

# INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DEL SUR DE GUANAJUATO



## SISTEMA ELECTRÓNICO DE BÚSQUEDA DE MATERIALES EN ALMACÉN.

Opción 2: Titulación Integral – Tesis profesional

Elaborada por:

**Arturo Zavala Ramírez**

Que presenta para obtener el título de:

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

Asesor:

**Dr. Carlos Alberto Fuentes Hernández**

# “SISTEMA ELECTRÓNICO DE BÚSQUEDA DE MATERIALES EN ALMACÉN.”

Elaborada por:

**Arturo Zavala Ramírez**

Aprobado por.....

Dr. Carlos Alberto Fuentes Hernández  
Docente de la carrera de Ingeniería electrónica  
Asesor de la opción de titulación

Revisado por.....

Mtra. Susana Violeta Martínez Hernández  
Docente de la carrera de Ingeniería electrónica  
Revisor de la opción de titulación

Revisado por.....

I.E. Netzahualcóyotl Martínez Cázares.  
Docente de la carrera de Ingeniería electrónica  
Revisor de la opción de titulación



## LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL

Uriangato, Gto., 16/octubre//2024

Asunto: Liberación de proyecto para la titulación integral

M.C. José Gabriel Aguilera González  
Director Académico  
ITSUR  
PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

Nombre de estudiante y/o egresado(a): Arturo Zavala Ramírez	
Carrera: Ingeniería Electrónica	Núm. de control: E19120354
Nombre del proyecto: Sistema Electrónico de Búsqueda de Materiales en Almacén	
Producto: 2. Titulación Integral. Tesis Profesional	

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestras y nuestros egresados.

ATENTAMENTE

MTI. Eduardo Arroyo Ortega  
Encargado de División de Ingeniería Electrónica  
ITSUR

Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato



COORDINACIÓN INGENIERÍA ELECTRÓNICA

La comisión revisora ha tenido a bien aprobar la reproducción de este trabajo.

Dr. Carlos Alberto Fuentes Hernández Asesor (a)	M.C. Susana Violeta Martínez Hernández Revisor(a)* 1	I.E. Netzahualcóyotl Martínez Cázares Revisor(a)* 2

# **SISTEMA ELECTRÓNICO DE BÚSQUEDA DE MATERIALES EN ALMACÉN.**

## **Resumen**

El presente documento trata sobre el desarrollo de un sistema electrónico enfocado a la búsqueda de refacciones con el propósito de agilizar y simplificar la búsqueda en almacenes o depósitos. Este sistema realiza una búsqueda por computadora y mediante indicadores LED señala la ubicación exacta de cada refacción dentro del espacio de almacenamiento.

Los usuarios del sistema simplemente ingresarían el nombre, número de parte o el proveedor de la refacción que están buscando en la interfaz. Luego, el sistema activaría los LEDs correspondientes, indicando la ubicación exacta de la refacción dentro del almacén.

La idea principal es integrar una ayuda visual mediante la colocación de LEDs en la posición de cada artículo en el almacén. Estos LEDs estarían conectados a un sistema central que procesaría la información de búsqueda otorgada por la interfaz creada y la traduciría en señales visuales a través de LEDs colocados estratégicamente en cada sección del almacén.

Este enfoque proporcionaría numerosos beneficios, como una reducción significativa en el tiempo de búsqueda de refacciones y a su vez de paros de producción, una mayor precisión en la localización de productos y una optimización del espacio de almacenamiento. Además, al utilizar tecnología LED de bajo consumo energético, el sistema sería eficiente en términos de energía y amigable con el medio ambiente.

**Abstract:**

*This study show the implementation of an electronic parts search system using LED visual indicators, which assist in identifying and locating the needed components in a fast and accurate way. LED technology was employed to present visual information that help the user perform their search in the optimal manner. was designed by the creation of a user interface that would be easy to understand and interact with, allowing the user to quickly perform all the required actions. The results have demonstrated that the given approach can enhance the efficiency of the search in terms of time and accuracy, meaning that this system can be used to improve the overall speed and quality of maintenance and repair procedures.*

**Palabras claves (keywords)**

Automatización, búsqueda de refacciones, sistema electrónico de búsqueda.

## **Agradecimientos**

A mis mentores y asesores, cuya orientación experta y apoyo inquebrantable fueron fundamentales en cada etapa del proceso.

A mi equipo de investigación y desarrollo, cuya dedicación y trabajo en equipo hicieron posible la concepción y ejecución de este proyecto.

A la empresa KOSTAL MEXICANA Sa de CV que proporcionó recursos, permitiendo la adquisición de materiales y equipos necesarios para llevar a cabo este proyecto.

A mi familia y seres queridos, por su paciencia, comprensión y apoyo durante todo el proceso de desarrollo de este proyecto.

A todos aquellos que, de una forma u otra, contribuyeron con su tiempo, conocimientos y esfuerzo a hacer realidad este proyecto. Su colaboración no pasará desapercibida y será recordada con gratitud.

## **Dedicatoria**

Este proyecto está dedicado principalmente a mi familia por sus incesantes ánimos a todos aquellos que trabajan incansablemente en entornos industriales, donde la eficiencia y la precisión son fundamentales para mantener la operación en marcha. A mis colegas de la universidad, cuya dedicación y experiencia han inspirado cada aspecto de este proyecto. A los técnicos e ingenieros de mantenimiento, cuyo compromiso con la excelencia impulsa nuestra búsqueda constante de soluciones innovadoras. A los líderes visionarios que reconocen el valor de la tecnología en la mejora de procesos y la optimización de recursos. Y finalmente, a todas las personas que se beneficiarán de este proyecto, que encontrarán en él una herramienta confiable y eficaz para simplificar sus tareas diarias y alcanzar nuevos niveles de éxito. Que este proyecto sirva como un tributo a su arduo trabajo y una promesa de un futuro más eficiente y prometedor.

## Tabla de contenido

.....	1
Capítulo 1 .....	4
Introducción.....	4
Capítulo 2 .....	6
Marco teórico (Antecedentes).....	6
Capítulo 3 .....	12
Planteamiento del problema .....	12
Capítulo 4 .....	13
Capítulo 5 .....	14
Metodología.....	14
Capítulo 6 .....	22
Resultados .....	22
Capítulo 7 .....	33
Análisis de Resultados .....	33
Capítulo 8 .....	37
Conclusiones y trabajo a futuro.....	37
Referencias bibliográficas.....	38

## INDICE DE IMÁGENES

Figura 1.- Almacén de refacciones.....	14
Figura 2.- Interfaz de búsqueda. ....	15
Figura 3.- Programación de la interfaz. ....	16
Figura 4.- Código de comunicación.....	17
Figura 5.- Conexión de LEDs en simulación. ....	18
Figura 6.- Preparación de LEDs.....	19
Figura 7.- Colocación y conexión de LEDs. ....	20
Figura 8.- Colocación de conectores rápidos.....	21
Figura 9.- Primera búsqueda en la interfaz. ....	22
Figura 10.- Ubicación de la primera búsqueda.....	23
Figura 11.- Encendido del LED en el almacén. ....	24
Figura 12.- Ubicación de la segunda búsqueda.....	26
Figura 13.- Encendido del LED en la gaveta.....	27
Figura 14.- Tercera búsqueda en la interfaz. ....	28
Figura 15.- Ubicación de la tercera búsqueda.....	29
Figura 16.- Encendido del LED en la gaveta.....	30
Figura 17.- Cuarta búsqueda en la interfaz.....	30
Figura 18.- Encendido del LED en la gaveta.....	31
Figura 19.- Ubicación de la cuarta búsqueda.....	32
Figura 20.- Análisis con personal experimentado previo al proyecto. ....	33
Figura 21.- Análisis con personal sin experiencia previo al proyecto. ....	34
Figura 22.- Análisis con personal sin experiencia después del proyecto. ....	35
Figura 23.- Análisis con personal experimentado después del proyecto. ....	36

## **Capítulo 1**

### **Introducción.**

Encontrar repuestos en entornos industriales y de reparación es una tarea desafiante, especialmente cuando se identifican y ubican componentes específicos en el vasto inventario de repuestos. Los métodos de búsqueda convencionales pueden llevar mucho tiempo y ser propensos a imprecisiones, lo que afecta negativamente a la eficiencia y productividad de los procesos de mantenimiento y reparación. Sin embargo, investigadores e ingenieros han desarrollado sistemas de búsqueda electrónica para superar estos desafíos en las últimas décadas utilizando diferentes tecnologías para agilizar y mejorar el proceso de identificación de repuestos. Uno de los enfoques innovadores del sistema de búsqueda que se han desarrollado es el uso de señales visuales LED para dirigir a los usuarios durante la búsqueda de piezas de repuesto.

Cualquier empresa en general contiene diversos almacenes de los cuales algunos ya cuentan con sistemas automatizados, por ejemplo: las empresas en las que existe el área de SMT (Surface mount technology) tienen un almacén de materia prima (capacitores, resistencias, circuitos integrados, ferritas, bobinas, etc.) que se albergan en rollos que facilitan su montaje superficial.

Dichos rollos son controlados mediante códigos de barras que, con ayuda de un lector de códigos de barras o escáner es posible saber algunas características del material, por ejemplo: la cantidad de componentes que contiene el rollo, cuantos rollos de ese componente hay en existencia e inclusive la posición en el almacén.

Sin embargo, el tema de las refacciones ha quedado aislada ante el avance significativo de la tecnología debido a que anteriormente no existía la cantidad y la diversidad de piezas y/o refacciones como existen actualmente.

## ***Capítulo 1. Introducción.***

---

El presente trabajo de investigación tiene por objeto explorar el diseño, desarrollo, y evaluación de un sistema de búsqueda de repuestos electrónico que utilice la tecnología de LED para proporcionar un asistente visual en la tarea de ubicar y seleccionar las piezas. El sistema desarrollado está destinado a ofrecer una mejor experiencia al usuario, al proveer una interfaz más sencilla y cómoda que agiliza el recorrido por el inventario de repuestos para determinar las partes necesarias. Se espera que esta propuesta contribuya a la mejora en la efectividad de los procedimientos de mantenimiento y reparación, reduciendo los tiempos de búsqueda y mejorando la precisión en la selección de repuestos, lo que se traducirá en una mayor eficiencia operativa y disminución de los costos relacionados con la administración de inventarios. Los objetivos generales del presente trabajo son: principal explorar el potencial y las aplicaciones prácticas de los sistemas de búsqueda de refacciones mediante el uso de LEDs indicadores, con el fin de mejorar la eficiencia y la productividad en entornos industriales y de mantenimiento.

## **Capítulo 2**

### **Marco teórico (Antecedentes).**

#### **Almacenes, planeación, organización y control.**

Consiste en automatizar todas o la mayoría de las tareas que se realizan dentro de un almacén, el cual, es un espacio físico para el almacenaje de los bienes dentro de la cadena de suministro. Es un sistema de almacenamiento especialmente diseñado para soluciones logísticas que permiten incrementar al máximo los ratios de productividad, reducir el espacio necesario y el número de movimientos. Dicho almacenamiento puede adaptarse a diferentes entornos, según el sector y actividad del almacén pudiendo adaptar las instalaciones a, por ejemplo, entornos de frío y/o congelado. Bajo un estricto punto de vista, tan sólo se podría considerar un almacén automático aquel en el que los productos no son manipulados por ninguna persona desde el muelle de entrada al muelle de salida. Esta definición hoy por hoy nos abocaría a poder considerar almacenes automáticos sólo a los almacenes pulmón, es decir, a aquellos almacenes donde las referencias entran y salen en la misma unidad de embalaje, sin operación alguna de picking sobre las referencias, es decir aquellos almacenes donde no hay un proceso de ruptura del embalaje para las referencias orientado a la extracción de parte de la cantidad de una referencia almacenada en una posición en concreto. Es por ello que también se acepta esta denominación para aquellos almacenes donde el proceso de estiba y extracción está realizado por maquinaria automatizada.[1]

**Automatización de almacenes mediante el uso de transelevadores en empresas de consumo masivo en Colombia.**

Cuando se habla de seguimiento y control de inventarios no es simplemente un tema de comprobación de valores, se trata de algo mucho más amplio, que contempla las acciones que se deben realizar/ejecutar para garantizar la gestión eficaz de un almacén. También se considera la retroalimentación confiable de datos para lograr una buena gestión por parte de la organización, involucrando desde el mismo control de inventarios hasta las compras, tramite de pedidos y facturación. Es fundamental contar con controles de auditoria en los procesos que se llevan a cabo en el almacén de cualquier compañía, ya que ante la inexistencia de un mínimo control se pueden presentar un sin número de anomalías. Entre los principios para la gestión óptima de los almacenes se considera la coordinación con otros procesos logísticos, el equilibrio en el manejo de los niveles de inventario y en servicio al cliente y la flexibilidad para adaptarse a los cambios de un mundo empresarial globalizado. De esta forma, indican que los objetivos a buscar con la gestión de almacenes son:

Por un lado, minimizar el espacio que se emplea para aumentar la rentabilidad, las necesidades de inversión y los costos de administración, los riesgos relacionados con el personal, los productos y la planta física. También enfatizan que se debe buscar minimizar las pérdidas causadas por robos, averías e inventario extraviado, las manipulaciones a través de simplificación y mejora de procesos y por último los costos logísticos a través de economías de escala.

Por otro lado, se debe maximizar la disponibilidad de productos para atender los pedidos de clientes, así como la capacidad de almacenamiento y rotación de productos. Además, se busca maximizar la operatividad del almacén y la protección.[2]

**Gestión de almacenes y tecnologías de la información y comunicación (TIC).**

La Automatización es una ventaja competitiva, que requiere de un análisis exhaustivo de los procesos, para determinar el nivel de Automatización que se debe aplicar, buscando generar beneficios como: La reducción de costos de operación, mejora en la Productividad, reducción de los porcentajes de error y aumentar la eficiencia de los procesos, lo que se ve reflejado finalmente en un mejor servicio al cliente.

El almacén es clave para la cadena de abastecimiento de cualquier organización, por eso mantenerlo bajo control por medio de un proceso de automatización puede hacer la diferencia. Los procesos logísticos necesitan apoyarse cada día más en la tecnología, los sistemas de almacenamiento están migrando hacia la automatización y cada vez son más inteligentes, gracias al uso de software y maquinaria automatizada, las organizaciones tienen la posibilidad de mejorar la calidad y eficacia en sus sistemas de almacenamiento y además reducir el riesgo de accidentes. En la automatización de los procesos de almacenamiento se usan sistemas de control y tecnología informática para reducir la intervención humana en un proceso. De igual manera, los sistemas automáticos de almacenamiento y transporte incrementan la producción, reducen costos y generan grandes ventajas para disminuir los riesgos del operador. Además, ofrecen el control total de los procesos, lo que significa una trazabilidad del producto en cualquier momento, con datos puntuales como ubicación, peso, dimensión, entradas, salidas y, sobre todo, el control exacto y detallado del inventario en cualquier momento, entre otros detalles.[3]

**Logística de almacenamiento y manejo de materiales de Editorial Norma, Colombia.**

La automatización industrial implica sustituir las acciones y pensamientos de un operador humano con dispositivos como eléctricos, mecánicos, neumáticos o informáticos, entre otros. Estos dispositivos se programan y coordinan mediante instrucciones digitales para funcionar de manera cíclica sin necesidad de intervención humana. En el ámbito de la ingeniería, la automatización abarca no solo sistemas de control, sino también sensores, transmisores de campo, sistemas de supervisión y recolección de datos. En la actualidad, la automatización industrial se vincula estrechamente con el empleo de robots para diversas operaciones y la inspección visual en tiempo real de la producción. Esto permite agilizar los procesos de fabricación y simular virtualmente dichos procesos mediante software de simulación asistida por computadora. Entre las ventajas de la automatización se cuentan el incremento de la productividad, la reducción de costos laborales, una mayor seguridad en el trabajo y una mejor calidad del producto. Asimismo, facilita la integración entre los equipos utilizados y los sistemas de recolección y transmisión de datos, mejorando así el control general de la producción. [4]

**La trazabilidad como estándar de producción.**

La trazabilidad ha sido definida por ISO 9000:2000 como la capacidad para seguir la historia, la aplicación o la localización de todo aquellos que está bajo consideración. Como indica la norma citada la trazabilidad puede encontrarse relacionada con el origen de los materiales y las partes, el procesamiento y la distribución y localización del producto después de su entrega. [5]

### **Control de Manufactura**

El control de manufactura se ocupa de gestionar y controlar las operaciones físicas en la fábrica para implementar los planes de fabricación. El flujo de información va desde la planificación hasta el control. La información también fluye de ida y vuelta entre el control de fabricación y las operaciones de la fábrica. Esta función incluye el control de planta, el control de inventario y el control de calidad.

El control de planta se ocupa del problema de supervisar el progreso del producto a medida que se procesa, ensambla, mueve e inspecciona en la fábrica. El control de planta se ocupa del inventario en el sentido de que los materiales que se procesan en la fábrica son inventario de trabajo en proceso. Por lo tanto, el control de planta y el control de inventario se superponen hasta cierto punto.

**El control de inventario** intenta lograr un equilibrio adecuado entre el riesgo de un inventario demasiado pequeño (con posibles desabastecimientos de materiales) y el costo de mantenimiento de un inventario excesivo. Se ocupa de cuestiones como decidir las cantidades correctas de materiales para ordenar y cuándo volver a ordenar un artículo determinado cuando el stock es bajo.

La función del control de calidad es asegurar que la calidad del producto y sus componentes cumplan con los estándares especificados por el diseñador del producto. Para cumplir su misión, el control de calidad depende de las actividades de inspección realizadas en la fábrica en varios momentos durante la fabricación del producto. Además, a veces se inspeccionan las materias primas y los componentes de fuentes externas cuando se reciben, y se realiza la inspección y prueba final del producto terminado para asegurar la calidad funcional y la apariencia. El control de calidad también incluye la recopilación de datos y enfoques de resolución de problemas para abordar problemas de proceso relacionados con la calidad, como el control estadístico de procesos (CEP) y Seis Sigma. [6]

**Propuesta para mejorar el control de inventarios de implementos de seguridad en una empresa constructora.**

Dentro de la gestión de proyectos, la creación de almacenes y su gestión en sí tienen su particularidad [7], ya que deben ir adecuándose al costo del proyecto según la cantidad de personal a atender [8] y, además, están supeditados al número de transacciones diarias y al espacio físico que dispongan en ese momento[9], es decir, iniciarán como un almacén con pocos recursos y escaso personal para luego ir adaptándose[10] a los avances constructivos con mayor personal y volumen de productos a administrar[11].

**Objetivo de los inventarios.**

Proveer o distribuir adecuadamente los materiales necesarios a la empresa. Colocándolos a disposición en el momento indicado, para así evitar aumentos de costos pérdidas de estos. Permitiendo satisfacer las necesidades reales de la empresa, a las cuales debe permanecer constantemente adaptado. Por lo tanto, la gestión de inventarios debe ser atentamente controlada y vigilada. [12]

Gestionar los inventarios es de vital importancia para toda empresa, por tal motivo se propone implementar un sistema de gestión de inventarios en la empresa "FEMARPE CÍA. LTDA.", con el cual se podrá mejorar muchas de las falencias que existen dentro de la empresa, y se podrá contar con la información necesaria para la toma de decisiones. [13]

## **Capítulo 3**

### **Planteamiento del problema**

**3.1. Identificación.** A lo largo del tiempo las empresas se han ido modernizando de manera considerable mediante sistemas automatizados de trabajo y esto a su vez genera una serie de problemas a resolver como principalmente es la búsqueda de refacciones para uso en mantenimientos correctivos y preventivos, este problema es popular debido a que las maquinas modernas cuentan con una gran cantidad de piezas y por ende los almacenes de refacciones cada vez contienen más de las mismas. Por tal motivo los paros de líneas de producción son más prolongados y esto puede generar perdidas monetarias acorde al impacto socioeconómico de la empresa.

**3.2. Justificación.** En un entorno industrial y/o automotriz, la eficiencia en la búsqueda y localización de refacciones es un punto muy importante para conservar la eficacia de la maquinaria y minimizar los tiempos de paro. Sin embargo, en muchas ocasiones esta actividad se dificulta a causa de errores secundarios, especialmente en los almacenes en los cuales las cantidades de refacciones es muy diversa. Es en este punto donde surge la necesidad de llevar a cabo una solución eficiente de la mano con la tecnología donde los beneficios principales son la optimización de tiempos, reducir la colocación de refacciones equivocadas, optimizar la gestión de los inventarios y la facilidad de uso mediante una interfaz amigable.

**3.3. Alcance.** El alcance del proyecto se ve reflejado para los diversos almacenes existentes en las empresas en general.

## **Capítulo 4**

El fin del presente proyecto es desarrollar e implementar un sistema electrónico innovador que optimice la búsqueda de refacciones en los diferentes almacenes de la empresa a desarrollar, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo los tiempos de paro de producción.

### **Objetivo general.**

El objetivo general es proporcionar a la empresa una herramienta funcional y efectiva que mejore la gestión de inventarios, reduzca los tiempos de inactividad y aumente la eficiencia operativa en el proceso de búsqueda y localización de refacciones.

### **Objetivos específicos.**

Desarrollar un software que permita la gestión eficiente de la base de datos de refacciones, incluyendo información detallada sobre la ubicación, disponibilidad y características de cada producto y que sea capaz de controlar y comunicarse por WIFI a un sistema electrónico que integre tecnología avanzada, como LEDES, tarjetas de movimiento programables y simuladores para así facilitar la identificación y localización precisa de las refacciones en el inventario.

Integrar una interfaz de usuario intuitiva y fácil de usar, que proporcione a los usuarios una experiencia fluida y eficiente al interactuar con el sistema de búsqueda de refacciones.

Implementar un sistema de indicadores LED que guíe a los usuarios de manera visual hasta la ubicación exacta de las refacciones requeridas, minimizando los errores y optimizando los tiempos de búsqueda.

## **Capítulo 5**

### **Metodología**

El presente proyecto está dirigido para cualquier almacén existente en la empresa a emplear.

La identificación del problema se implementó mediante el análisis a profundidad con encargados de almacenes, se requería cubrir la necesidad de encontrar refacciones de forma fácil.

Para satisfacer esta necesidad se considera realizar un sistema electrónico de búsqueda ya que en la industria un almacén convencional cuenta con más de 150 refacciones diferentes.



*Figura 1.- Almacén de refacciones.*

Para la interpretación, el sistema electrónico de búsqueda toma como fuente de información la base de datos del inventario de refacciones ya existente realizada en el software de Excel.

Se crea una interfaz de búsqueda en VISUAL BASIC capaz de filtrar las refacciones mediante el número de parte, la descripción (nombre de la refacción) y/o el proveedor agregando así un indicador sencillo para mostrar las piezas en existencia de la refacción deseada.

The image shows a software interface for searching parts. It has a dark blue background with white text. At the top, the title "LOCALIZAR REFACCIÓN" is centered. Below the title are three input fields: "No. Parte" (a text box), "Descripción" (a text box), and "Proveedor" (a dropdown menu). Below these fields is a table with four columns: "No. Parte", "Descripción", "Proveedor", and "Cantidad". The table is currently empty. At the bottom center, there is a button labeled "Localizar". In the bottom right corner, the text "MANTENIMIENTO SMT" is displayed.

*Figura 2.- Interfaz de búsqueda.*

La cual responde al siguiente código:

```
Private Sub TextBox1_Change()  
    TextBox2 = ""  
  
    Dim fin As Long, i As Long, n As Long  
    Dim Nparte As String, Descrip As String, Prov As String  
    'Filtramos por numero de parte  
    With Sheets("Busqueda")  
        fin = Application.CountA(.Range("A:A"))  
        If TextBox1 = "" Then  
            Me.ListBox1.RowSource = ("A7:H") & Worksheets("Busqueda").Range("A" & Rows.Count).End(xlUp).Row  
            Exit Sub  
        End If  
  
        Me.ListBox1.RowSource = Clear  
        For i = 7 To fin  
            Nparte = .Cells(i, 1).Value  
            Descrip = .Cells(i, 2).Value  
            Prov = .Cells(i, 3).Value  
            If UCase(Nparte) Like "*" & UCase(TextBox1.Value) & "*" And _  
                UCase(Descrip) Like "*" & UCase(TextBox2.Value) & "*" And _  
                UCase(Prov) Like "*" & UCase(ComboBox1.Value) & "*" Then  
                Me.ListBox1.AddItem  
                Me.ListBox1.List(n, 0) = .Cells(i, 1).Value  
                Me.ListBox1.List(n, 1) = .Cells(i, 2).Value  
                Me.ListBox1.List(n, 2) = .Cells(i, 3).Value  
                Me.ListBox1.List(n, 3) = .Cells(i, 8).Value  
                n = n + 1  
            End If  
        Next  
        Me.ListBox1.ColumnWidths = "80pt;200pt;70pt;50pt"  
    End With  
  
End Sub
```

Figura 3.- Programación de la interfaz.

En términos sencillos de programación solo consta de la declaración de las celdas requeridas para la interfaz como lo son: proveedor, descripción (nombre de la refacción), numero de parte y cantidad en existencia todo esto para ahorrar el mayor tiempo posible ya que se condiciona al comenzar el filtrado una vez se haya ingresado cualquier elemento a excepción de la cantidad, ese apartado se propone para conocer desde la interfaz si la pieza o refacción requerida está en stock.

Una vez se obtiene la interfaz anterior se inicia con la implementación del segundo código para la comunicación con el sistema electrónico de búsqueda que queda implementado en cada sección del almacén, se utiliza la tarjeta programable ARDUINO por lo tanto el código de comunicación se realiza desde el IDE de la tarjeta programable antes mencionada.

```
// Inicializa el objeto para comunicación serial
SoftwareSerial serial(VS_RX_PIN, VS_TX_PIN); // Configura pines de recepción y transmisión

void setup() {
  // Inicializa la comunicación serial con el baudrate predeterminado
  serial.begin(9600);

  // Inicializa el pin del LED de la matriz de LEDs como salida
  pinMode(LED_PIN, OUTPUT);

  // Apaga el LED inicialmente
  digitalWrite(LED_PIN, LOW);
}

void loop() {
  // Verifica si hay datos disponibles en el puerto serial
  if (serial.available() > 0) {
    // Lee el primer byte de los datos recibidos
    char receivedByte = serial.read();

    // Verifica si el byte recibido es '1' (señal desde Visual Basic)
    if (receivedByte == '1') {
      // Activa el LED de la matriz de LEDs
      digitalWrite(LED_PIN, HIGH);

      // Espera un tiempo (por ejemplo, 1 segundo)
      delay(1000);

      // Apaga el LED después de un tiempo
      digitalWrite(LED_PIN, LOW);
    }
  }
}
```

Figura 4.- Código de comunicación.

Este código está destinado al encendido del LED específico acorde a la refacción deseada pues permite recibir la señal enviada desde el buscador de refacciones antes mencionado y con los comandos propuestos interpreta esa señal y acciona el LED implementado en la sección de la pieza.

Para la conexión de los LEDs se configura una matriz en cada sección del almacén pues esto facilita el proceso del proyecto.

Teniendo los 2 códigos para la implementación se utiliza un software de simulación para ver la forma correcta de conectar los LEDs en la parte física del prototipo ya que en cada sección del almacén debe quedar conectado de forma que sea una matriz.

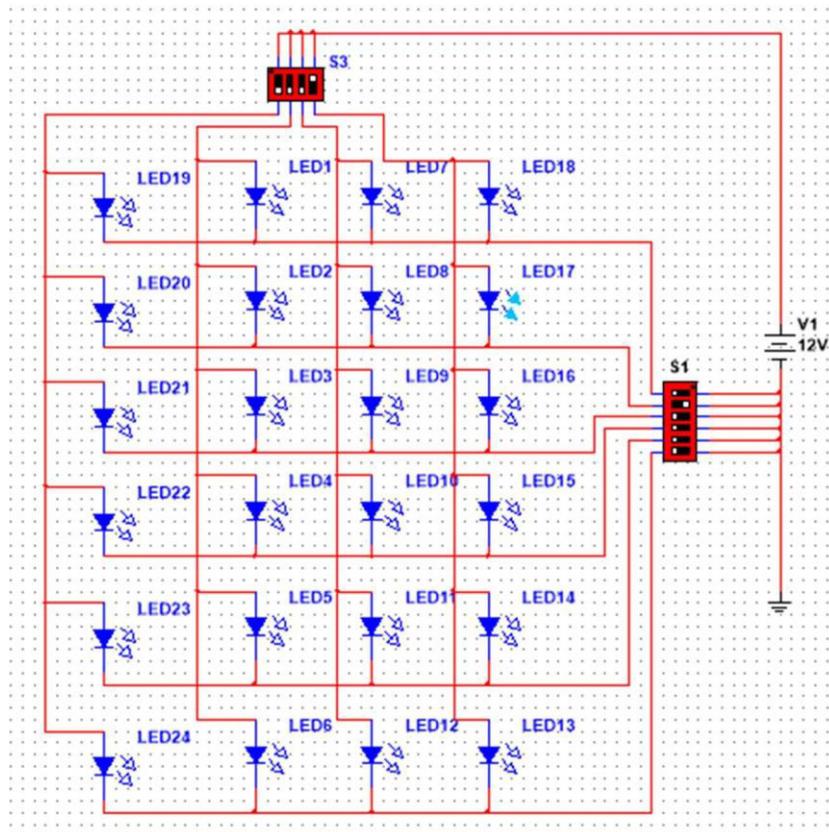


Figura 5.- Conexión de LEDs en simulación.

En este caso se realiza una matriz de 4x5 LEDs solo para determinar el funcionamiento preciso tal como muestra el LED número 17.

La conexión de los LEDs se hace de tal manera que cada cátodo queda en serie de igual forma el ánodo. El cátodo permanece siempre conectado a la parte

negativa de la fuente de alimentación, para que, al momento de recibir la señal de la tarjeta programable, se energice el ánodo de la sección donde se encuentra el LED que debe encender cerrando así el circuito.

Tras haber realizar la simulación correcta de la conexión de los LEDs se procede a la soldadura de estos.



*Figura 6.- Preparación de LEDs.*

## Capítulo 5. Metodología.

---

Se utilizan LEDs de potencia para mayor iluminación acorde a la forma estratégica de colocación, para al final tener LEDs funcionales para cada una de las secciones existentes en el almacén.

Se hace la colocación de los LEDs en su sección específica y en conjunto se realiza la conexión en forma de matriz antes mencionada entre los LEDs.



Figura 7.- Colocación y conexión de LEDs.

Se opta por hacer la conexión de los LEDS mediante conectores rápidos o conectores de fácil ensamble esto con la finalidad de poder conectar y desconectar fácilmente cada LED ya que las secciones donde se encuentran las refacciones en los distintos almacenes suelen ser removibles para tema de conteos y/o inventarios.



*Figura 8.- Colocación de conectores rápidos.*

## Capítulo 6

### Resultados

El resultado del presente proyecto se adjunta a continuación.

Se realiza una búsqueda aleatoria de cuatro refacciones para corroborar el funcionamiento preciso del prototipo final los cuales se muestran a continuación.

Primera búsqueda:

Esta refacción se encuentra en la sección denominada "G1-A19".

The screenshot shows a software interface with a dark blue background. At the top, the title 'LOCALIZAR REFACCIÓN' is displayed in white. Below the title, there are three input fields: 'No. Parte' (empty), 'Descripción' (containing 'bateri'), and 'Proveedor' (a dropdown menu showing 'FUJI'). Below these fields is a table with the following data:

No. Parte	Descripción	Proveedor	Cantidad
SM0004BAT	BATERIA DE EJE X H10212	FUJI	15

At the bottom of the interface, there is a 'Localizar' button and the text 'MANTENIMIENTO SMT'.

Figura 9.- Primera búsqueda en la interfaz.

## Capítulo 6. Resultados.

---

Donde el LED enciende de manera exitosa en la ubicación exacta como se muestra en la figura.



*Figura 10.- Ubicación de la primera búsqueda.*

## Capítulo 6. Resultados.

---

Encendido del LED de la ubicación “G1-A19” en la sección correspondiente del almacén.



*Figura 11.- Encendido del LED en el almacén.*

Segunda búsqueda:

Esta refacción se encuentra en la sección denominada "G1-A13".

The screenshot shows a software interface with a dark blue background. At the top, the title "LOCALIZAR REFACCIÓN" is displayed in white. Below the title, there are three input fields: "No. Parte" (empty), "Descripción" (containing "fusi"), and "Proveedor" (a dropdown menu showing "FUJI"). Below these fields is a table with the following data:

No. Parte	Descripción	Proveedor	Cantidad
SM0030FUS	FUSIBLE 1.0 AMP PARA PC H2001R	FUJI	14

At the bottom of the interface, there is a "Localizar" button and the text "MANTENIMIENTO SMT".

*Figura 15.- Segunda búsqueda en la interfaz.*

## Capítulo 6. Resultados.

---

Donde el LED enciende de manera exitosa en la ubicación exacta como se muestra en la figura.



*Figura 12.- Ubicación de la segunda búsqueda.*

La sección del almacén correspondiente a la ubicación de la segunda búsqueda indicada como "G1-A13".



*Figura 13.- Encendido del LED en la gaveta.*

## Capítulo 6. Resultados.

---

Tercera búsqueda:

Esta refacción se encuentra en la sección denominada "G1-C10".

The screenshot shows a software interface with a dark blue background. At the top, the title "LOCALIZAR REFACCIÓN" is displayed in white. Below the title, there are three input fields: "No. Parte" (empty), "Descripción" (containing "engra"), and "Proveedor" (a dropdown menu). Below these fields is a table with the following data:

No. Parte	Descripción	Proveedor	Cantidad
SM0283ENG	ENGRANE DE FEEDER AA55D00	FUJI	2

At the bottom of the interface, there is a "Localizar" button and the text "MANTENIMIENTO SMT".

Figura 14.- Tercera búsqueda en la interfaz.

## Capítulo 6. Resultados.

---

Donde el LED enciende de manera exitosa en la ubicación exacta como se muestra en la figura.



*Figura 15.- Ubicación de la tercera búsqueda.*

## Capítulo 6. Resultados.

---

La sección del almacén correspondiente a la ubicación de la segunda búsqueda indicada como “G1-C10”.



*Figura 16.- Encendido del LED en la gaveta.*

Cuarta búsqueda:

Esta refacción se encuentra en la sección denominada "G1-C26".

The screenshot shows a software interface with a dark blue background. At the top, the title "LOCALIZAR REFACCIÓN" is displayed in white. Below the title, there are three input fields: "No. Parte" (empty), "Descripción" (containing "amorti"), and "Proveedor" (a dropdown menu). Below these fields is a table with four columns: "No. Parte", "Descripción", "Proveedor", and "Cantidad". The table contains one row of data: "SM0483AMO", "AMORTIGUADOR NAVAJA NXT III", "FUJI", and "4". At the bottom of the interface, there is a "Localizar" button and the text "MANTENIMIENTO SMT".

No. Parte	Descripción	Proveedor	Cantidad
SM0483AMO	AMORTIGUADOR NAVAJA NXT III	FUJI	4

Figura 17.- Cuarta búsqueda en la interfaz.

## Capítulo 6. Resultados.

---

La sección del almacén correspondiente a la ubicación de la segunda búsqueda indicada como “G1-C26”.



*Figura 18.- Encendido del LED en la gaveta.*

## Capítulo 6. Resultados.

---

Donde el LED enciende de manera exitosa en la ubicación exacta como se muestra en la figura.



*Figura 19.- Ubicación de la cuarta búsqueda.*

## Capítulo 7

### Análisis de Resultados

Se realiza una investigación antes y después del desarrollo del sistema electrónico de búsqueda con 10 personas con conocimiento en las refacciones existentes en el almacén y por otro lado con 10 personas con ningún conocimiento del mismo, esto con el fin de sacar un promedio de tiempo de búsqueda de refacciones de forma manual en el almacén.



Figura 20.- Análisis con personal experimentado previo al proyecto.

Las primeras 10 personas son las que ya tenían conocimiento previo a la ubicación de algunas refacciones dentro del almacén sin embargo el promedio de búsqueda manual de las 10 personas trasciende en 3.35 minutos.

Por otra parte, se tiene el análisis de 10 personas sin ningún conocimiento de la ubicación de refacciones dentro del almacén y el promedio de su búsqueda manual es de 7.085 minutos.



*Figura 21.- Análisis con personal sin experiencia previo al proyecto.*

Esta parte del análisis es alarmante pues el personal nuevo puede ocasionar paros de producción relativamente largos y que conllevan a una pérdida económica severa a la empresa.

## Capítulo 7. Análisis de Resultados.

Después de realizar el proyecto se repite el análisis con la finalidad de saber el impacto que el mismo puede representar. Midiendo así el tiempo de búsqueda de 10 personas con conocimiento en la ubicación de las refacciones en el almacén y se obtienen los siguientes datos en minutos.



Figura 22.- Análisis con personal sin experiencia después del proyecto.

Mediante el proyecto se observa que el promedio de búsqueda de una persona sin conocimiento en la ubicación de las refacciones es de 1.52 minutos.

Mientras que el personal con previa experiencia solo cuenta con un promedio de 0.924 minutos para la búsqueda de la refacción.



*Figura 23.- Análisis con personal experimentado después del proyecto.*

Cabe mencionar que ambos análisis se realizan con refacciones totalmente al azar para mayor autenticidad.

Dejando así una mejora significativa en la búsqueda de las refacciones pues el tiempo invertido para una búsqueda cualquiera solo hace enfoque en relación con el inicio del interfaz y de ingresar los datos de dicha refacción.

Por otra parte, el sistema de búsqueda es y será amigable con personal sin conocimiento alguno pues con una capacitación sencilla sobre el uso del sistema de búsqueda es suficiente para utilizarlo.

## **Capítulo 8**

### **Conclusiones y trabajo a futuro**

El desarrollo e implementación del Sistema Electrónico de Búsqueda de Refacciones representa un paso significativo hacia la mejora de la eficiencia y precisión en la gestión de inventarios en entornos industriales.

El presente proyecto ha demostrado ser una solución efectiva y escalable para optimizar los procesos de mantenimiento y reparación de equipos tecnológicos y maquinaria en general. Su implementación exitosa marca el inicio de una nueva era donde la tecnología juega un papel fundamental en la mejora continua de la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente debido al mejoramiento de los tiempos de entrega de los productos comercializados por la empresa.

La adopción de esta tecnología representa una inversión estratégica para la empresa. No solo mejora la eficiencia operativa y reduce los costos, sino que también fortalece la posición competitiva de las organizaciones al proporcionar una experiencia de servicio superior y una mayor capacidad de respuesta a la demanda de refacciones. En un panorama empresarial donde la innovación y la adaptabilidad son clave para el éxito a largo plazo, la implementación de un sistema electrónico de búsqueda de refacciones emerge como un paso crucial hacia la transformación tecnológica y la excelencia operativa en la industria.

Como trabajo a futuro se contempla optimizar el sistema de búsqueda implementando factores como lector de códigos, reconocimiento de refacciones mediante visión artificial y búsqueda por imágenes.

## **Referencias bibliográficas**

[1] A. García Cantú. "ALMACENES Planeación, organización y control 1991".

[2] Romero, P. N. (2014). Automatización de almacenes mediante el uso de transelevadores en empresas de consumo masivo en Colombia: revisión de la literatura. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/12619>.

[3] Correa, A., Gómez, R., & Cano, J. (2010). Gestión de almacenes y tecnologías de la información y comunicación (TIC).

[4] Frazelle, E. (2007). Logística de almacenamiento y manejo de materiales de Editorial Norma, Colombia.

[5] Berga, A. (2004). La trazabilidad como estándar de producción. Asociación Española para la Calidad.

[6] Grover, M. (2014). Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing.

[7] L. Medina, B. Raaijen, M. Peña, A. Luna, y M. Chong, "Inventory management optimization of a container glass products manufacturer", en Algorithms and Computational Techniques Applied to Industry, J. L. García y A. Realyváquez, eds., 1.<sup>a</sup> ed. Berlín: Springer, 2022, pp. 329-340.

**[8]** S. J. Ortiz y A. M. Paredes-Rodríguez, “Evaluación sistémica de la implementación de un sistema de gestión de almacenes (WMS)”, *Revista UIS Ingenierías*, vol. 20, n.º 4, pp. 145-160, 2021, doi: 10.18273/revuin.v20n4-2021012.

**[9]** J. G. Arrieta, “Aspects to consider for high quality administration of corporate distribution centers (Centros de Distribución, CEDIS)”, *JEFAS*, vol. 16, n.º 30, pp. 83- 96, 2011.

**[10]** R. Perez-Franco, *Rethinking your supply chain strategy: a brief guide*. Cambridge, Massachusetts: MIT Center for Transportation and Logistics, 2016.

**[11]** C. Lopez, F. Jäeger, K. Ramirez, y M. Chong, “A plan to improve recycled raw material supply in a production company of RPET”, en *Handbook of Research on Industrial Applications for Improved Supply Chain Performance*, J. L. García-Alcaraz, G. Leal, L. AvelarSosa y A. J. Briones, eds. IGI Global, 2020 pp. 27-45.

**[12]** Guajardo C. Gerardo, "Contabilidad Financiera", México, 2da. Ed. Editorial McGraw-Hill, 1995.

**[13]** L. Guarango, J. Carolina. (2012) “Propuesta de un sistema de gestión de inventarios para la empresa FEMARPE CÍA. LTDA.”