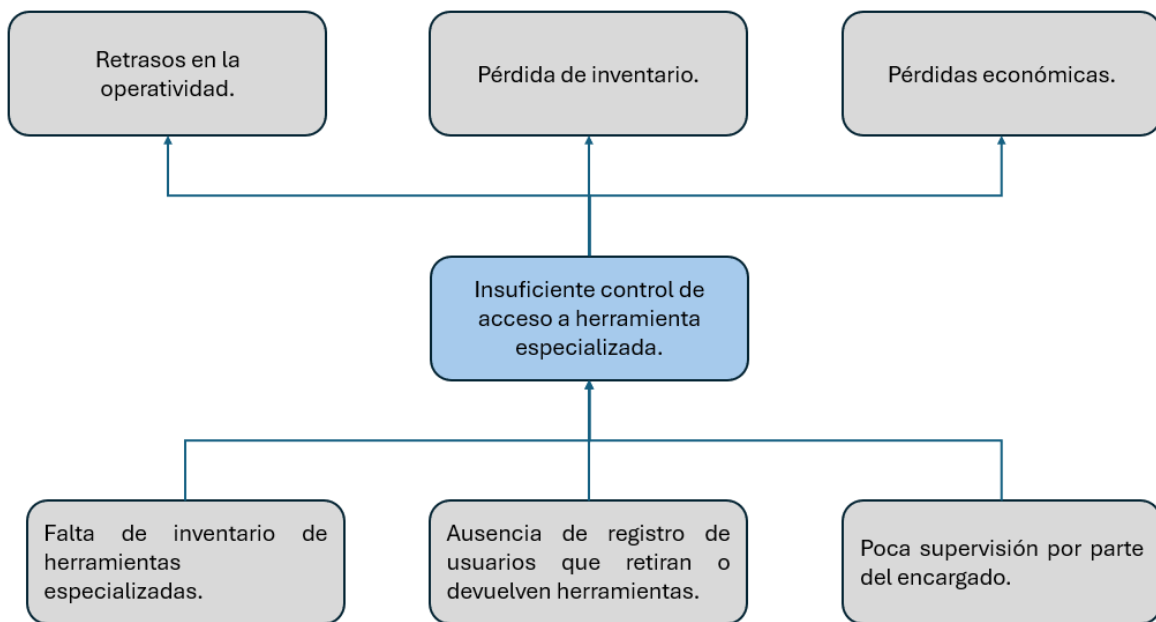
A través de una entrevista realizada al encargado del área, se refleja la preocupación por los retrasos operativos recurrentes y la frustración ante la necesidad constante de reemplazar herramientas extraviadas. Además, con base en comentarios compartidos por los trabajadores se revela una percepción común de desorden y falta de trazabilidad en el manejo de estas herramientas para el trabajo diario. La recopilación cualitativa de estos testimonios permitió dimensionar el problema desde la vivencia cotidiana de los involucrados y abrir la reflexión hacia una posible solución.

### 1.2.1 Diagrama Causa - Efecto

A continuación, puede observarse en la *Ilustración 2* las principales causas y efectos del problema en estudio.

#### Ilustración 2.

*Diagrama Causa – Efecto*



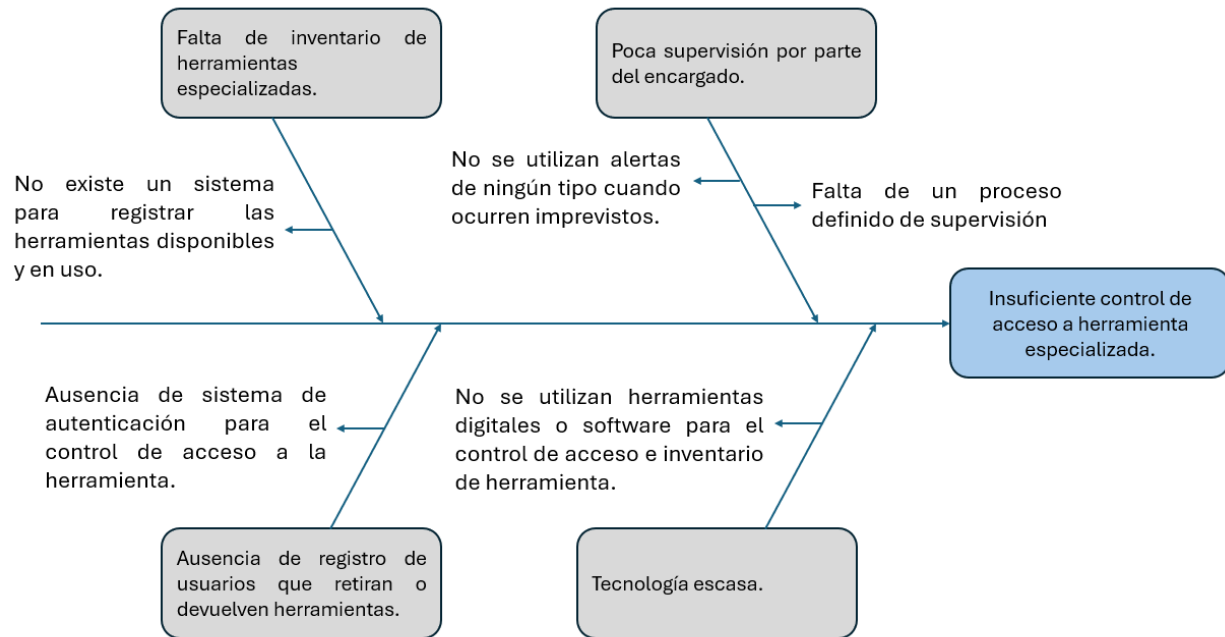
Fuente: Elaborado por el autor

### 1.2.2 Diagrama de Ishikawa

En la *Ilustración 3* se muestran las causas tanto principales como secundarias del problema en estudio.

**Ilustración 3.**

*Diagrama de Ishikawa*



Fuente: Elaborado por el autor

## **1.3 OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

### **1.3.1 Objetivo General**

Implementar un sistema para el control de acceso e inventario de herramientas especiales en Centro de Servicios Rodaar.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Registrar en una base de datos tanto la herramienta especializada, según código asignado como los usuarios autorizados para el uso de esta.
2. Desarrollar un sistema de control de acceso a las herramientas especializadas por medio de la lectura de huella digital o del ingreso de un código de seguridad de 4 dígitos, asignado a cada uno de los usuarios autorizados.
3. Implementar un sistema de lectura de código de barras para mantener actualizado en tiempo real la entrada y salida de herramientas especiales del inventario.
4. Diseñar una interfaz gráfica por medio de LCD para la visualización de mensajes de aceptación, rechazo o errores en el acceso.

5. Establecer factores de seguridad que alerten al encargado en caso de que ocurra cualquier incidente.
  
6. Diseñar un circuito para que cada vez que el sistema brinde el acceso a la herramienta, los cajones en donde será guardada sean abiertos de forma eficiente.
  
7. Evaluar el costo-beneficio de la implementación del sistema propuesto, con el fin de determinar la viabilidad económica y la solución a la problemática planteada.

## 1.4 ALCANCE Y LIMITACIONES

### 1.4.1 Alcance del Proyecto

- La base de datos a utilizar es MariaDB, en la cual se almacena además de la información de la herramienta especializada y su estado, los datos de fecha, hora y trabajadores que accedieron a esta, según huella digital o código.
- Para la lectura de la huella digital de los trabajadores, se utiliza un sistema de reconocimiento de huellas dactilares, y para el ingreso del código un teclado externo, ambos conectados a un Raspberry Pi, el cual es el encargado de dar la indicación de acceso según corresponda.
- Todas las herramientas especializadas deben de estar etiquetadas con un código de barras que es registrado en la base de datos inicialmente, y se utiliza un lector de código de barras conectado a un Raspberry Pi, para la rápida identificación del ingreso y salida de las herramientas en el inventario.
- La interfaz gráfica LCD es solamente para la visualización de mensajes de aceptación, rechazo o errores en el acceso.
- Se utiliza “telegram” para alertar al encargado por medio de un mensaje cualquier acceso no autorizado o incidente que ocurra.
- Las cerraduras de los cajones en donde se guarda la herramienta especializada están conectadas a un circuito que permite la apertura de estos solamente si son usuarios autorizados.

- Se realiza un análisis para comparar los costos y beneficios a largo plazo del sistema propuesto contra el sistema actual de la empresa.

#### *1.4.2 Limitaciones del Proyecto*

- La efectividad del sistema de código de barras depende de la correcta etiquetación y conservación del código en todas las herramientas especializadas.
- La falta de un trabajador que de soporte técnico de forma permanente en la empresa, puede limitar la operación eficiente del sistema si ocurren problemas de software o hardware.
- La funcionalidad del sistema necesita de conexión a una red wifi, por lo que el sistema puede verse afectado si en algún momento se pierde esta conexión.

**CAPÍTULO II**

**MARCO TEÓRICO**

---

## 2.1 SISTEMAS DE CONTROL

En la actualidad los sistemas de control son esenciales en diversas aplicaciones tecnológicas porque regulan los sistemas con el fin de garantizar un funcionamiento eficiente. Estos pueden ser digitales o analógicos y su principal función es la automatización y mejora en la precisión. (Kuo, 1996)

El objetivo principal de estos sistemas es facilitar y mejorar las labores del ser humano en diferentes ámbitos. Estos sistemas se encuentran en grandes sectores de la industria como la manufacturera, líneas de ensamblaje automático, robótica, sector médico, entre otros. (Kuo, 1996)

Los sistemas de control automático son según (Kuo, 1996), una interconexión de elementos que forman una configuración o sistema, donde “los componentes básicos de un sistema de control se pueden describir mediante: Objetivos de control, componentes del sistema de control y resultados o salidas”. (Kuo, 1996)

Con base a lo anterior, los objetivos son aquellas señales de entrada utilizadas para obtener un resultado determinado, los cuales son las salidas o variables conectadas, donde el objetivo principal de un sistema es controlar las salidas a partir de las señales de entrada por medio de los componentes que conforman este sistema. (Kuo, 1996)

### Ilustración 4.

*Diagrama de componentes básicos de un sistema de control*



Fuente: (Kuo, 1996)

### 2.1.1 Clasificación de Sistemas de Control

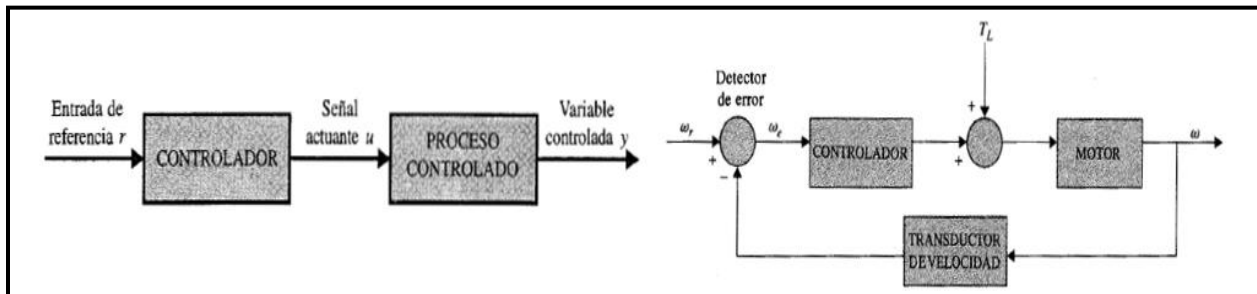
Los sistemas de control se clasifican en sistemas de lazo abierto y en sistemas de lazo cerrado retroalimentados. Un sistema de control en lazo cerrado o retroalimentado se utiliza para que los lazos de control abierto sean más exactos, por medio de la realimentación de la salida hacia la entrada. Por otro lado, el sistema de lazo abierto es aquel sistema en el cual la acción de control es independiente de la salida y por lo general estos sistemas utilizan un regulador o actuador para obtener la respuesta deseada regulados por base de tiempo. (Kuo, 1996)

Por lo tanto, el primer método es más exacto debido a que la señal controlada debe de ser realimentada y comparada con la entrada de referencia, para que luego se envíe una señal actuante proporcional con la diferencia entre la entrada y salida, para así corregir el error en el sistema. (Kuo, 1996)

En el presente proyecto el sistema de control es de gran importancia ya que es el encargado de recibir los datos de entrada para posteriormente procesar y comparar esta información, de manera que se envíe la señal de salida correcta al circuito y el sistema funcione adecuadamente.

#### **Ilustración 5.**

*Diagrama de bloques de sistema de lazo abierto y lazo cerrado*



Fuente: (Kuo, 1996)

Hay muchas formas diferentes de implementar un sistema de control, dependiendo de la complejidad del sistema y sus objetivos. Una de sus implementaciones comunes es digitalmente utilizando microcontroladores o plataformas como Raspberry Pi. También se pueden combinar otros métodos de control, como sistemas híbridos o sistemas basados en inteligencia artificial que pueden adaptarse y aprender.

En el mercado existen diferentes alternativas que pueden ser utilizadas para el desarrollo de sistemas de control de acceso e inventario, sin embargo, más adelante en el capítulo 4 se detallan algunas de estas opciones y las ventajas del Raspberry Pi sobre estas para utilizarlo en el proyecto.

A continuación, se detalla información sobre el Raspberry Pi, sistema de procesamiento que se utiliza en el presente proyecto.

## 2.2 RASPBERRY PI

El Raspberry Pi se creó en febrero de 2012 por la Fundación Raspberry Pi con el propósito de facilitar la enseñanza en el área de la computación y la electrónica en escuelas y universidades del Reino Unido. Se crearon dos modelos, el Modelo A y el Modelo B, los cuales fueron comprados al poco de tiempo de su lanzamiento por apasionados de la

tecnología, quienes comenzaron a utilizarlo en innovadores proyectos. (Raspberry Pi Foundation, s.f.)

Este dispositivo ofrece una amplia gama de capacidades como el procesamiento, almacenamiento y comunicación. El Raspberry Pi cuenta con un conjunto de puertos GPIO que permiten la conexión a sensores y actuadores, lo cual es una gran ventaja para proyectos de control físico. Además, se pueden utilizar diferentes lenguajes de programación para crear algoritmos que permitan controlar el sistema de manera eficiente. (Halfacree, 2019)

En el presente proyecto el Raspberry Pi es el encargado de gran parte de las tareas del sistema de control gracias a su diversidad de funciones. Entre algunas de estas tareas están el almacenamiento interno de los datos recibidos en las diferentes entradas del sistema, así como el procesamiento y toma de decisiones mediante el algoritmo de control y posteriormente, el envío de esta información para la activación del circuito físico.

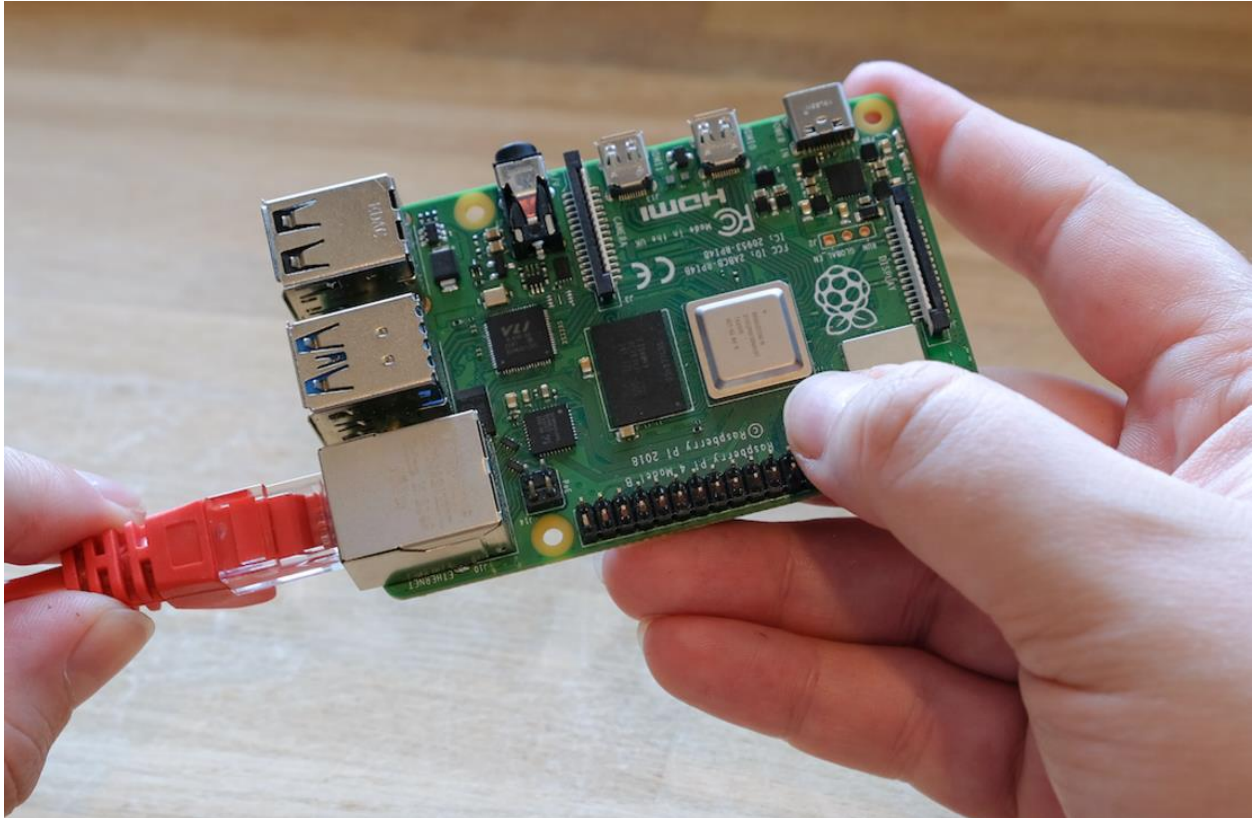
Algunas de sus características principales son las siguientes:

- Posee un procesador que es distinto de acuerdo con cada modelo y es el encargado de realizar las tareas de computación.
- Cuenta con varios puertos USB para conectar los periféricos que sean necesarios.
- Incluye una memoria RAM la cual varía de acuerdo con cada modelo, generalmente entre 1 GB y 8 GB.
- Posee pines de entrada y salida que se utilizan para la conexión y control de componentes electrónicos.
- Se puede conectar a internet por medio de puertos Ethernet. Los modelos más actuales disponen además de conectividad Wi-Fi y Bluetooth.

Fuente: (Raspberry Pi Foundation, s.f.)

## Ilustración 6.

### *Raspberry Pi*



Fuente: (Raspberry Pi Foundation, s.f.)

Las principales entradas del sistema de control de acceso a implementar en el presente proyecto son el lector de huella digital para los usuarios y el lector de código de barra para las herramientas especializadas, los cuales se detallan a continuación.

## 2.3 LECTOR DE HUELLA DIGITAL

Una amplia gama de sistemas demanda esquemas de reconocimiento personal que sean confiables para verificar o establecer la identidad de quienes solicitan sus

servicios. El objetivo de estos esquemas es asegurar que únicamente los usuarios legítimos tengan acceso a los servicios ofrecidos, y que nadie más lo pueda hacer. En el capítulo 4, se detallan algunas de las alternativas de reconocimiento biométrico y las ventajas del lector de huella digital sobre las demás opciones. (Anil K. Jain, 2004)

Un lector de huella digital es un mecanismo de autenticación biométrica que se utiliza para capturar la huella dactilar de una persona y comprobar su identidad. Algunas de sus características principales son las siguientes:

- Para capturar la huella se utilizan diferentes tecnologías como sensores ópticos, ultrasónicos o capacitivos.
- Se puede conectar por medio de USB, Wi-Fi o Bluetooth a sistemas de control de acceso, computadoras o dispositivos móviles.
- Posee capacidad de almacenaje para guardar diferentes huellas en la base de datos.
- Cuenta con una alta precisión para la identificación de las huellas y de esta manera reduce el riesgo de error.

Fuente: (Anil K. Jain, 2004)

## 2.4 LECTOR DE CÓDIGO DE BARRAS

El escáner o lector de código de barras emplea un láser integrado para leer un código de barras y emitir la información que simboliza dicho código. Por lo tanto, el escribir los códigos manualmente se extingue y se disminuye significativamente el tiempo y los recursos empleados para esta tarea. Además, se garantiza que no existan fallos que comprometan la trazabilidad de los objetos. (Microplanet PSL, s.f.)

Se realiza la lectura del código mediante un pequeño haz de luz sobre el código de barras impreso. Solo se aprecia una pequeña línea roja que proviene del escáner láser, esto sucede porque delante del emisor láser se ubican unos pequeños espejos, uno de ellos vibra a través de un electroimán que produce este haz de luz, y de esta manera transforma el punto del láser en una línea. (Microplanet PSL, s.f.)

Lo que está ocurriendo es que las barras de color oscuro absorben la luz del escáner y esta se refleja en los espacios con luz. En otras palabras, el lector capta la luz reflejada y la transforma en un impulso eléctrico. A través de otro espejo, la luz retrocede a un sensor de luz. Este sensor de luz determina si el láser ha "leído" una raya negra o una raya blanca, convirtiendo estos datos en unos y ceros. Posteriormente, la computadora se ocupará de convertir toda esta información en el formato definitivo que se requiera. (Microplanet PSL, s.f.)

### **Ilustración 7.**

*Lector de código de barras*



Fuente: (Microplanet PSL, s.f.)

En el presente proyecto se utiliza un lector de código de barras para el control del inventario de la herramienta especializada, esto debido a que es una forma rápida de controlar las salidas de las herramientas y de esta manera tener una mayor visibilidad de donde se encuentra y quien posee cada una de ellas. Además, esto permite tener un inventario actualizado en tiempo real.

## 2.5 BASES DE DATOS

Una base de datos es una recolección sistemática de información que se almacena de manera electrónica. Puede abarcar cualquier clase de información, desde palabras hasta números, imágenes, entre otros. Se puede utilizar un programa llamado sistema de gestión de bases de datos (DBMS) para guardar, recuperar y modificar datos. En los sistemas de computación también se le llama base de datos a cualquier sistema de gestión de bases de datos, al sistema de base de datos como tal o a una aplicación vinculada a la base de datos. (Amazon Web Services, n.d.)

Es esencial para toda empresa contar con una base de datos. Las bases de datos respaldan las actividades internas de las compañías y resguardan las relaciones con clientes y proveedores. Algunos motivos que hacen indispensables las bases de datos son los siguientes:

- **Escalado eficiente:** Las bases de datos tienen la capacidad de gestionar grandes volúmenes de información, la cual puede crecer cada vez más conforme avanza el tiempo. Es inviable guardar este volumen de información digital sin una base de datos.
- **Seguridad de los datos:** Las bases de datos cumplen con requisitos de privacidad y conformidad relacionados a la información.

- **Integridad de la información:** Es muy usual que las bases de datos incluyan normas y condiciones para preservar la integridad de los datos.
- **Análisis de datos:** Las bases de datos actuales tienen la capacidad de efectuar proyecciones o detectar tendencias con los datos almacenados, lo que permite a las empresas tomar decisiones con seguridad.

Fuente: (Amazon Web Services, s.f.)

Las bases de datos pueden categorizarse de acuerdo con su uso, la clase de datos y la forma de almacenaje de estos. Tres posibles métodos para categorizar las bases de datos son:

- De acuerdo con su contenido, ya sean textos de documentos, estadísticas o elementos de contenido multimedia.
- De acuerdo con su campo de uso, como la contabilidad, el cine o la producción.
- De acuerdo con sus elementos técnicos, tales como la configuración de la base de datos o la clase de interfaz.

Fuente: (Amazon Web Services, s.f.)

### 2.5.1 Modelo de bases de datos

Un modelo de base de datos determina las relaciones y normas que establecen la manera en que los datos pueden ser guardados, organizados y manipulados. Cada uso de base de datos se fundamenta en un modelo de datos en particular. Los modelos de bases de datos individuales se elaboran basándose en las normas y conceptos del modelo de datos más extenso que incorpora la aplicación correspondiente. (Amazon Web Services, n.d.)

### Ilustración 8.

*Modelo de base de datos*



Fuente: (Amazon Web Services, s.f.)

En el presente proyecto se utiliza la base de datos MariaDB, dado que presenta algunas ventajas sobre otras existentes en el mercado, como lo es el área de seguridad, la cual cuenta con cifrado de datos en reposo, autenticación avanzada, y el uso de roles de usuario más detallados. Otra de las áreas beneficiosas para el usuario es el código abierto y libre, convirtiéndola en una opción más económica.

## 2.6 SOLUCIONES EQUIVALENTES A LA SOLUCIÓN EN ESTUDIO

**Solución:** Desarrollo de un control de acceso a través del reconocimiento facial utilizando Raspberry Pi y una aplicación Android

**Autor:** Catherine Rossana Rivas Ortiz

**Descripción:**

En esta solución Rivas explica que, para proteger la información y los objetos de valor existen diversos controles de acceso como el uso de llaves, tarjetas magnéticas y sistemas biométricos como huellas dactilares, reconocimiento de retina, etc. En el laboratorio del programa de ingeniería electrónica en estudio, los diversos equipos están protegidos por cerraduras con llaves, pero si el responsable no está presente, el acceso es imposible, por lo que se necesita un sistema automático que asegure el acceso al laboratorio.

Este proyecto implementa un sistema de control de acceso mediante reconocimiento facial que permite que sólo los usuarios autorizados ingresen y utilicen los equipos del laboratorio de electrónica.

Las ventajas del sistema son que es fácil de usar, no hay necesidad de utilizar un teclado, no hay posibilidad de perder llaves o tarjetas, y no es necesario tener a alguien responsable de abrir y cerrar la puerta de entrada al laboratorio.

Los algoritmos utilizados para la detección de rostros son LBP (modelo binario local) y el clasificador en cascada HAAR.

La precisión del dispositivo es del 80% y cuantas más caras haya en el diccionario, más preciso será el dispositivo.

Fuente: (Rivas Ortiz, 2017)

**Solución:** Implementación de codificación de inventario para la optimización de procesos en el área de recursos físicos de CONTRASER CTA

**Autor:** Jorge Eliecer Sibaja Ramos

**Descripción:**

En la solución propuesta Sibaja explica que el proceso de control de inventarios se vuelve cada vez más complejo debido a factores cotidianos que obligan a las empresas a tomar decisiones, que en muchos casos pueden impactar negativamente su inventario.

Considerando esta situación, el estudio pretende estandarizar los procesos en materia de recursos físicos, con especial atención a los inventarios, para ello se realizará un proyecto de codificación de elementos de inventario.

El objetivo de este proyecto es crear códigos de barras únicos para cada artículo del inventario. Se trata de una presentación del nuevo proyecto de la empresa, que pretende hacer estos procesos más sencillos y organizados.

Este estudio identifica las herramientas tecnológicas y los pasos necesarios para completar el proceso de cifrado.

Las herramientas físicas y digitales, junto con los pasos específicos sugeridos, complementarán la información general contenida en el proyecto final.

El desarrollo de este caso de estudio muestra claramente cómo ayudará a controlar y gestionar los elementos, así como a mejorar el rendimiento de entrada y salida de los elementos, proporcionando así mejor control y aportando mejores experiencias a los responsables de esta área.

Fuente: (Ramos, 2021)

**CAPÍTULO III**

**MARCO METODOLÓGICO**

---

## 3.1 TIPO Y ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.1.1 Tipo de Investigación

Según (Tamayo, 2003) la investigación mediante la aplicación del método científico busca obtener información relevante y fidedigna para comprender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento. (Tamayo, 2003)

En este tipo de investigaciones el método científico se aplica de forma sistemática con el fin de que los datos sean confiables y se utilicen ya sea para comprender fenómenos de forma teórica o solucionar problemas prácticos. (Tamayo, 2003)

Por lo tanto, la finalidad de esta investigación es recopilar los datos e información necesaria para brindar una solución efectiva a un problema específico.

### 3.1.2 Enfoque de la Investigación

Según Sampieri el enfoque cuantitativo es aquel que emplea la recolección de datos para probar hipótesis mediante la medición numérica y el análisis estadístico, con el propósito de establecer patrones de comportamiento y validar teorías. (Sampieri, 2010)

Por otro lado, el enfoque cualitativo se caracteriza por ser un proceso inductivo que se desarrolla en un entorno natural. Durante la recolección de datos se establece una relación entre los participantes y las experiencias o perspectivas que se puedan extraer. En este tipo de enfoque no se definen variables para manipular experimentalmente, sino que se analiza una realidad subjetiva. (Sampieri, 2010)

En el contexto de este proyecto, se realiza primeramente la investigación de los problemas actuales para el establecimiento de una solución a estos, lo cual requiere

diferentes mediciones, datos y experimentación. Tomando en cuenta lo anterior se puede caracterizar el presente proyecto como una investigación tanto cuantitativa como cualitativa, debido a que se utilizan datos estadísticos basados en cuestionarios realizados a los trabajadores de Centro de Servicios Rodaar, y datos subjetivos tomados de una entrevista realizada al administrador y de una observación realizada en la empresa. Tanto los datos de los cuestionarios como los de la entrevista y la observación se detallan más adelante en el capítulo 4.

### **3.1.3 Finalidad de la Investigación**

Según (Sampieri, 2010) la investigación aplicada se realiza con la intención de resolver problemas concretos e inmediatos, con el fin de incidir directamente en la mejora de una situación particular. Tomando en cuenta esto, el proyecto tiene como finalidad la resolución de problemas prácticos para mejorar diversos procesos empresariales como lo son el proceso de mecánica, el proceso de inventario y el de finanzas.

El proyecto consiste en diseñar e implementar un sistema para el control de acceso e inventario de herramientas especiales en Centro de Servicios Rodaar, con el objetivo de reducir retrasos en la operatividad diaria y pérdida de inventario, lo cual genera pérdidas económicas a nivel empresarial. Con esta implementación se benefician desde los mecánicos y los administradores de la empresa hasta los clientes.

### **3.1.4 Marco de la Investigación**

La investigación se estructura según el alcance del entorno en el que se llevará a cabo, dividiéndose en tres categorías: mega, macro y micro.

(Kaufman, 2004) define el nivel mega como el conjunto de acciones, producciones y logros de una organización en relación con clientes externos y el mundo exterior, abarcando

todos los elementos organizacionales a un nivel amplio de impacto. En cuanto al nivel macro, combina las contribuciones a nivel micro para obtener resultados beneficiosos fuera de la organización, centrando su análisis en todo lo que la organización utiliza, hace y logra tanto para sí misma como para sus clientes externos. Por último, el nivel micro se enfoca en las contribuciones acumulativas de los recursos organizacionales y los procedimientos empleados en las actividades organizacionales, relacionándose directamente con los productos internos de la compañía y sus procesos locales que generan el producto final. (Kaufman, 2004)

El proyecto requiere abordar problemas específicos dentro de la compañía. Por lo tanto, la investigación se caracteriza como micro, dado que se centrará exclusivamente en el proceso de control de acceso e inventario a herramientas especializadas en Centro de Servicios Rodaar.

## 3.2 FUENTES Y SUJETOS DE INFORMACIÓN

### 3.2.1 Fuentes primarias

(Muñoz, 2011) explica lo siguiente sobre las fuentes primarias: "Se refiere al material recopilado directamente desde el lugar de origen de los datos. Estos datos provienen de la fuente primaria, es decir, del lugar mismo donde se originan, ya sea un hecho, un fenómeno o una circunstancia que se pretende investigar. Este grupo incluye experimentación, autores inéditos, encuestas, descripciones de eventos, noticias periodísticas, narración de hechos, reportes de investigaciones, etc."

Este tipo de fuente proporciona información de primera mano, extraída directamente del origen de los datos. (Muñoz, 2011)

En esta investigación, se emplean herramientas como la observación directa del problema, cuestionarios y entrevistas a los involucrados en el proceso.

La falta de control en el acceso e inventario a las herramientas especializadas en Centro de Servicios Rodaar afecta diversas áreas de la empresa. Se ha podido observar que hay un desperdicio de tiempo como resultado de la inacción ocasionada por la escasez de herramientas. Además, no existe un inventario actualizado de estas herramientas que permita llevar un control de lo que hay o no en el lugar. Por último, se ha tenido que asumir costos adicionales para la compra de herramientas que sustituyan a las extraviadas.

### **3.2.2 Fuentes secundarias**

De acuerdo con lo explicado por (Muñoz, 2011) una fuente secundaria es aquella que obtiene sus contenidos de fuentes primarias para su interpretación, complemento, corrección o refutación. La investigación que utiliza información de segunda mano tiene la ventaja de estar más documentada, ya que utiliza diversas fuentes para complementarse y se respalda en la seriedad metodológica.

En otras palabras, este tipo de fuente contiene información previamente publicada en fuentes primarias, generalmente con un análisis o comentario adicional. Dentro de estas fuentes se pueden encontrar ensayos, tesis, antologías, enciclopedias, entre otros. (Muñoz, 2011)

En la presente investigación se utilizarán fuentes secundarias como libros de texto, páginas web, entre otros.

Algunos de los libros utilizados son “Metodología de la investigación” del autor Sampieri Hernández, el cual se ha utilizado como una guía para la elaboración de la

investigación en algunas de las secciones del capítulo 3, como el tipo de enfoque de la investigación, los sujetos de información y las técnicas y herramientas de recolección de datos. Otro libro importante por mencionar es “An Introduction to Biometric Recognition” de los autores Anil K. Jain, Arun Ross y Salil Prabhakar, el cual cuenta con información importante sobre el lector de huella dactilar, que es el sistema de reconocimiento biométrico utilizado en el proyecto. Por último, el libro “Sistemas de Control Automático” del autor Benjamín C. Ku, se utiliza para investigar todo lo relacionado para el sistema de control a implementar en el proyecto.

### 3.2.3 Sujetos de información

En el contexto de la investigación, un sujeto de información es una persona, grupo u organización que proporciona, posee, gestiona o utiliza información relevante para la investigación en cuestión. (Sampieri, 2010)

Estos sujetos pueden ser individuos o grupos que generan datos o información (encuestados o entrevistados), o personas que analizan, interpretan o comunican los resultados obtenidos, como investigadores o usuarios finales de los resultados. (Sampieri, 2010)

Con base en lo anterior, para la toma de datos de la presente investigación se realizan cuestionarios a los trabajadores del área de mecánica, también una entrevista al administrador y una observación en la empresa por parte del autor de la investigación. En la *Tabla 2. Sujetos de información* se detalla los puestos laborales de cada uno de los trabajadores de Centro de Servicios Rodaar, su profesión u oficio, la experiencia con la que cuentan y la relación que tienen con el proyecto.

**Tabla 1.**

*Sujetos de información*

<b>Puesto Laboral o Descripción general</b>	<b>Profesión u Oficio</b>	<b>Experiencia</b>	<b>Relación con el tema</b>
Administrador	Administración de empresas	20 años	Procesos y permisos. Finanzas y presupuesto. (Entrevistado)
Asistente administrativo	Administración de empresas	10 años	Procesos y permisos.
Contador	Contaduría	9 años	Finanzas y presupuesto.
Jefe de mecánicos	Encargado de mecánica (Mecánica automotriz)	12 años	Perspectiva (Encuestado)
Mecánico 1	Mecánica automotriz	10 años	Perspectiva (Encuestado)
Mecánico 2	Mecánica automotriz	6 años	Perspectiva (Encuestado)

Fuente: Elaborado por el autor

### **3.3 TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Según (Niño, 2011) las técnicas se entienden como las operaciones, procedimientos o actividades de investigación, por ejemplo, la observación y la entrevista. Algunos las llaman “métodos”, por cuanto se trata de procedimientos de investigación. A veces, también se mencionan como los medios o instrumentos de investigación. (Niño, 2011)

Sobre las herramientas indica que son los elementos o materiales que permiten la ejecución o aplicación de las técnicas, como sería el cuestionario en la técnica de la encuesta. (Niño, 2011)

A continuación, se explican las herramientas que son utilizadas para la recolección de los datos del proyecto.

### **3.3.1 Observación**

Explica (Niño, 2011) en su libro, que la observación consiste en:

“un acto mental bien complejo. Implica mirar atentamente una cosa, una persona o ser vivo, un fenómeno o una actividad, percibir e identificar sus características, formas y cualidades, registrarlas mediante algún instrumento (o al menos en la mente), organizarlas, analizarlas y sintetizarlas. No basta con “ver” las cosas, proceso fisiológico que se genera en los sentidos. Es necesario “mirar”, proceso cognitivo que, aunque se inicia como ver, exige una actividad de la mente”. No consiste solamente en limitarse a ver un evento, sino que implica involucrarse en la situación de estudio y mantener un papel activo dentro de esta, así como una reflexión permanente, prestando atención a los detalles, sucesos y eventos. (Niño, 2011)

La observación en el presente proyecto se lleva a cabo con el fin de conocer sobre procesos e identificar áreas de mejora en la empresa. Dicha observación es detallada de forma completa en el Capítulo IV.

### **3.3.2 Entrevista**

Según lo expresado por (Gutiérrez, 1993) la entrevista se destaca como una técnica apreciada en la investigación cualitativa y ampliamente empleada por profesionales como psiquiatras, psicólogos, periodistas y médicos. Constituye una modalidad de interrogación, consistente en realizar preguntas con el propósito de obtener

información específica, incluyendo el cuestionario, que se distingue por ser escrito.

(Gutiérrez, 1993)

Esta técnica emerge como una herramienta fundamental para obtener información detallada que va más allá de la observación. Al permitir la internalización de pensamientos, ideas y sentimientos de los entrevistados, facilita la obtención de una comprensión más profunda del problema a abordar. (Gutiérrez, 1993)

En la diversidad de entrevistas, tales como estructuradas, semiestructuradas y abiertas, la elección depende del objetivo de la investigación. Las estructuradas siguen preguntas predefinidas rigurosamente, mientras que las semiestructuradas son más flexibles, permitiendo la generación de nuevas preguntas durante la conversación. Las entrevistas abiertas se asemejan a una conversación, dando espacio para que ambas partes expresen puntos de vista, generando información no planificada. (Gutiérrez, 1993)

Para este proyecto, se prioriza la entrevista semiestructurada y abierta, ya que ofrece la oportunidad de obtener la información más completa. En el Anexo 2 se detalla la entrevista completa realizada al administrador de Centro de Servicios Rodaar.

### **3.4 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN**

Según explica (Niño, 2011) se entiende por variable cada una de las características o propiedades del objeto estudiado en una investigación, las cuales pueden tomar diferentes valores. El sentido de valor es amplio, cubre no sólo lo cuantitativo, sino también lo cualitativo. (Niño, 2011)

En la siguiente tabla se explican las variables relacionadas con los objetivos del presente proyecto.

**Tabla 2.**

*Variables de la investigación*

Objetivos específicos	Variables	Descripción
Registrar en una base de datos tanto la herramienta especializada según código asignado como los usuarios autorizados para el uso de esta.	Almacenamiento de datos	Elaboración de registro tanto de empleados con acceso a la herramienta, como de la herramienta especializada.
Desarrollar un sistema de control de acceso a las herramientas especializadas por medio de la lectura de huella digital o del ingreso de un código de seguridad de 4 dígitos asignado a cada uno de los usuarios autorizados.	Acceso de ingreso a sistema	Utilización de dos métodos de ingreso para el acceso a la herramienta por parte de los usuarios.
Implementar un sistema de lectura de código de barras para mantener actualizado en tiempo real la entrada y salida de herramientas especiales del inventario.	Actualización constante de inventario	Generación de reporte de herramienta disponible o en uso y asignación a usuario.
Diseñar una interfaz gráfica por medio de LCD para la visualización de mensajes de aceptación, rechazo o errores en el acceso.	Visualización al usuario	Interfaz gráfica para interacción con usuario.
Establecer factores de seguridad que alerten al encargado en caso de que ocurra cualquier incidente.	Alertas de seguridad	Implementación de sistema de alerta para accesos no autorizados o incidentes.
Diseñar un circuito para que cada vez que el sistema brinde el acceso a la herramienta, los cajones en donde será guardada sean abiertos de forma eficiente.	Diseño de circuito electrónico	Diseño de circuito electrónico a implementar en el sistema de control de acceso.

<p>Evaluar el costo-beneficio de la implementación del sistema propuesto, con el fin de determinar la viabilidad económica y la solución a la problemática planteada.</p>	<p>Evaluación de eficiencia</p>	<p>Análisis para comparar los costos y beneficios a largo plazo del sistema propuesto.</p>
---	---------------------------------	--

Fuente: Elaborado por el autor

### 3.5 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

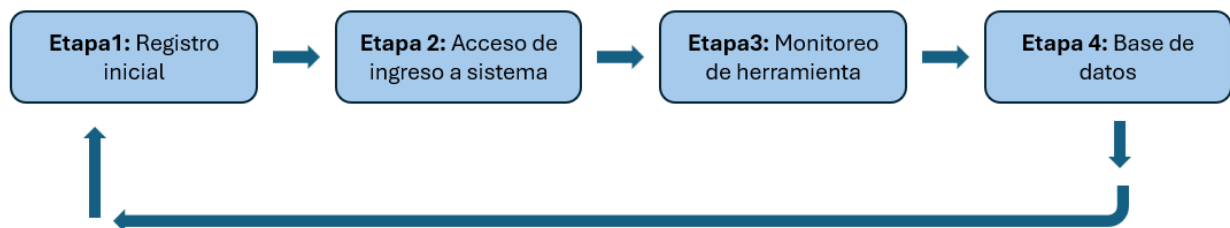
De acuerdo con (Niño, 2011) el concepto de diseño puede abordarse de dos maneras: en un sentido amplio, se refiere a la concepción de un plan que abarque todo el proceso de investigación, desde la delimitación del tema hasta la determinación de técnicas y criterios de análisis. (Niño, 2011)

El diseño de investigación define cómo se desarrollará el estudio, las fases involucradas, las herramientas y técnicas utilizadas para alcanzar los objetivos. (Niño, 2011)

En la *ilustración 9* se pueden observar las etapas de diseño del proyecto.

#### **Ilustración 9.**

*Etapas de diseño del proyecto*



Fuente: Elaborado por el autor

### **Etapa 1: Registro inicial**

Se realiza el registro inicial tanto de empleados con acceso a la herramienta, como de la herramienta especializada a la base de datos, la cual es MariaDB.

### **Etapa 2: Acceso de ingreso a sistema**

El acceso al sistema por parte de los usuarios puede ser por huella dactilar o por código. Para la lectura de la huella digital de los trabajadores, se utiliza un sistema de reconocimiento de huellas dactilares, y para el ingreso del código un teclado externo, ambos conectados a un Raspberry Pi, el cual es el encargado de dar la indicación de acceso según corresponda. Se utiliza una interfaz gráfica LCD para la visualización de mensajes de aceptación, rechazo o errores en el acceso al usuario.

Seguidamente, las cerraduras de los cajones en donde se guarda la herramienta especializada están conectadas a un circuito que permite la apertura de estos solamente si son usuarios autorizados según indicación de Raspberry Pi previamente.

### **Etapa 3: Monitoreo de herramienta**

Se utiliza un lector de código de barras conectado a un Raspberry Pi, para la rápida identificación del ingreso y salida de las herramientas en el inventario y mantenerlo de esta manera actualizado en la base de datos.

### **Etapa 4: Base de datos**

La base de datos a utilizar es MariaDB, en la cual se almacena además de la información de la herramienta especializada y su estado, los datos de fecha, hora y trabajadores que accedieron a esta según huella digital o código. A partir de la información guardada en la base de datos se pueden generar reportes de usuarios

activos, herramientas por usuario y estado de la herramienta, ya sea disponible o en uso.

## **CAPÍTULO IV**

### **DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

---

#### 4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente Centro de Servicios Rodaar cuenta con 2 cajones metálicos en donde se guarda la herramienta especializada, ubicados en un área abierta del local, cerca de donde trabajan los mecánicos tal y como puede observarse en la siguiente ilustración.

##### Ilustración 10.

*Cajón metálico de herramienta especializada*



Fuente: Elaborado por el autor

Por otro lado, puede observarse en la *Ilustración 11* que las herramientas guardadas en dichos cajones no tienen ningún tipo de etiqueta o marca que las identifique.

**Ilustración 11.**

*Herramienta especializada*



Fuente: Elaborado por el autor

Finalmente, se evidencia la ausencia de un sistema de control de acceso a estas herramientas y la inexistencia de un inventario actualizado con todas estas herramientas especializadas.

## **4.2 RECOLECCIÓN Y VALIDACIÓN DE DATOS**

Para el desarrollo del presente proyecto se emplearon tres herramientas principales de recolección de datos: la observación, la entrevista y el cuestionario. Cada una de estas técnicas fue aplicada al personal operativo y administrativo del Centro de Servicios Rodaar, con el objetivo de obtener información relevante y diversa sobre la problemática identificada. A continuación, se detallan los resultados obtenidos con cada una de estas.

#### **4.2.1 Resultado de la observación**

Según las observaciones realizadas el sábado 07 de diciembre del año 2024, en las instalaciones de Centro de Servicios Rodaar, se logró percibir situaciones relacionadas a la problemática a solucionar en el presente proyecto.

En el horario de atención correspondiente entre 8:00 am y 10:00 am, tanto los mecánicos como el personal administrativo trabajan de forma enfocada en cada una de sus tareas; el único evento a resaltar es la falta de orden de los mecánicos al utilizar las herramientas especializadas, dado que no todas las herramientas retiradas del cajón eran devueltas al mismo lugar, una vez que se terminaban de utilizar.

Alrededor de las 10:00 am con más vehículos para diversas revisiones en el lugar, surge un evento de interés, en el cual una de las herramientas que necesitaba un mecánico para realizar su trabajo estaba extraviada. El trabajador necesitaba extractores de roles, sin embargo, después de buscarlos por aproximadamente 15 minutos y no encontrarlos, se le informa al administrador de la situación. Se realiza una segunda búsqueda en el lugar por parte del administrador, sin embargo no se logra encontrar la herramienta. Debido a la urgencia para realizar el trabajo, se procede a realizar la compra de los extractores de roles en una tienda cercana mediante pedido y finalmente una hora y media después, la herramienta llega al lugar por medio de mensajería.

Posteriormente, ya con la herramienta completa para realizar el trabajo, el mecánico afectado por la situación continúa su tarea y el administrador se encarga de informar al cliente sobre el atraso en la entrega de su vehículo.

En horas de la tarde, pudo observarse que los mecánicos tardaban en promedio entre dos a cinco minutos en ocasiones para encontrar la herramienta que necesitaban en la realización de sus tareas; esto debido a que no guardaban las herramientas en el cajón cuando terminaban de utilizarlas y tenían que buscar a sus alrededores para encontrarlas.

Otro acontecimiento importante por mencionar es que el administrador ingresó la factura de la compra de la herramienta para reemplazar la pérdida en la sección en donde el contador tiene las facturas de gastos.

De acuerdo con los eventos que pudieron ser observados durante la visita a Centro de Servicios Rodaar, el prototipo propuesto en el proyecto, contribuye a solucionar la problemática de retrasos en la operatividad, pérdida de inventario y pérdidas económicas que enfrenta la empresa actualmente.

#### **4.2.2 Resultado de la entrevista**

**Entrevistado:** Rolando Retana Castro (administrador)

**Fecha de la entrevista:** 10 de diciembre de 2024

**Ubicación:** Centro de Servicios Rodaar, Aserrí

**Objetivo de la entrevista:** Obtener información de la problemática que enfrenta la empresa en relación con la falta de un sistema de control de acceso a la herramienta especializada, la falta de un inventario actualizado de esta y las consecuencias a las que se enfrenta la empresa por dicha problemática.

1. ¿Podría contarnos un poco sobre su experiencia en Centro de Servicios Rodaar y su rol actual?

Claro, además de administrador soy el fundador de la empresa, por lo tanto, llevo aproximadamente 11 años en esto, desde el 2013 que se inició con la empresa. En el organigrama salgo como el administrador, pero realmente hago un poquito de todo, desde temas de recursos humanos, finanzas y presupuesto, trámites de la empresa como tal, estoy en el área de ventas, entre otras cosas.

Hablando un poco de la problemática que enfrenta la empresa actualmente.

2. ¿Considera que la empresa cuenta con todas las herramientas especializadas que se necesitan para realizar todos los servicios que se ofrecen al cliente?

En este momento no, porque se han perdido en algunas ocasiones herramientas que no han sido reemplazadas porque tal vez no ha surgido la necesidad, se van reemplazando solo las que urgen para los trabajos que van llegando. Sin embargo, en un inicio sí se tenía un stock de herramienta completo para realizar cualquiera de los servicios que ofrece el Centro de Servicios Rodaar.

3. ¿Cuáles han sido las principales consecuencias a las que se han enfrentado debido a la falta de alguna de estas herramientas?

Sin duda, lo que más nos ha afectado es la pérdida de tiempo por la inactividad debido a la falta de alguna herramienta para realizar alguna tarea. En ocasiones se ha tenido que detener un trabajo por más de 2 horas, mientras se compra esa herramienta

faltante y que llegue por medio de un mensajero o se vaya a retirar directamente donde se compró.

Todo esto conlleva con el cliente, que la entrega del vehículo se , y por supuesto, la pérdida económica, ya que se tuvo que una herramienta que ya había sido comprada anteriormente.

4. ¿Existe algún tipo de inventario de la herramienta especializada con la que la empresa cuenta actualmente?

Realmente no existe. En algún momento se llevaba anotado en una libreta manualmente las herramientas que se tenían, pero con el pasar del tiempo herramientas nuevas se compraron y no se anotaron, otras se extraviaron y al final esas notas quedaron totalmente desactualizadas.

5. ¿Cree que la implementación de un sistema de inventario de esa herramienta especializada y un control de acceso a este mejore la problemática?

Claro, pienso que lo que se necesita principalmente es orden, por lo tanto, si se implementa un sistema de control de acceso a esta herramienta, cada trabajador deberá de asegurarse de devolver toda la herramienta que tomó a su lugar correspondiente, y si eso está unido un inventario digital que se actualice constantemente, es muy fácil llevar el control de que no se pierda nada.

6. ¿Tiene alguna sugerencia o alguna idea específica que considere necesaria a tomar en cuenta en la implementación de un sistema de control de acceso e inventario a la herramienta especializada?

Me interesa bastante incluir algún método de aviso para cuando haya algún faltante de herramienta en el inventario, algún tipo de sistema que avise en tiempo real ojalá que se está usando y que no, y que al final del día me avise si alguna herramienta no fue devuelta.

7. ¿Finalmente, existe la posibilidad de tomar unas horas a la semana para capacitar al personal involucrado una vez se haya implementado el sistema en la empresa?

Claro, todo el tiempo necesario. Al final, ese poco tiempo y el dinero invertido en un corto plazo en la implementación de un sistema de control que nos ayude a solucionar los problemas que comentábamos, nos va a permitir ahorrar permanentemente todo el tiempo que se perdía por la falta alguna herramienta y el dinero que había que destinar para el reemplazo de estas.

Con base en los resultados obtenidos de la entrevista realizada al administrador en Centro de Servicios Rodaar, se evidencia que el área administrativa es totalmente consiente de la problemática que enfrenta la empresa y de las consecuencias que esta genera. Además, se pudo confirmar la prácticamente inexistencia de un inventario actualizado con las herramientas especializadas.

Algunos aspectos positivos es que se tomaron algunas sugerencias para incorporar en el sistema, como lo es un sistema de alerta en tiempo real si ocurro alguna anomalía. También

se cuenta con el visto bueno por parte del administrador para tomar unas horas a la semana para la capacitación del personal involucrado, una vez se implemente el sistema en la empresa.

#### 4.2.3 Resultados del cuestionario

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el proceso de entrevista.

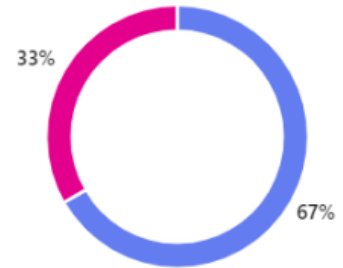
En el Anexo 2 se encuentra el cuestionario que fue realizado al jefe de mecánica y los dos mecánicos con los que cuenta Centro de Servicios Rodaar. En la *Ilustración 12* se pueden observar los resultados obtenidos.

#### **Ilustración 12.**

*Resultados de cuestionario*

1. Considera que las herramientas especializadas son accesibles para todos los trabajadores?

- Sí 2
- No 1



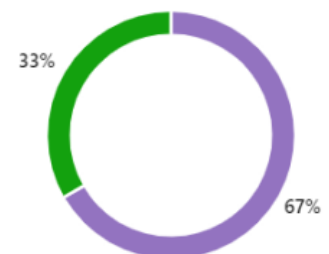
2. Ha presentado atrasos para trabajar por falta de herramienta especializada?

- Sí 3
- No 0



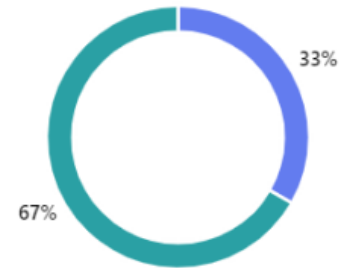
3. De cuánto tiempo ha sido el atraso por falta de herramienta generalmente?

- Menos de 15 minutos 0
- Entre 15 minutos y 30 minutos 0
- Entre 30 minutos y 1 hora 0
- Entre 1 y 2 horas 2
- Mayor a 2 horas 1



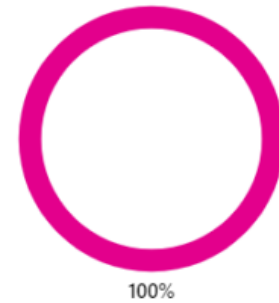
4. Informa al encargado del área si no cuenta con alguna herramienta necesaria para su trabajo?

● Siempre	1
● Nunca	0
● Algunas veces	2



5. Existe algún tipo de inventario o registro de la herramienta especializada que usted conozca?

● Sí	0
● No	3



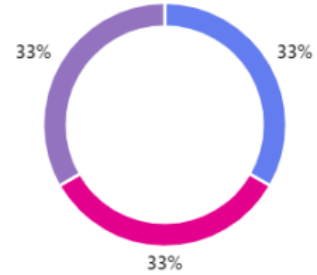
6. Cómo cree que impacte su trabajo la implementación de un sistema de control de acceso e inventario a la herramienta especializada?

● Positivamente	3
● Negativamente	0
● Neutral	0



7. Cuáles de los siguientes beneficios cree que pueda traer la implementación de un sistema de control de acceso e inventario de la herramienta especializada?

- Reducción de extravío de herramienta 1
- Reducción de atrasos en los trabajos 1
- Mejor organización de la herramienta 0
- Ahorro en tiempo de trabajo 1
- Ninguna de las anteriores 0



8. Está dispuesto a adaptarse a un nuevo sistema de control de acceso e inventario para la herramienta especializada?

- Sí 3
- No 0



9. Considera necesaria una capacitación para el uso correcto del posible sistema de control de acceso e inventario a implementar?

- Sí 3
- No 0



10. Tiene alguna sugerencia para mejorar el acceso o la disponibilidad de las herramientas dentro de la empresa?

**3**  
Responses

Latest Responses  
"No"  
"Crear un inventario"  
"Una aplicación"

11. Tiene algún comentario adicional que le gustaría se tome en cuenta?

**3**  
Responses

Latest Responses  
"No"  
"Ninguno"  
"no"

Fuente: Elaborado por el autor

De acuerdo con los resultados obtenidos en el cuestionario aplicado, se evidencian los problemas de pérdida de herramienta y atrasos que enfrentan los mecánicos de Centro de Servicios Rodaar.

Cabe resaltar que, según datos obtenidos, los trabajadores coinciden en que la implementación de un sistema de control e inventario para solucionar la problemática influye positivamente en sus trabajos y están dispuestos a adaptarse con apoyo de una capacitación, a un nuevo sistema para mejorarlo.

## **4.3 ANÁLISIS DE BRECHAS**

### **4.3.1 Retrasos en la operatividad**

Con base en los diferentes resultados obtenidos de las herramientas utilizadas para la recolección de datos, los retrasos en la operatividad de las tareas diarias por parte de los mecánicos de Centro de Servicios Rodaar, debido a la falta de herramienta especializada, es uno de los principales problemas que enfrenta la empresa.

Por esta razón, con la implementación de un sistema de control de acceso e inventario, el cual va a tener un inventario actualizado en tiempo real y un control de acceso a estas herramientas, se busca eliminar esta brecha.

#### **4.3.2 Pérdida de inventario**

Debido a que no existe un sistema que controle las herramientas que se utilizan y después se retornan o no, Centro de Servicios Rodaar ha experimentado una pérdida considerable de herramientas especializadas con el pasar de los años.

El presente proyecto con la implementación de un sistema de control en el cual van a existir datos en tiempo real de quien tiene cada herramienta y también un sistema de alerta que avise al encargado si falta alguna herramienta al final de cada jornada, permitirá minimizar o eliminar dicha brecha.

#### **4.3.3 Pérdidas económicas**

Asociado a la pérdida de inventario, la empresa ha incurrido en gastos de dinero no contemplados para reemplazar el inventario perdido con la compra de nueva herramienta especializada. Esto debido a que, si no se reemplaza dicha herramienta, algunas de las tareas no se podrían terminar.

La implementación de un sistema de control de acceso e inventario a la herramienta especializada, al reducir la pérdida de inventario va a reducir también en gran medida el gasto de dinero no contemplado para la compra de herramienta para reemplazo.

#### 4.4 COMPARACIÓN COMPONENTES

El componente principal para el proyecto a implementar es el microcontrolador, el cual es el encargado de recibir los datos de entrada, procesarlos, tomar decisiones y enviar los datos de salida respectivos. A continuación, se detallan dos de las opciones más utilizadas en el mercado.

##### Raspberry Pi

- Posee un procesador ARM multicore, semejante al de una computadora sencilla.
- Cuenta con un sistema operativo completo, lo que permite ejecutar programas más complejos, utilizar internet e instalar software.
- Tiene una memoria RAM entre 1 GB y 8 GB.
- Viene con variedad de puertos, como lo son USB, Wi-Fi, Ethernet, HDMI y Bluetooth.
- Cuenta con 40 pines GPIO para interactuar con hardware externo.

(Raspberry Pi Foundation, s.f.)

##### Arduino

- Posee microcontroladores AVR.
- No cuenta con sistema operativo, solo un entorno de programación que interactúa con el hardware.
- Tiene memoria un poco más limitada, por lo general entre 32 KB y 256 KB.

- No cuenta con conectividad a internet en la mayoría de los modelos, y tampoco tiene puertos USB de salida.
- Soporta hasta 54 pines digitales y cuenta con pines analógicos para leer por ejemplo sensores.

Para el diseño del sistema de control de acceso e inventario a implementar en Centro de Servicios Rodaar se utiliza el Raspberry Pi, principalmente por sus ventajas en cuanto a la capacidad de procesamiento, memoria y conectividad con respecto al Arduino.

(Arduino Documentation)

Otro componente importante en el diseño del proyecto es el sistema biométrico que se utiliza para el control de acceso a la herramienta especializada de la empresa. A continuación, se detallan algunos de los sistemas biométricos más utilizados en el mercado.

### **Reconocimiento de huellas dactilares**

- Se caracteriza por su alta precisión y fiabilidad.
- Se caracteriza por su velocidad en la autenticación.
- Es fácil de utilizar.
- El costo es relativamente bajo.
- Se puede ver afectado por daños o desgaste en los dedos.

(Anil K. Jain, 2004)

### **Reconocimiento facial**

- No es tan preciso como otros sistemas biométricos.

- Se puede ver afectado por muchos aspectos como la iluminación, ángulo, maquillaje, entre otros.
- Es fácil de implementar.
- Es de bajo costo.
- No requiere contacto.

(Anil K. Jain, 2004)

### **Reconocimiento del iris**

- Posee alta precisión y fiabilidad.
- Costo elevado.
- Requiere de equipos especializados.
- No requiere contacto.

(Anil K. Jain, 2004)

### **Reconocimiento de voz**

- No es tan preciso como otros sistemas biométricos.
- Es fácil de implementar
- Presenta vulnerabilidad a imitaciones de voz o grabaciones.
- No requiere contacto.

(Anil K. Jain, 2004)

Para el diseño del proyecto a implementar se utiliza el reconocimiento por medio de huella dactilar, ya que cumple con características importantes que se requieren en el sistema,

como lo son la alta precisión, fiabilidad y un costo bajo que se ajuste al presupuesto del proyecto.

## **CAPÍTULO V**

### **DISEÑO Y DESARROLLO DE PROYECTO**

---

En el presente capítulo se describe el proceso de diseño y desarrollo del proyecto, abarcando de manera detallada las fases que permitieron transformar una necesidad identificada en una solución práctica y funcional.

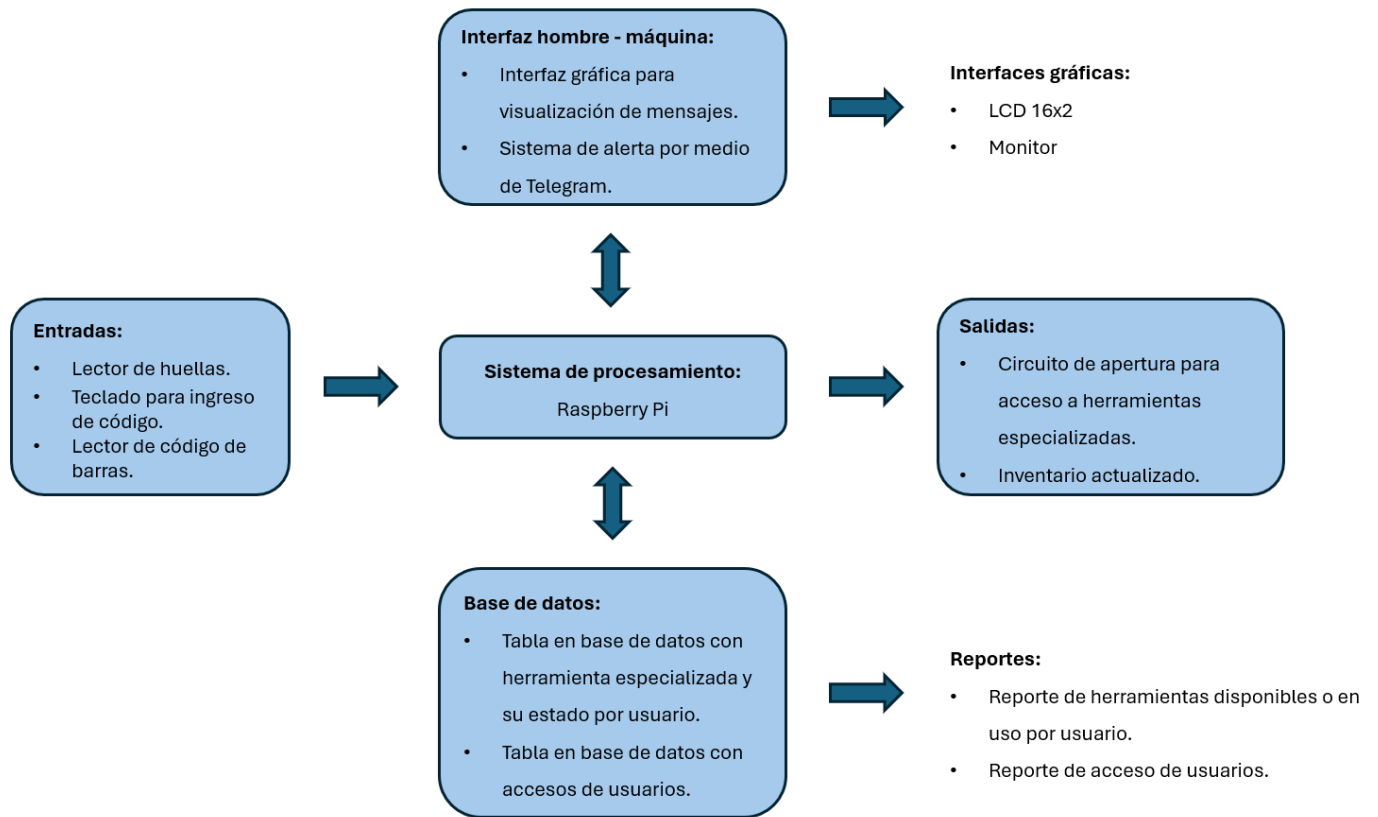
A partir del análisis realizado en Centro de Servicios Rodaar, se definió como prioridad el diseño e implementación de un sistema que permitiera mejorar el control de acceso y la gestión del inventario de herramientas especializadas.

## 5.1 ASPECTOS DE DISEÑO

Como solución a la problemática que enfrenta Centro de Servicios Rodaar, se plantea un diseño de un sistema para optimizar el control de acceso e inventario a las herramientas especializadas, mejorando la seguridad y la eficiencia operativa de la empresa. En la *Ilustración 13* puede observarse el diagrama de bloques del prototipo a implementar.

**Ilustración 13.**

*Diagrama de bloques del prototipo*



Fuente: Elaborado por el autor

La solución planteada iniciará con un lector de huellas dactilares y un código de acceso que se ingresará a través de un teclado. Las huellas y los códigos serán registrados previamente para cada empleado. Ambos dispositivos estarán vinculados a un Raspberry Pi 3, que se ocupará de manejar y almacenar toda la información requerida. A través de la programación dada al Raspberry Pi 3, se gestionará el control de acceso, permitiendo el uso de herramientas especializadas solamente a los usuarios con huellas y códigos que estén autorizados. Además, se incorporará una interfaz gráfica mediante un LCD de 16x2 que

mostrará mensajes de aceptación, rechazo o errores de acceso. Si se aprueba el acceso, se activará un circuito que abrirá la cerradura del cajón para permitir el uso de las herramientas.

Además, el Raspberry Pi 3 mantendrá una base de datos con el código de todas las herramientas especializadas almacenadas en el cajón. Para esto se utilizará la base de datos MariaDB y conectado al Raspberry Pi 3 habrá un lector de códigos de barras que los empleados utilizarán para registrar el código de cada herramienta que utilizarán, cambiando el estado a “herramienta en uso” en la base de datos. Al concluir el uso de cada herramienta, cada empleado deberá pasarla nuevamente por el lector de código de barras para actualizar su estado de “herramienta en uso” a “herramienta en stock”. La base de datos también guardará además del estado de la herramienta, información sobre la fecha, hora y los empleados que la utilizaron.

Como medida de seguridad, se implementará un sistema de alerta mediante Telegram. Para esto, se establecerá el horario laboral de la empresa y si el cajón con herramientas es abierto fuera de ese horario, se enviará un mensaje de alerta a la persona responsable. Además, se llevará a cabo una revisión del estado de las herramientas según el inventario y unos minutos antes de finalizar la jornada laboral, si alguna o varias herramientas están en estado de “herramienta en uso”, se enviará un mensaje de alerta con la lista correspondiente al encargado.

## 5.2 PROTOTIPO

El prototipo a implementarse integra funcionalidades que permiten registrar tanto el acceso de los usuarios como el retiro y devolución de las herramientas especializadas, lo cual permite llevar un seguimiento en tiempo real del inventario, y enviar reportes o alertas al administrador según se requiera, para facilitar el control y toma de decisiones administrativas. A

continuación, se detalla el hardware y software que se utiliza para el diseño e implementación del sistema.

a. Hardware

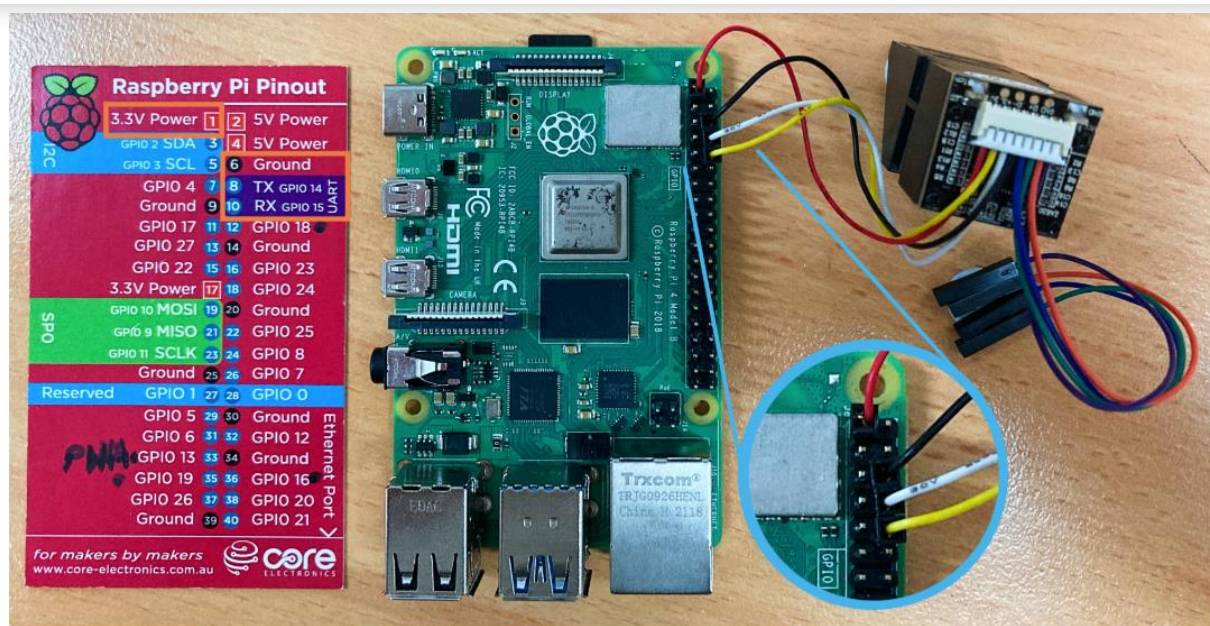
A continuación, se describe el hardware utilizado para el sistema a implementarse en la empresa Centro de Servicios Rodaar.

**Lector de huellas dactilares**

Lee y almacena las huellas dactilares de los usuarios autorizados. En la *Ilustración 14* puede observarse la conexión física del lector de huellas.

**Ilustración 14.**

*Conexión física del lector de huellas dactilares*



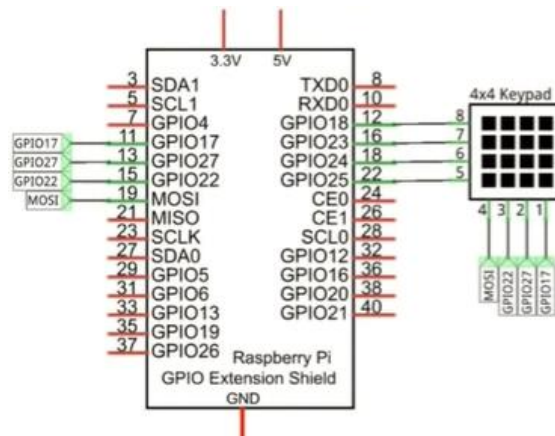
Fuente: (Core Electronics, s.f.)

## Teclado matricial

Utilizado para ingresar códigos de acceso de 4 dígitos de los usuarios autorizados. En la *Ilustración 15* puede observarse la conexión física del teclado matricial.

### Ilustración 15.

*Conexión física del teclado matricial*



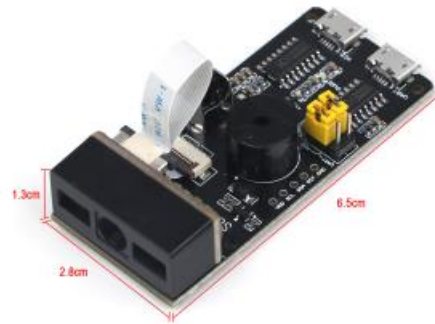
Fuente: (Thinking of Pi, s.f.)

## Lector de código de barras

Registra y lee el código de barras asignado a cada herramienta especializada. En la *Ilustración 16* puede observarse el lector de código de barras que se utiliza, el modelo MH-ET LIVE Scanner v3.0 el cual se conecta al Raspberry Pi mediante puerto USB.

### Ilustración 16.

*Lector de código de barras*



Fuente: (CRCibernética, s.f.)

### Raspberry Pi 3

Recibe señales, almacena información, ejecuta acciones y envía señales de salida. En la *Ilustración 17* puede observarse el Raspberry Pi 3 Modelo B que se utiliza en el proyecto.

### *Ilustración 17.*

*Raspberry Pi 3*



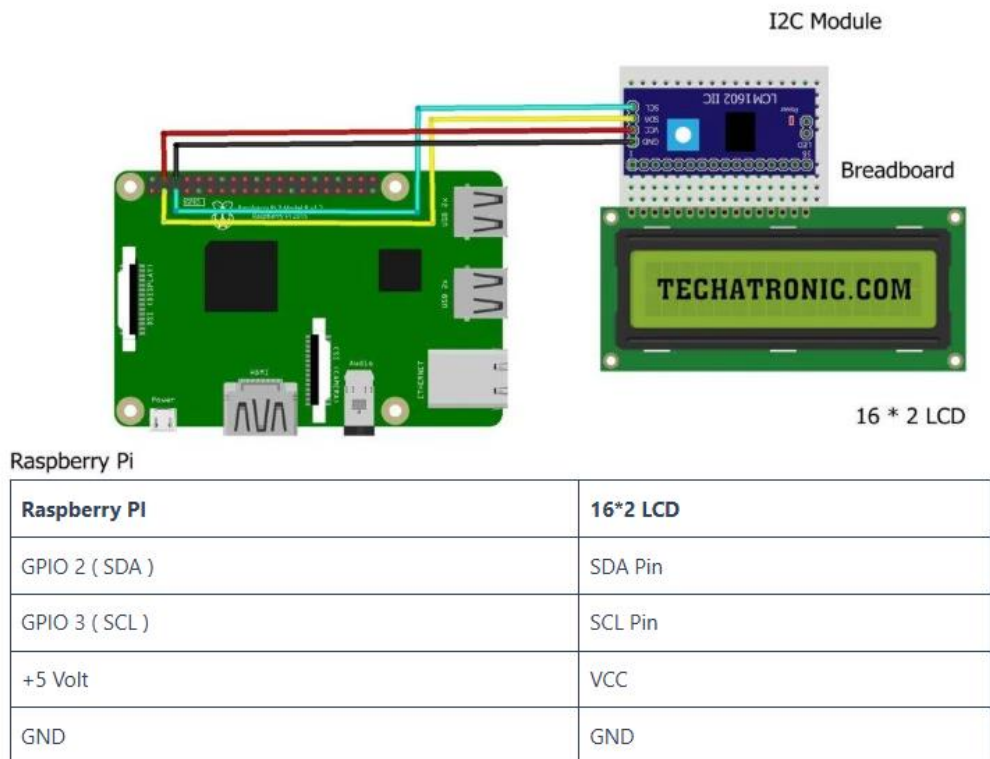
Fuente: (Raspberry Pi Foundation, s.f.)

## LCD 16x2 + I2C

Muestra mensajes de aceptación, rechazo o advertencias en el acceso y lectura de códigos de barras. En la *Ilustración 18* puede observarse la conexión del LCD con su módulo I2C al Raspberry Pi.

### Ilustración 18.

*Conexión física del LCD 16x2 + Modulo I2C al Raspberry Pi*



Fuente: (TECHATRONIC, s.f.)

## Monitor

Muestra las interfaces para ejecutar acciones que solamente el personal administrativo tiene acceso. Se conecta al Raspberry Pi por medio de puerto HDMI.

### **Teclado**

Permite la interacción con las interfaces mostradas en el monitor para ejecutar acciones. Se conecta al Raspberry Pi por medio de puerto USB.

### **Mouse**

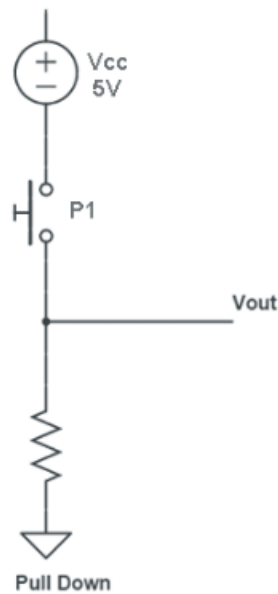
Permite la interacción con las interfaces mostradas en el monitor para ejecutar acciones. Se conecta al Raspberry Pi por medio de puerto USB.

### **Circuito de apertura con cerraduras y botones**

Se utiliza un circuito pull-down con sus respectivas cerraduras y botones para abrir o cerrar el cajón con las herramientas especializadas, según indicación enviada por el Raspberry Pi. En la *Ilustración 19* puede observarse en detalle el circuito pull down.

### **Ilustración 19.**

*Circuito pull-down*



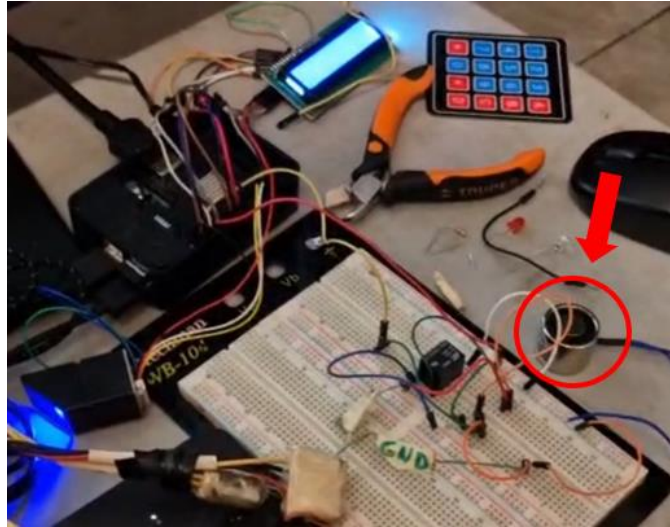
Fuente: (Raspberry Pi Forums, n.d.)

### Prototipo del sistema

Para el armado del prototipo, fue necesario preliminarmente realizar la comprobación del funcionamiento de cada dispositivo o componente por separado, inclusive con un código para cada uno de ellos. Una vez verificado el correcto funcionamiento, se procedió a unir por secciones de los componentes hasta llegar a formar el sistema final, tanto la parte de hardware como la parte de software. En todo este proceso se tuvieron que ir probando cuales eran las librerías óptimas para trabajar con cada dispositivo, siendo que se tuvo que ir ajustando el código para que realizara diferentes ejecuciones a la vez, se probaron 2 tipos de cerraduras, dado que la primera no soportaba el peso de la puerta del cajón en donde están las herramientas especializadas y por último se hicieron pruebas en sitio para garantizar el correcto funcionamiento del prototipo. En las siguientes ilustraciones puede observarse el proceso de construcción hasta llegar al prototipo final.

## Ilustración 20.

### *Prototipo del sistema Etapa 1*

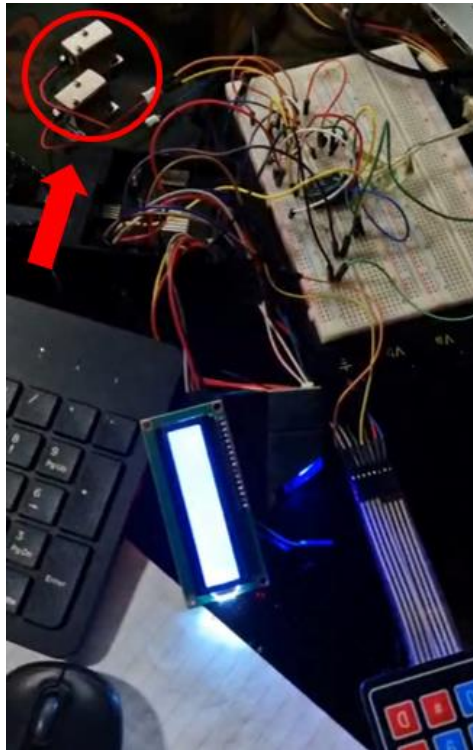


Fuente: Elaborado por el autor

En la *Ilustración 20* puede observarse los dispositivos que transmiten las señales de entrada conectados al sistema, así como la pantalla LCD, el circuito de apertura y señalado en rojo la **primera cerradura** utilizada, la cual se tuvo que cambiar mas adelante ya que no soportaba el peso de la puerta del cajón metálico en donde se guardan las herramientas especializadas.

## Ilustración 21.

### *Prototipo del sistema Etapa 2*

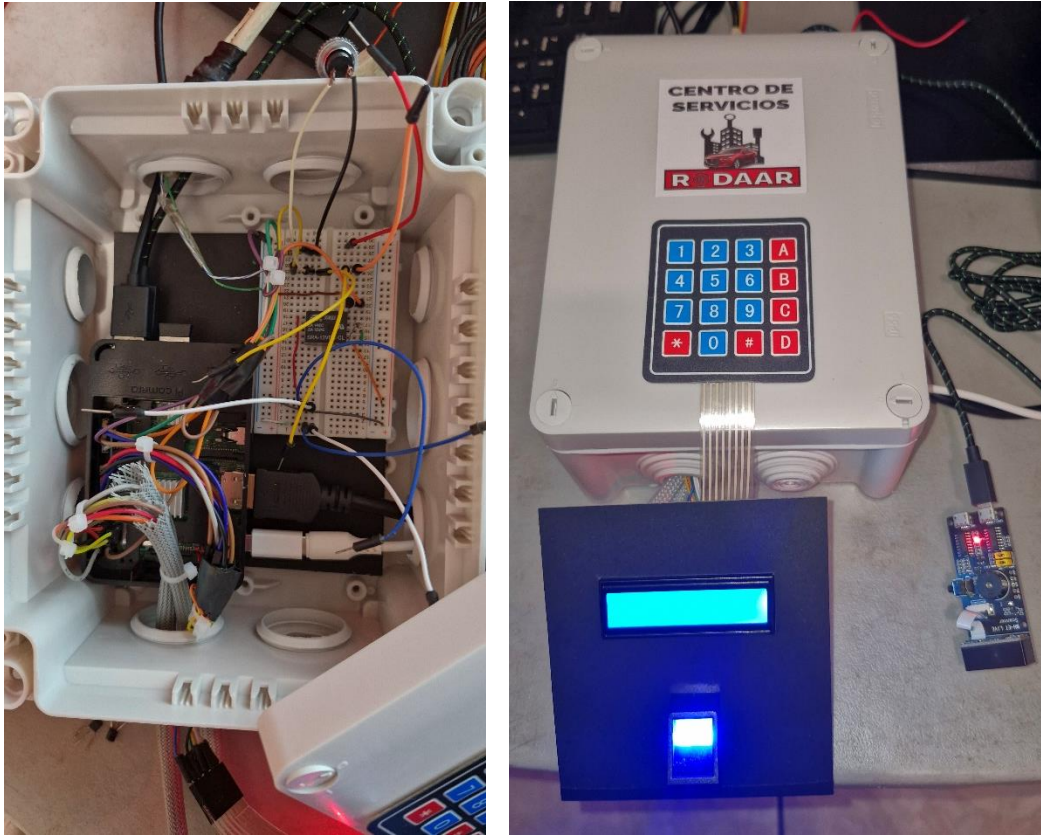


Fuente: Elaborado por el autor

En la *Ilustración 21* pueden observarse los dispositivos que transmiten las señales de entrada conectados al sistema, así como la pantalla LCD, el circuito de apertura y señalado en rojo la **segunda cerradura** utilizada, la cual es una cerradura de puerta solenoide de 12V y es la definitiva para el prototipo.

## **Ilustración 22.**

*Prototipo del sistema Etapa 3*



Fuente: Elaborado por el autor

En la *Ilustración 22* puede observarse el prototipo en su última etapa. Para una mejor presentación y fácil implementación en sitio, se trasladó el circuito de apertura a una protoboard más pequeña y en conjunto con el Raspberry se colocó en una caja, dejando los cables necesarios para la conexión de dispositivos fuera de esta. Además, se creó un pequeño panel con el lector de huellas dactilares y la pantalla LCD.

b. Software

A nivel de software, el programa desarrollado para el proyecto se realiza utilizando el lenguaje de programación Python, el cual es compatible con el Raspberry Pi 3 utilizado en el prototipo propuesto.

El sistema se desarrolló para que sin necesidad de un monitor, teclado y mouse, los mecánicos de Centro de Servicios Rodaar puedan acceder a las herramientas especializadas, ya sea mediante lectura de huella dactilar o ingresando un código de verificación de 4 dígitos mediante el teclado matricial. La idea es que el acceso a las herramientas sea rápido y eficiente, por lo que estos dos métodos de control de acceso y el lector de códigos de barra para el control de la salida y entrada de las herramientas, estarán activos permanentemente y en paralelo. Además, para la visualización de mensajes de aceptación, rechazo o advertencias se colocó una pantalla LCD que muestra este tipo de mensajes a los mecánicos de la empresa. En la *Ilustración 23* puede observarse una sección del código en donde se muestra la programación de estas tareas mediante la ejecución de hilos para lograr su funcionamiento en paralelo.

**Ilustración 23.**

*Hilos lectores de huella, código de barra y código de acceso*

```
#Hilos
tareas_monitorizacion_huella = threading.Thread(target=monitorizar_acceso_huella, daemon=True)
tareas_monitorizacion_huella.start ()

tareas_monitorizacion_codigo_acceso = threading.Thread(target=monitorizar_acceso_codigo, daemon=True)
tareas_monitorizacion_codigo_acceso.start ()

tareas_monitorizacion_codigo_barra = threading.Thread(target=monitorizar_lectura_codigo_barra, daemon=True)
tareas_monitorizacion_codigo_barra.start ()

tareas_programadas_thread = threading.Thread(target=ejecutar_tareas_programadas, daemon=True)
tareas_programadas_thread.start ()
```

Fuente: Elaborado por el autor

Seguidamente, en la *Ilustración 24, 25 y 26* se muestra una sección del código desarrollado para las funciones antes mencionadas.

#### Ilustración 24.

*Sección de código de lectura de huella dactilar*

```
#Funcion para desbloquear sistema mediante huella
def desbloqueo_huella():
    if finger.finger_id >= 0:
        try:
            conn = conectar_base_datos()
            cursor = conn.cursor()
            query = "SELECT usuario FROM usuarios WHERE huella_id = %s"
            cursor.execute(query, (finger.finger_id,))
            resultado = cursor.fetchone()
            if resultado:
                nombre = resultado[0]
                lcd.clear()
                mover_texto_lcd(f"ACCESO A {nombre}",delay=0.1)
                time.sleep(3)
                lcd.clear()
                lcd.write_string("ESPERANDO SIGUIENTE ACCION")
                time.sleep(1)
                lcd.clear()
                registrar_acceso(nombre, "Huella")
            else:
                lcd.clear()
                mover_texto_lcd("HUELLA NO DETECTADA",delay=0.1)
                time.sleep(3)
                lcd.clear()
                lcd.write_string("ESPERANDO SIGUIENTE ACCION")
                time.sleep(1)
                lcd.clear()
        except mysql.connector.Error as err:
            print(f"Error al acceder a la base de datos: {err}")
    else:
        lcd.clear()
        lcd.write_string("HUELLA NO DETECTADA")
        time.sleep(3)
        lcd.clear()
        lcd.write_string("ESPERANDO SIGUIENTE ACCION")
        time.sleep(1)
        lcd.clear()
```

Fuente: Elaborado por el autor

En la *Ilustración 24* se muestra la función que realiza la comparación de la huella dactilar leída por el lector con las huellas dactilares guardadas previamente. Además, la programación para que muestre los mensajes de acceso correspondientes en el LCD 16x2.

Esta función es llamada más adelante por otra en donde se activa la cerradura para que el cajón con las herramientas especializadas se abra.

## Ilustración 25.

*Sección de código de lectura de código de acceso*

```
#Funcion para verificar codigo de 4 digitos y abrir cerradura
def abrir_cerradura(codigo):
    try:
        conn = conectar_base_datos()
        cursor = conn.cursor()
        query = "SELECT usuario FROM usuarios WHERE codigo = %s"
        cursor.execute(query, (codigo,))
        resultado = cursor.fetchone()
        if resultado:
            nombre = resultado[0]
            lcd.clear()
            mover_texto_lcd(f"ACCESO A {nombre}",delay=0.1)
            time.sleep(3)
            lcd.clear()
            lcd.write_string("ESPERANDO SIGUIENTE ACCION")
            time.sleep(1)
            lcd.clear()
            # Registrar el acceso
            registrar_acceso(nombre, "Código")

            # Cambiar estado de la cerradura y botón
            GPIO.output(26, GPIO.HIGH)
            time.sleep(1)

            # Desactivar el botón
            while GPIO.input(13) == GPIO.HIGH:
                time.sleep(0.1)

            # Esperar hasta que el botón sea presionado para cerrar la cerradura
            while GPIO.input(13) == GPIO.LOW:
                time.sleep(0.1)

            # Una vez que el botón vuelva a ser presionado, cerramos la cerradura
            GPIO.output(26, GPIO.LOW)

        else:
            lcd.clear()
            mover_texto_lcd("CODIGO NO REGISTRADO",delay=0.1)
            time.sleep(3)
            lcd.clear()
            lcd.write_string("ESPERANDO SIGUIENTE ACCION")
            time.sleep(1)
            lcd.clear()
            GPIO.output(26, GPIO.LOW)
    except mysql.connector.Error as err:
        print(f"Error al acceder a la base de datos: {err}")
```

Fuente: Elaborado por el autor

En la *Ilustración 25* se muestra la función que realiza la comparación del código de acceso de 4 dígitos ingresado por medio del teclado matricial con los códigos de acceso previamente guardados. Si el acceso es correcto, en esta misma función se envía la indicación a los pines respectivos del Raspberry Pi para que la cerradura del cajón se abra, y una vez que las puertas de este cierran y toquen los botones, la cerradura va a cerrar. También se encuentra la programación para que muestre los mensajes de acceso correspondientes en el LCD 16x2.

### **Ilustración 26.**

*Sección de código de lectura de código de barra*

```

# Si es después de las 7:30 AM, verificar el estado del objeto
if hora_actual >= hora_limite:
    encontrado = False
    for nombre, info in codigos.items():
        if info['codigo'] == codigo:
            # Si el objeto está en stock, pasamos a "en uso", y viceversa
            if info['estado'] == 'en stock':
                nuevo_estado = 'en uso'
            elif info['estado'] == 'en uso':
                nuevo_estado = 'en stock'
            else:
                print(f"Estado desconocido: {info['estado']}. No se puede cambiar.")
                return

            # Se registra el inventario con el usuario
            if ultimo_usuario is None:
                return

            registrar_inventario(nombre, codigo, nuevo_estado, ultimo_usuario)

            # Actualizar el estado localmente
            info['estado'] = nuevo_estado
            encontrado = True

            # Guardar los cambios en el archivo
            guardar_codigos(codigos)

            # Mostrar en la LCD con desplazamiento
            mostrar_info_lcd(codigo, nombre, nuevo_estado)
            time.sleep(3)
            lcd.clear()
            lcd.write_string("ESPERANDO SIGUIENTE ACCION")
            time.sleep(1)
            lcd.clear()
            break

    if not encontrado:
        lcd.clear()
        mover_texto_lcd("CODIGO DE BARRA NO ENCONTRADO", delay=0.1)
        time.sleep(1) # Mostrar mensaje de error en la LCD
        lcd.clear()
        lcd.write_string("ESPERANDO SIGUIENTE ACCION")
        time.sleep(1)
        lcd.clear()
else:
    lcd.clear()
    lcd.write_string("AUN NO ES HORA DE INICIAR")
    time.sleep(1)
    lcd.clear()
    lcd.write_string("ESPERANDO SIGUIENTE ACCION")
    time.sleep(1)
    lcd.clear()

```

Fuente: Elaborado por el autor

En la *Ilustración 26* se muestra una sección de la función que realiza la lectura de los códigos de barra de las herramientas, y con base en el estado de esa herramienta lo actualiza en la base de datos como herramienta en stock o en uso, lo cual permite mantener el inventario

actualizado. Además, muestra la programación de los mensajes correspondientes en el LCD 16x2.

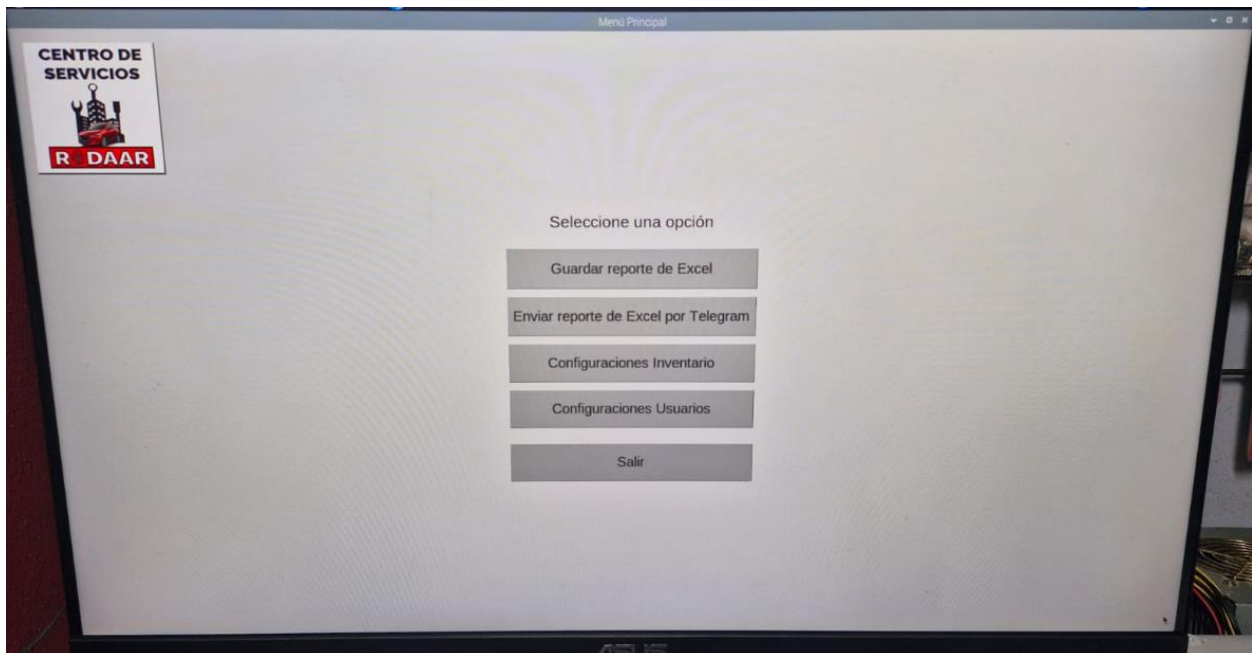
Por otro lado, para tareas que se realizan con menos frecuencia y que solamente las hace el personal administrativo, se crearon tres interfaces mediante la librería de Tkinter con diferentes funciones. A continuación, se detalla cada una de ellas.

### **Interfaz Principal**

En la Interfaz Principal se encuentran los botones para redirigirse a las interfaces de Configuraciones Usuarios y Configuraciones Inventario, las cuales cuentan con funciones más específicas en estas dos áreas. Además, se encuentra un botón para guardar el inventario actualizado en una tabla de Excel, y otro botón para enviar esta tabla por medio de Telegram. En la *Ilustración 27* puede observarse la Interfaz Principal del sistema.

### **Ilustración 27.**

#### *Interfaz principal del Sistema*



Fuente: Elaborado por el autor

Para el formato de la tabla de Excel se utilizó la librería openpyxl, la cual permitió alinear el texto y ajustar el ancho de las columnas de la tabla, según el contenido para una mejor visualización. En la *Ilustración 28* puede observarse una sección del código en donde programan estos ajustes.

### Ilustración 28.

#### Sección de código Interfaz principal

```
# Función para exportar la tabla "inventario" de la base de datos a un archivo Excel
def exportar_inventario_a_excel():
    try:
        conn = conectar_base_datos()
        query = "SELECT nombre, codigo, estado, fecha_registro, usuario FROM inventario"
        df = pd.read_sql(query, conn)
        conn.close()

        # Convertir la columna 'fecha_registro' a formato de texto con fecha y hora
        df['fecha_registro'] = df['fecha_registro'].dt.strftime('%Y-%m-%d %H:%M:%S') # Formato YYYY-MM-DD HH:MM:SS

        # Guardar el DataFrame en un archivo Excel
        df.to_excel("inventario.xlsx", index=False, engine='openpyxl')

        # Cargar el archivo Excel para ajustar el ancho de las columnas y alinear el texto
        wb = load_workbook("inventario.xlsx")
        ws = wb.active

        # Ajustar el ancho de las columnas según el contenido
        for col in ws.columns:
            max_length = 0
            column = col[0].column_letter # Obtener la letra de la columna
            for cell in col:
                try:
                    if len(str(cell.value)) > max_length:
                        max_length = len(cell.value)
                except:
                    pass
            adjusted_width = (max_length + 10) # Agregar un pequeño margen
            ws.column_dimensions[column].width = adjusted_width

        # Alinear todas las celdas de la columna a la izquierda
        for cell in col:
            cell.alignment = Alignment(horizontal='left')

        # Guardar el archivo con los ajustes de ancho de columna y alineación
        wb.save("inventario.xlsx")

        messagebox.showinfo("Éxito", f"La tabla de inventario ha sido guardada")
    except mysql.connector.Error as err:
        messagebox.showerror("Error", "Hubo un problema al guardar la tabla inventario a Excel.")

messagebox.showinfo("Informativo", "Esperando siguiente acción...")
```

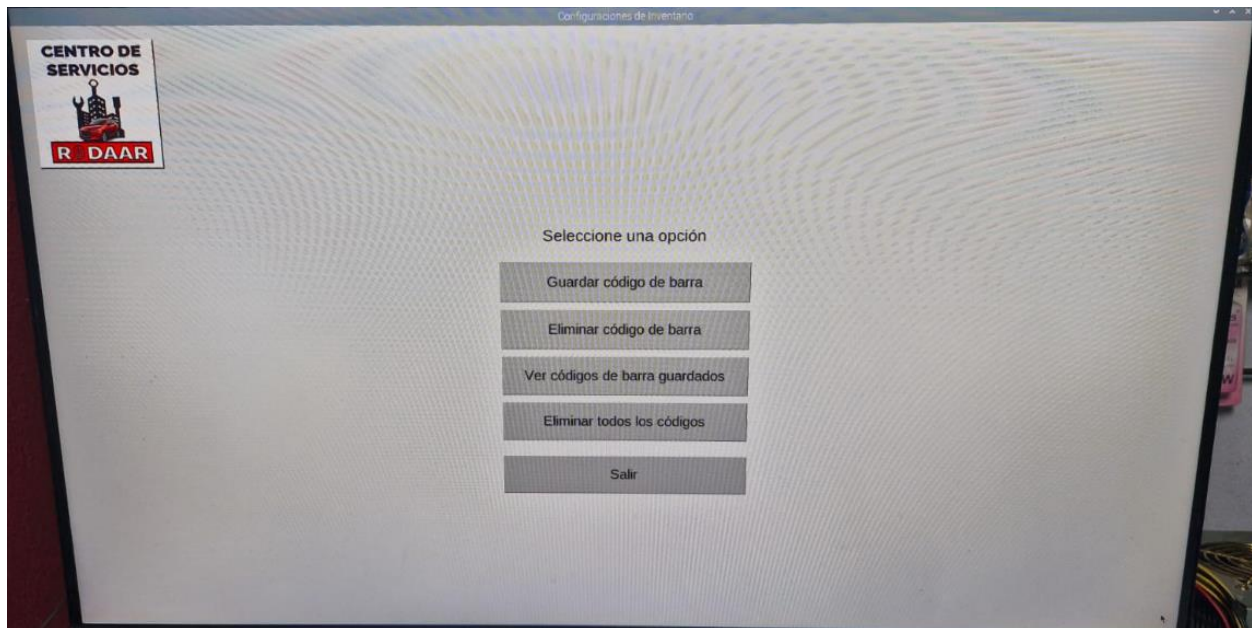
Fuente: Elaborado por el autor

## Interfaz Configuraciones Inventario

La Interfaz Configuraciones Inventario es una interfaz secundaria que nos permite realizar funciones específicas relacionadas directamente con el inventario, son funciones que se realizan con menos frecuencia y que solamente el personal administrativo de la empresa las puede realizar. En esta interfaz encontramos botones para guardar o eliminar un nuevo código de barra de una herramienta, ver todos los códigos de barra guardados o eliminar estos. En la *Ilustración 29* puede observarse la Interfaz Configuraciones Inventario.

### Ilustración 29.

*Interfaz Configuraciones Inventario*



Fuente: Elaborado por el autor

Para la programación de la interfaz se utilizó la librería Tkinter, en la *Ilustración 30* puede observarse una sección del código que muestra esta programación.

### Ilustración 30.

### Sección de código Interfaz Configuraciones Inventario

```
# Configuración de la ventana Inventario de la interfaz gráfica
ser = serial.Serial('/dev/ttyAMA0', 9600) # Configuración del puerto serial

codigos = cargar_codigos()

root = tk.Tk()
root.title("Configuraciones de Inventario")

# Obtener el tamaño de la pantalla
screen_width = root.winfo_screenwidth()
screen_height = root.winfo_screenheight()

# Ajustar la ventana al tamaño de la pantalla
root.geometry(f"{screen_width}x{screen_height}")

# Centrar la ventana en la pantalla
root.update_idletasks()
x = (root.winfo_screenwidth() // 2) - (root.winfo_width() // 2)
y = (root.winfo_screenheight() // 2) - (root.winfo_height() // 2)
root.geometry(f"+{x}+{y}")

# Cargar la imagen
background_image = Image.open("/home/marcovva/Descargas/RODAAR.jpeg")

# Ajustar el tamaño de la imagen
background_image = background_image.resize((200, 200))
background_photo = ImageTk.PhotoImage(background_image)

# Crear un widget Label para la imagen (en la esquina superior izquierda)
background_label = tk.Label(root, image=background_photo)
background_label.place(x=20, y=20)

# Crear un marco para los widgets centrados
frame = tk.Frame(root)
frame.pack(expand=True)

# Etiqueta en la ventana
label = tk.Label(frame, text="Seleccione una opción", font=("Arial", 20))
label.pack(pady=20)
```

Fuente: Elaborado por el autor

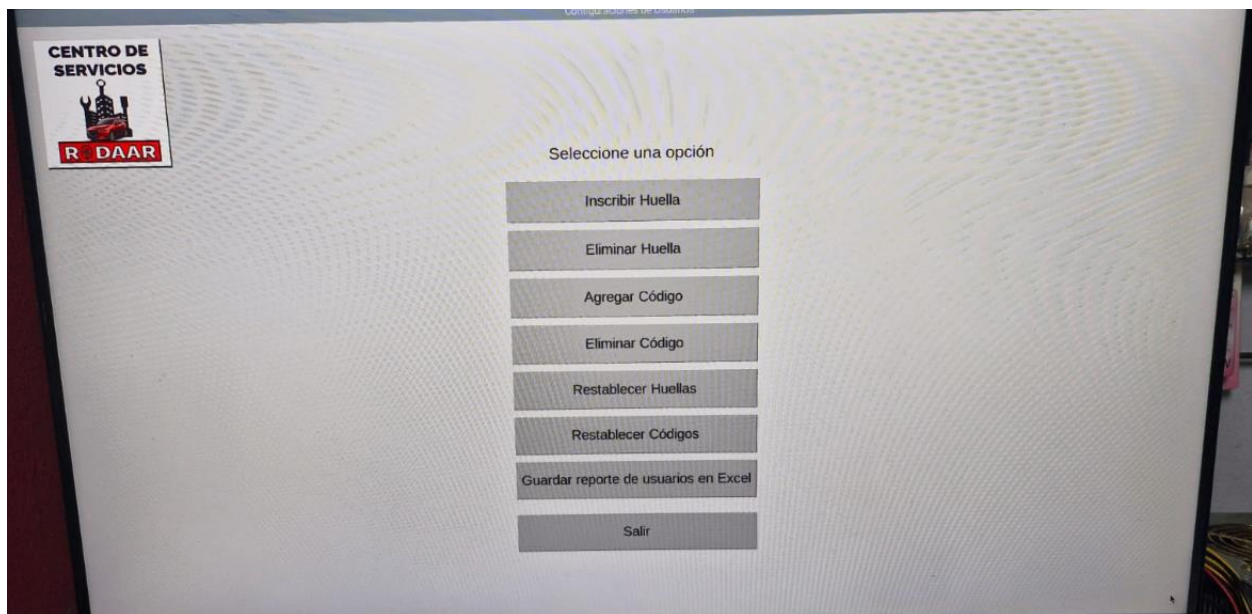
### Interfaz Configuraciones Usuarios

La Interfaz Configuraciones Usuarios es similar a la de Configuraciones Inventario en cuanto a que es una interfaz secundaria, y que se utiliza para funciones específicas realizadas solamente por el personal administrativo, solo que en este caso es enfocada en funciones relacionadas a los usuarios que utilizan el sistema. Esta interfaz es la más grande del sistema y permite realizar funciones como inscribir o eliminar huellas dactilares de usuarios, agregar o

eliminar sus códigos de acceso de 4 dígitos. También permite reestablecer las huellas o los códigos de acceso en caso de ser necesario, y por último, tiene un botón con la opción de guardar una tabla de Excel con el registro del acceso al sistema por parte de los usuarios. En la *Ilustración 31* puede observarse más a detalle la Interfaz Configuraciones Usuarios.

### **Ilustración 31.**

#### *Interfaz Configuraciones Usuarios*



Fuente: Elaborado por el autor

Para la programación del teclado matricial que se necesita para ingresar el código de acceso de 4 dígitos, se utiliza la librería de GPIO. En la *Ilustración 32* puede observarse la programación del teclado para el ingreso de los códigos, y posteriormente las funciones para agregar un nuevo código a la base de datos.

## Ilustración 32.

### Sección de código de Interfaz Configuraciones Usuario

```
#Funcion para leer una tecla presionada en el teclado matricial
def leer_tecla():
    for i in range(4): # Recorrer las filas
        GPIO.output(ROWS[i], GPIO.LOW) # Activar la fila (ponerla en bajo)
        for j in range(4): # Recorrer las columnas
            if GPIO.input(COLS[j]) == GPIO.LOW: # Si se presiona una tecla
                sleep(0.2) # Esperar un momento para evitar lecturas múltiples
                GPIO.output(ROWS[i], GPIO.HIGH) # Desactivar la fila
                return keys[i][j] # Devolver la tecla correspondiente
        GPIO.output(ROWS[i], GPIO.HIGH) # Desactivar la fila
    return None # Si no hay tecla presionada

#Función para ingresar un código de 4 dígitos con el teclado matricial
def ingresar_codigo():
    codigo_ingresado = ""

    messagebox.showinfo("Codigo requerido", "Ingresar un código de 4 dígitos.")

    while len(codigo_ingresado) < 4:
        tecla = leer_tecla() # Obtener la tecla presionada

        if tecla is not None: # Si una tecla fue presionada
            codigo_ingresado += tecla # Agregar al código ingresado

        sleep(0.1)

    return codigo_ingresado
    messagebox.showinfo("Informativo", f"Código ingresado: {nombre}")

#Función para agregar nuevos códigos de acceso
def agregar_codigo():
    nombre = simpledialog.askstring("Nombre requerido", "Ingrese el nombre de la persona:")
    if nombre:
        nuevo_codigo = ingresar_codigo()
        try:
            conn = conectar_base_datos()
            cursor = conn.cursor()
            query = "INSERT INTO usuarios (usuario, codigo) VALUES (%s, %s)"
            cursor.execute(query, (nombre, nuevo_codigo))
            conn.commit()
            cursor.close()
            conn.close()
            messagebox.showinfo("Éxito", f"Nuevo código para {nombre} agregado.")
        except mysql.connector.Error as err:
            messagebox.showerror("Error", "Error al agregar el código")
```

Fuente: Elaborado por el autor

### 5.3 IMPLEMENTACIÓN

Una vez finalizada la parte tanto de hardware como software del prototipo, se continúa con la etapa de implementación en sitio del sistema. En la *Ilustración 33* puede observarse el cajón existente en Centro de Servicios Rodaar en el que se realizará la instalación del sistema de control de acceso e inventario a herramientas especializadas.

#### Ilustración 33.

*Cajón existente para implementar sistema*



Fuente: Elaborado por el autor

Para la apertura y cierre del cajón se instaló una cerradura en cada puerta y 2 botones en la parte central del cajón, de modo que cuando las puertas sean cerradas estos sean presionados y transmitan la señal de que el cajón ha sido cerrado al sistema, el cual cerrará

automáticamente las cerraduras de las puertas. En la *Ilustración 34* puede observarse la instalación de las cerraduras y los botones en el cajón.

**Ilustración 34.**

*Instalación de cerraduras y botones en el cajón*



Fuente: Elaborado por el autor

Posteriormente se hizo el cableado desde las cerraduras y los botones instalados hasta el circuito pull down del prototipo realizado anteriormente, y se pintó el cajón para una mejor presentación. En la *Ilustración 35* puede observarse el cajón pintado.

**Ilustración 35.**

*Cajón de herramientas pintado*

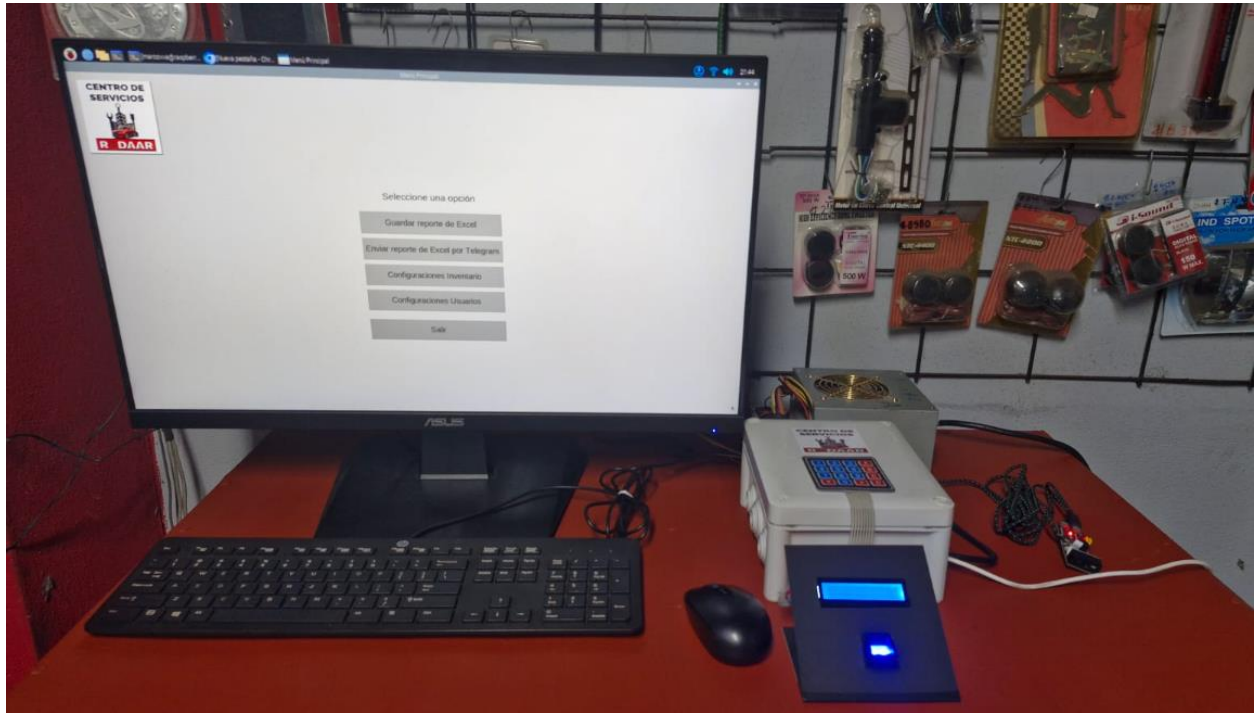


Fuente: Elaborado por el autor

Por último, se colocó sobre el cajón la fuente de alimentación, el prototipo realizado con sus respectivos lectores de huella y código de barra para el acceso y actualización constante de inventario respectivamente, también su teclado matricial para el ingreso de códigos de acceso y su pantalla LCD para la visualización de mensajes. Además, se colocó un monitor, teclado y mouse para el uso de las funciones que se realizan por medio de las interfaces del sistema. En las *Ilustraciones 36 y 37* puede observarse la implementación final del sistema.

### **Ilustración 36.**

*Colocación de fuente de alimentación, prototipo y periféricos*



Fuente: Elaborado por el autor

**Ilustración 37.**

*Implementación final del sistema*



Fuente: Elaborado por el autor

## **5.4 DEPURACIÓN Y RESULTADOS**

En la etapa de diseño del prototipo, se presentó un problema con el primer método de cerradura que se probó para utilizar en el cajón, se conectó un electroimán con la intención de

que cuando se le transmitiera corriente, este generará la suficiente fuerza de atracción para mantener las puertas del cajón cerradas. Sin embargo, este método no funcionó debido a que era un electroimán pequeño y las puertas del cajón son de un tamaño considerable y pesadas.

Como solución a esta problemática, se cambió el sistema para utilizar una cerradura solenoide, la cual se activa o desactiva de acuerdo con la señal enviada por el sistema, esta cerradura no funciona por fuerza de atracción como el electroimán, por lo tanto, no se tuvo el problema del peso de las puertas y se logró el funcionamiento correcto que se necesitaba. En la *Ilustración 38* puede observarse el electroimán utilizado, y en la *Ilustración 39* puede apreciarse la cerradura solenoide.

**Ilustración 38.**

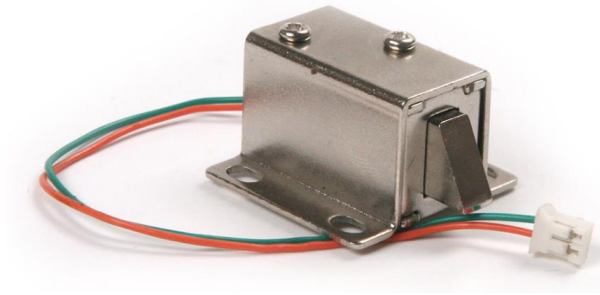
*Electroimán para puertas de cajón*



Fuente: (CRCibernética, s.f.)

**Ilustración 39.**

*Cerradura Solenoide para puertas de cajón*



Fuente: (CRCibernética, s.f.)

A nivel de software se tuvo un problema con los hilos de las diferentes tareas que estaban activas permanentemente y en paralelo. El problema se daba debido a que en la interfaz principal había hilos que utilizaban componentes como los lectores que estaban activos permanente, y cuando se ingresaba a una interfaz secundaria y se intentaba ejecutar una función que utilizara estos mismos componentes, el sistema no respondía de la manera correcta.

Como solución a lo anterior, se programó una función para que cada vez que se ingrese a una de las interfaces secundarias, todas las tareas activas de la interfaz principal se desactiven, lo cual permite que las ejecuciones que se realicen desde las interfaces secundarias se ejecuten de la manera correcta. En la *Ilustración 40* puede observarse la sección de código con la función para detener procesos.

#### **Ilustración 40.**

*Sección de código con función para detener procesos*

```
def detener_procesos(nombre_proceso):  
    try:  
        proceso = subprocess.run(['pgrep', '-f', nombre_proceso], capture_output=True, text=True, check=True)  
        pids = proceso.stdout.split()  
  
        for pid in pids:  
            proceso = psutil.Process(int(pid))  
            proceso.terminate()  
  
    except subprocess.CalledProcessError as e:  
        messagebox.showerror("Error", "Error al detener procesos")
```

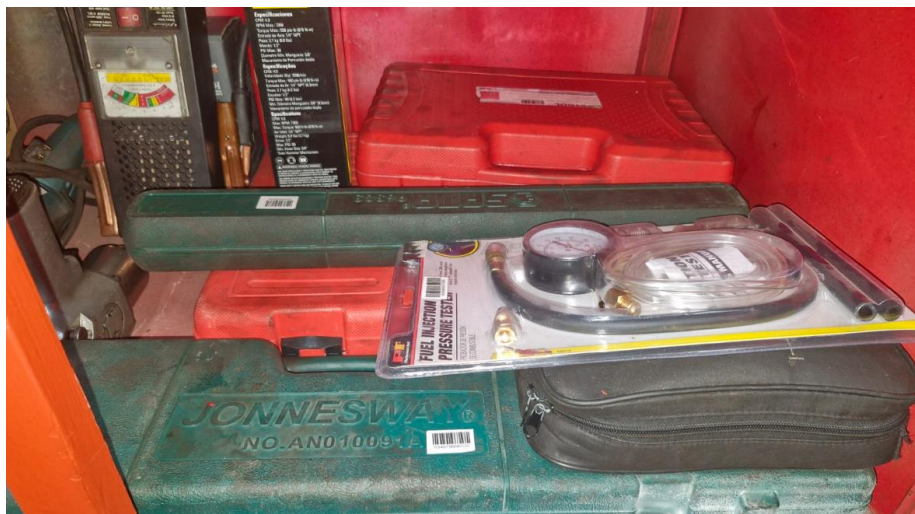
Fuente: Elaborado por el autor

Como parte de los detalles finales, con el sistema completamente instalado en sitio, se procede a guardar la huella dactilar del personal de Centro de Servicios Rodaar que va a tener acceso al sistema, y también se realiza la asignación de códigos de acceso para el mismo fin.

Por otro lado, se realiza el etiquetado de cada una de las herramientas especializadas que se guardan en el cajón y el respectivo registro en la base de datos. En la *Ilustración 41* pueden observarse algunas de las herramientas con su código de barra colocado.

#### Ilustración 41.

*Códigos de barra en herramienta*



Fuente: Elaborado por el autor

Como parte de las tareas finales, también se configuró el celular del administrador de la empresa para que reciba los reportes de inventarios por medio de Telegram cuando los solicite desde el sistema. Además, para que reciba todos los mensajes de alerta en caso de imprevistos o anomalías. En la *Ilustración 42* puede observarse una sección del código en la cual se programa el envío del inventario por Telegram.

### Ilustración 42.

*Sección de código Interfaz principal (Telegram)*

```
# Función para exportar y enviar el archivo de Excel por Telegram
def exportar_y_enviar_excel():
    try:
        # Exportar los datos a un archivo Excel
        exportar_inventario_a_excel()

        # Enviar el archivo Excel por Telegram
        bot = telepot.Bot(TELEGRAM_TOKEN)

        # El archivo se encuentra en la misma carpeta donde se corrió el script
        file_path = "inventario.xlsx"

        # Enviar el archivo a través del bot
        bot.sendDocument(chat_id=CHAT_ID, document=open(file_path, 'rb'))
        messagebox.showinfo("Éxito", "El archivo ha sido enviado por Telegram.")
    except Exception as e:
        messagebox.showerror("Error", "Hubo un problema al enviar el archivo por Telegram.")
```

Fuente: Elaborado por el autor

## 5.5 ANÁLISIS DE COSTOS

Se realizó una entrevista con el encargado del área con el propósito de estimar las pérdidas de herramientas ocurridas durante el último año y el dinero que se ha tenido que invertir para el reemplazo de esta. En la siguiente tabla se presenta el desglose del costo individual de cada una de las herramientas adquiridas para reemplazar las extraviadas, así como el monto total destinado para esto.

**Tabla 3.**

*Costo de herramienta comprada para reemplazo de la extraviada*

Cantidad	Herramienta	Valor individual	Valor total
2	Extractores de roles	₡ 100,000.00	₡ 200,000.00
1	Caja de cubos grande	₡ 300,000.00	₡ 300,000.00
1	Compresímetro	₡ 100,000.00	₡ 100,000.00
1	Multímetro	₡ 75,000.00	₡ 75,000.00
2	Pistolas de impacto	₡ 300,000.00	₡ 600,000.00
2	Extractor de rótulas	₡ 125,000.00	₡ 250,000.00
1	Medidor de prueba fugas de motor	₡ 125,000.00	₡ 125,000.00
Total			₡1,650,000.00

Fuente: Elaborado por el autor

Posteriormente, una vez finalizado tanto el prototipo como la implementación del sistema de control de acceso e inventario en Centro de Servicios Rodaar, se determinaron los costos totales del mismo, tomando en cuenta tanto mano de obra como componentes y materiales utilizados. En la *Tabla 4* puede observarse el desglose detallado de los costos del proyecto.

**Tabla 4.**

*Desglose de costos del proyecto*

Cantidad	Componente/Material	Valor individual	Valor total
1	Raspberry Pi 3	₡ 45,000.00	₡ 45,000.00
1	Lector de huella dactilar	₡ 36,000.00	₡ 36,000.00
1	Lector de código de barra	₡ 20,600.00	₡ 20,600.00
1	Teclado matricial	₡ 2,400.00	₡ 2,400.00
1	Pantalla LCD 16X2	₡ 4,300.00	₡ 4,300.00
1	Fuente de alimentación	₡ 8,800.00	₡ 8,800.00
1	Monitor	₡ 72,000.00	₡ 72,000.00
1	Teclado + mouse	₡ 15,450.00	₡ 15,450.00
1	Cable HDMI	₡ 2,600.00	₡ 2,600.00
1	Cable tipo C	₡ 2,900.00	₡ 2,900.00
2	Cerradura solenoide	₡ 5,150.00	₡ 10,300.00
2	Pulsador	₡ 1,600.00	₡ 3,200.00

1	Cables de conexión	₡	1,800.00	₡	1,800.00
1	Caja Plástica	₡	6,950.00	₡	6,950.00
1	Pintura	₡	5,450.00	₡	5,450.00
1	Etiquetas de códigos	₡	1,500.00	₡	1,500.00
24	Horas Ingeniero (Electromecánico)	₡	15,984.00	₡	383,616.00
40	Horas Programador	₡	15,984.00	₡	639,360.00
Total				₡	1,262,226.00

Fuente: Elaborado por el autor

Para los costos de la *Tabla 4* se consultaron las siguientes páginas:

- CRCibernética: (CRCibernética, s.f.)
- Ticotek: (Ticotek, s.f.)
- EPA: (EPA, s.f.)
- Ministerio de Trabajo: (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social)

Con base en los costos detallados anteriormente, se logra evidenciar que la implementación del sistema de control de acceso e inventario en la empresa Centro de Servicios Rodaar es viable económicamente. Haciendo la comparativa con la *Tabla 3* que muestra que el costo de la herramienta comprada para el reemplazo de la pérdida en un año fue de ₡ 1,650,000.00, puede observarse que la inversión se recupera en el primer año, dado que el costo total del proyecto corresponde a ₡ 1,262,226.00, según datos de la *Tabla 4*, dejando una ganancia en el primer año de ₡ 387,774.00. Además, va a generar ahorros a largo plazo y va a mejorar la operatividad en la empresa.

## 5.6 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

Para el funcionamiento adecuado del sistema de control de acceso e inventario en la empresa se deben de tomar en consideración las siguientes condiciones:

Se debe de contar con suministro eléctrico permanente para el adecuado funcionamiento del sistema, ya que tanto el circuito principal como los periféricos con los que cuenta necesitan de electricidad para su funcionamiento. Si por alguna razón la electricidad se pierde en algún momento no hay problema, solamente el sistema se reiniciará.

El Raspberry Pi que es el principal componente del sistema, necesita conectarse a una red wi-fi para ejecutar todas las funciones correctamente, por lo tanto, es necesario que el sistema esté conectado a una red wi-fi estable en todo momento, lo ideal es que esté conectado a la red de la empresa.

---

**CAPÍTULO VI**

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

---

## 6.1 CONCLUSIONES

A continuación, se mencionan las conclusiones que se obtuvieron con base en la implementación del sistema para el control de acceso e inventario de herramientas especiales en Centro de Servicios Rodaar.

1. El registro eficaz tanto de las herramientas especializadas como de los usuarios autorizados permitió tener un proceso ordenado y rastreable a través de la base de datos, siendo así más fácil el control y la supervisión del uso de los recursos disponibles.
2. El sistema de control de acceso que se utilizó, basado en huellas dactilares y códigos de acceso de 4 dígitos, resultó ser una solución efectiva para controlar el acceso a las herramientas especializadas en la empresa.
3. La implementación del lector de códigos de barras permitió actualizar el inventario en tiempo real, lo que facilitó un seguimiento preciso de las herramientas que entraban y salían, optimizando el tiempo de operatividad del Centro de Servicios Rodaar y disminuyendo la pérdida de estas herramientas.
4. La incorporación de la pantalla LCD ofreció una experiencia de usuario clara y sencilla, ya que muestra de inmediato mensajes de aceptación, rechazo o error, permitiéndose una interacción más eficiente con el sistema y una rápida adaptación por parte de los usuarios.
5. Se implementaron alertas de seguridad para notificar al administrador del Centro de Servicios, en caso de intentos de acceso no autorizados, fuera de horario laboral o cualquier otra anomalía, fortaleciendo así la integridad y vigilancia del sistema.
6. El diseño del circuito electrónico que permite la apertura automática para la entrada o salida de las herramientas del lugar de almacenaje, funcionó adecuadamente, dando

acceso solo a usuarios autorizados, de modo que el manejo de las herramientas fuese más controlado y seguro.

7. Con relación al costo-beneficio de este proyecto, se determinó que la implementación del sistema propuesto no solo es viable desde un punto de vista técnico, sino también justificable económicamente.

## 6.2 RECOMENDACIONES

A continuación, se presentan una serie de recomendaciones con el propósito de sugerir futuras acciones que permita fortalecer y optimizar el sistema de control de acceso e inventario en Centro de Servicios Rodaar a largo plazo.

1. Se recomienda programar un mantenimiento periódico para verificar la integridad y legibilidad de las etiquetas de las herramientas, y de esta manera evitar el desgaste o la pérdida de estas, dado que podría afectarse el funcionamiento adecuado del sistema.
2. Es recomendable valorar la designación formal de un responsable capacitado que pueda brindar soporte en sitio, ante posibles fallos de hardware o software, o bien, establecer un contrato de mantenimiento externo para garantizar el continuo funcionamiento del sistema.
3. Se recomienda la instalación estratégica de routers de mayor alcance para ampliar la huella de cobertura y mejorar la estabilidad de la red Wi-Fi. Además, se debe de asegurar la continuidad del sistema, manteniendo una red de acceso móvil para utilizar en caso de fallos de la red principal.
4. Se recomienda la elaboración de un manual técnico y operativo que sirva como guía para el uso y el mantenimiento adecuado del sistema de control de acceso e inventario implementado.
5. Se recomienda la implementación de una cámara para reforzar los controles de seguridad del sistema, la cual permita verificar con mayor exactitud cuando el sistema envíe al administrador alertas de alguna anomalía.

## **CAPÍTULO VII**

### **ÁPENDICES Y ANEXOS**

---

## REFERENCIAS BLIOGRÁFICAS

---

- Amazon Web Services*. (s.f.). Obtenido de Amazon Web Services: <https://aws.amazon.com/es/what-is/database/>
- Anil K. Jain, A. R. (2004). *An Introduction to Biometric Recognition*.
- Arduino Documentation*. (s.f.). Obtenido de Arduino Documentation: <https://docs.arduino.cc/>
- Chaparro Salinas, E. (s.f.). *Diagnóstico de situación actual*. Obtenido de <http://seduca.uaemex.mx/material/LIA/AEPyMES/Cnt21.php>
- Core Electronics*. (s.f.). Obtenido de Core Electronics: <https://core-electronics.com.au/guides/raspberry-pi/fingerprint-scanner-raspberry-pi/>
- CRCibernética*. (s.f.). Obtenido de CRCibernética: <https://www.crcibernetica.com/>
- Departamento de Química Orgánica, Universidad Granada. (2004). *Fuentes Bibliográficas: Generalidades*. Obtenido de [http://www.ugr.es/~quiored/biblio/bib\\_gen.htm](http://www.ugr.es/~quiored/biblio/bib_gen.htm)
- EPA*. (s.f.). Obtenido de EPA: <https://cr.epaenlinea.com/>
- fundibeq. (s.f.). *Diagrama de Ishikawa*. Obtenido de [http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/methodology/tools/diagrama\\_causa\\_efecto.pdf](http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/methodology/tools/diagrama_causa_efecto.pdf)
- González Vallejo, L. M. (2017). *Manual: Vancouver, APA. Citas y Referencias Bibliográficas*. Costa Rica: Universidad Hispanoamericana.
- Gutiérrez, H. (1993). *Los elementos de la investigación. Cómo reconocerlos*, . Santa Fe, Bogotá: Editorial El Búho.
- Halfacree, G. (2019). *Raspberry Pi Foundation*. Obtenido de [https://magazines-attachments.raspberrypi.org/books/full\\_pdfs/000/000/038/original/BeginnersGuide-4thEd-Eng\\_v2.pdf](https://magazines-attachments.raspberrypi.org/books/full_pdfs/000/000/038/original/BeginnersGuide-4thEd-Eng_v2.pdf)
- Instituto Tecnológico de Costa Rica. (2011). *Formulación de Proyectos*. Cartago: TEC.
- Jauregui G, A. (2008). *Diseño de Programas y Proyectos en Línea*. Obtenido de [www.gestiopolis.com](http://www.gestiopolis.com)
- Kaufman, R. (2004). *Herramientas prácticas para el éxito organizacional*. España: Universidad Jaime I.
- Kuo, B. C. (1996). *Sistemas de Control Automático*. Juárez, México.
- López García, J. C. (2014). *La taxonomía de Bloom y sus actualizaciones*. Obtenido de <http://www.eduteka.org/TaxonomiaBloomCuadro.php3>
- Microplanet PSL*. (s.f.). Obtenido de Microplanet PSL: <https://www.microplanet-psl.com/es/>
- Ministerio de Trabajo y Seguridad Social*. (s.f.). Obtenido de Ministerio de Trabajo y Seguridad Social: [https://www.mtss.go.cr/temas-laborales/salarios/Documentos-Salarios/lista\\_salarios\\_2025.pdf](https://www.mtss.go.cr/temas-laborales/salarios/Documentos-Salarios/lista_salarios_2025.pdf)

- Muñoz, C. (2011). *Cómo Elaborar y Asesorar una Investigación de Tesis*. México: Pearson Educación de México.
- Niño, V. (2011). *Metodología de la Investigación Diseño y ejecución*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- ORI. (s.f.). *Variables*. Obtenido de <http://ori.hhs.gov/education/products/sdsu/espanol/variables.htm>
- Pereyra, L. (2007). *Integración de Metodologías Cuantitativas y Cualitativas: Técnicas de Triangulación*. Obtenido de [http://ief.eco.unc.edu.ar/files/workshops/2007/09oct07\\_lilipereyra\\_work.pdf](http://ief.eco.unc.edu.ar/files/workshops/2007/09oct07_lilipereyra_work.pdf)
- Proyectos y Tesis. (s.f.). *¿Cómo se elabora un marco teórico?* Obtenido de [http://www.proyectosytesis.com.ar/index.php?martic\\_id=0000000003&mmenelec=1](http://www.proyectosytesis.com.ar/index.php?martic_id=0000000003&mmenelec=1)
- Ramos, J. S. (2021). *Implementación de codificación de inventario para la optimización de procesos en el área de recursos físicos de CONTRASER CTA*. Obtenido de <https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tdea/2449/3.%20IMPLEMENTACION%20CODIFICACION%20Sibaja%20Ramos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Raspberry Pi Forums. (s.f.). Obtenido de Raspberry Pi: <https://forums.raspberrypi.com/viewtopic.php?t=151739>
- Raspberry Pi Foundation. (s.f.). Obtenido de Raspberry Pi Foundation: <https://www.raspberrypi.org>
- Rivas Ortiz, C. R. (Diciembre de 2017). *Desarrollo de un control de acceso a través del reconocimiento facial utilizando Raspberry Pi y una aplicación android*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14962>
- Sampieri, H. (2010). *Metodología de la investigación 5 ed.* México: McGraw Hill.
- Tamayo, M. (2003). *El proceso de la investigación científica*. México DF: Limusa S.A.
- TECHATRONIC. (s.f.). Obtenido de TECHATRONIC: <https://techatronic.com/i2c-lcd-raspberry-pi/>
- Thinking of Pi. (s.f.). Obtenido de Thinking of Pi: <https://www.youtube.com/@ThinkingofPi>
- Ticotek. (s.f.). Obtenido de Ticotek: <https://www.ticotek.com/>
- Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. (s.f.). *Los enfoques de la investigación científica*. Obtenido de [http://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI\\_Presentaciones/licenciatura\\_en\\_mercadotecnia/fundamentos\\_de\\_metodologia\\_investigacion/PRES39.pdf](http://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Presentaciones/licenciatura_en_mercadotecnia/fundamentos_de_metodologia_investigacion/PRES39.pdf)
- Universidad Centrooccidental Lisandro Alvarado. (2004). *Material sobre Verbos, Palabras de enlaces, Bibliografía*. Obtenido de <http://elygomez.aprenderapensar.net/files/2014/02/Verboss.pdf>

## ANEXOS

---

## Anexo 1. Entrevista

1. ¿Podría contarnos un poco sobre su experiencia en Centro de Servicios Rodaar y su rol actual?
2. ¿Considera que la empresa cuenta con todas las herramientas especializadas que se necesitan para realizar todos los servicios que se ofrecen al cliente?
3. ¿Cuáles han sido las principales consecuencias a las que se han enfrentado debido a la falta de alguna de estas herramientas?
4. ¿Existe algún tipo de inventario de la herramienta especializada con la que la empresa cuenta actualmente?
5. ¿Cree que la implementación de un sistema de inventario de esa herramienta especializada y un control de acceso a este mejore la problemática?
6. ¿Tiene alguna sugerencia o alguna idea específica que considere necesaria a tomar en cuenta en la implementación de un sistema de control de acceso e inventario a la herramienta especializada?
7. ¿Finalmente, existe la posibilidad de tomar unas horas a la semana para capacitar al personal involucrado una vez se haya implementado el sistema en la empresa?

## Anexo 2. Cuestionario

### Ilustración 43.

#### *Cuestionario Sección 1*

\* Required

1. Considera que las herramientas especializadas son accesibles para todos los trabajadores? \*

- Sí
- No

2. Ha presentado atrasos para trabajar por falta de herramienta especializada? \*

- Sí
- No

3. De cuánto tiempo ha sido el atraso por falta de herramienta generalmente? \*

- Menos de 15 minutos
- Entre 15 minutos y 30 minutos
- Entre 30 minutos y 1 hora
- Entre 1 y 2 horas
- Mayor a 2 horas

4. Informa al encargado del área si no cuenta con alguna herramienta necesaria para su trabajo? \*

- Siempre
- Nunca
- Algunas veces

Fuente: Elaborado por el autor

#### Ilustración 44.

##### *Cuestionario Sección 2*

5. Existe algún tipo de inventario o registro de la herramienta especializada que usted conozca? \*

Sí

No

6. Cómo cree que impacte su trabajo la implementación de un sistema de control de acceso e inventario a la herramienta especializada? \*

Positivamente

Negativamente

Neutral

7. Cuáles de los siguientes beneficios cree que pueda traer la implementación de un sistema de control de acceso e inventario de la herramienta especializada? \*

Reducción de extravío de herramienta

Reducción de atrasos en los trabajos

Mejor organización de la herramienta

Ahorro en tiempo de trabajo

Ninguna de las anteriores

8. Está dispuesto a adaptarse a un nuevo sistema de control de acceso e inventario para la herramienta especializada? \*

Sí

No

9. Considera necesaria una capacitación para el uso correcto del posible sistema de control de acceso e inventario a implementar? \*

Sí

No

**Ilustración 45.**

*Cuestionario Sección 3*

10. Tiene alguna sugerencia para mejorar el acceso o la disponibilidad de las herramientas dentro de la empresa?

11. Tiene algún comentario adicional que le gustaría se tome en cuenta? \*

Fuente: Elaborado por el autor