



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería en Organización Industrial**

**Diseño e implantación de un sistema  
digital para el control de movimientos de  
materias primas dentro de un almacén.**

**Autor:**

**de la Fuente Poveda, Pablo**

**Tutor:**

**del Valle González, María Isabel**

**Dpto. Tecnología Electrónica**

**Valladolid, junio 2022.**



**Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.**



A María Isabel y Oliver Vicente por su apoyo, tiempo, ayuda y trabajo para la consecución de este trabajo de fin de grado



Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.





## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



### Resumen

La gestión de un almacén es una tarea compleja y tediosa si se realiza de forma tradicional, es decir, mediante un conteo manual con apuntes en papel o digitalmente. El manejo correcto de un almacén de materias primas es fundamental para que el departamento de logística funcione y sea capaz de realizar tareas como son el control de stocks, el aprovisionamiento y el abastecimiento de la planta.

Este trabajo presenta un modelo nuevo que pretende facilitar las labores que realizan tanto los operarios de almacén, como las de aquellos encargados de su control, dentro de grandes o medianas empresas que no estén dispuestas a realizar una gran inversión en un modelo mucho más automatizado.

La principal ventaja de este modelo es el ahorro de tiempo y la eliminación de errores humanos en la logística gracias a la utilización de sensores fotoeléctricos conectados a un FIFO-LIFO digital.

**Palabras Clave:** Logística, VBA, Arduino, FIFO-LIFO, Automatización

### Abstract

Driving a warehouse is a tough task if it is done in a traditional way using human counting on paper or computer. The correct management of a raw material warehouse is a key point in the performance of the logistic department to make it able to run tasks such as stocks controlling, goods reception and plant supplying.

This work shows a new model that pretends to make warehouse's workers and managers controlling tasks easier in big and medium companies that are not willing to make a great investment in a model with a greater level of automatization.

The main advantage of this model is the time saving and human failures elimination in logistic thanks to photoelectric switches implantation connected with a digital FIFO-LIFO.

**Key Words:** Logistic, VBA, Arduino, FIFO-LIFO, Automation



Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.





## Índice

Resumen.....	5
Abstract.....	5
Índice.....	7
Índice de Figuras.....	9
1. Introducción .....	13
1.1. Introducción y motivación .....	13
1.2. Objetivos .....	14
1.3. Estructura del documento .....	15
2. Estado del Arte.....	17
2.1. Introducción a los almacenes y metodologías de almacenaje .....	17
2.2. Movimientos de los materiales .....	17
2.3. Métodos FIFO y LIFO.....	18
2.4. Tipos de Estantes .....	19
2.4.1. Estante Selectivo.....	19
2.4.2. Estante Acumulativo .....	20
2.5. Almacenes Automatizados.....	21
2.5.1. Robots AGV .....	21
2.5.2. Transelevadores.....	23
2.5.3. Paletizadora Industrial .....	24
2.5.4. ERP en Logística.....	25
2.5.5. Lectores de Códigos de Barras y Cintas transportadoras.....	26
3. FIFO/LIFO DIGITAL .....	29
3.1. Guía de Uso.....	29
3.1.1. Hoja Recepcionar .....	30
3.1.2. Hoja Abastecer .....	31
3.1.3. Hoja Recepciones .....	32
3.1.4. Hoja Estanterías.....	34
3.1.5. Hoja 1.....	34
3.2. Programación.....	35
3.2.1. Función Lista_Nueva1 .....	36
3.2.2. Función Comparalistas_XXXX.....	38
3.2.3. Función Copiar_tablaantigua .....	40



## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



3.2.4.	Función AbastecerXX_XX .....	41
3.2.5.	Función día_nuevo .....	43
3.2.6.	Funciones Arranque y Borrar .....	46
4.	Diseño del Hardware .....	49
4.1.	Sensores Fotoeléctricos Retro-reflexivos.....	49
4.2.	Arduino Nano .....	54
4.3.	Placa Base Central .....	59
4.3.1.	Decodificador 74LS154 .....	60
4.3.2.	Inversor 74LS04 .....	63
4.3.3.	Cabezal de Pines M20-9980545 .....	64
4.4.	Placa Base Estanterías .....	65
4.4.1.	Optoacoplador 4N33 .....	68
4.4.2.	Terminales TBLOCK-I2 .....	69
4.4.3.	Fuente de Alimentación .....	70
5.	Estudio Económico .....	73
5.1.	Introducción .....	73
5.2.	Presupuesto Económico .....	73
6.	Conclusiones .....	81
7.	Bibliografía .....	85
	Anexos:.....	89



## Índice de Figuras

Figura 1 Almacén con estantes selectivos.....	20
Figura 2 Estante Acumulativo .....	21
Figura 3 Modelo de Robot AGV .....	22
Figura 4 Modelo de Transelevador de 1 o 2 columnas.....	24
Figura 5 Modelo de Robot de Paletizado .....	25
Figura 6 Empresas líder en ERP.....	26
Figura 7 Activar Transmisor de datos y Programador .....	29
Figura 8 Hoja Recepcionar .....	30
Figura 9 Hoja Abastecer .....	32
Figura 10 Hoja 1 .....	32
Figura 11 Hoja Recepciones .....	33
Figura 12 Hoja Estantería.....	34
Figura 13 Código de un botón de la Hoja "Recepcionar" .....	36
Figura 14 Código de la función Lista_Nueva1.....	36
Figura 15 Listas 1 y 2 de la "Hoja1" .....	37
Figura 16 Código de la función "Comparalistas" .....	38
Figura 17 Código de la función "Comparalistas" .....	39
Figura 18 Código de la función Copiar_tablaantigua .....	40
Figura 19 Código de la función AbastecerXX_XX.....	42
Figura 20 Código de la función día_nuevo.....	44
Figura 21 Código del botón Reset .....	45
Figura 22 Código de la función Arranque.....	46
Figura 23 Código de la función Borrar.....	47
Figura 24 Métodos de Funcionamiento de los sensores fotoeléctricos .....	50
Figura 25 Esquema del sensor G18-3B2PC .....	51
Figura 26 Sensor Fotoeléctrico G18-3B2PC.....	52
Figura 27 Conector divisor de cableado.....	53
Figura 28 Arduino Nano.....	54
Figura 29 Configuración de la Aplicación de Arduino.....	55
Figura 30 Configuración del Pin 12 y 13 en Pull Up.....	57
Figura 31 Código del Arduino Nano .....	58





## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



Figura 32 Placa Base Central.....	59
Figura 33 Esquemático de la Placa Base Central .....	60
Figura 34 Tabla de Funcionamiento del 74LS154.....	61
Figura 35 Esquema del decodificador 74LS154.....	62
Figura 36 Esquema del inversor 74LS04 .....	63
Figura 37 Cabezal de pines M20-9980545 .....	64
Figura 38 Hembra-Macho de 10 cables.....	65
Figura 39 Esquemático de la Placa Base Estanterías.....	65
Figura 40 Placa Base Estanterías.....	66
Figura 41 cabezal de pines M20-7830546.....	67
Figura 42 Esquema de un optoacoplador.....	68
Figura 43 Terminales de tornillo de 2 pines TBLOCK-I2 .....	69
Figura 44 ATX 24 pines para conectar fuente de alimentación .....	70



Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



# 1

# INTRODUCCIÓN



Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.





## 1. Introducción

### 1.1. Introducción y motivación

Durante la realización de asignatura de prácticas de empresa, tuve la suerte de adquirir cierta experiencia y habilidades en el área de logística, ya que fue en este departamento donde realicé mis prácticas. Durante mi tiempo como becario y mi primer contacto dentro del mundo de la industria me di cuenta de lo fundamental que es el departamento de logística para cualquier empresa industrial. Fue un tiempo en el que estuve informándome, ya que buscaba mejorar mis conocimientos sobre la logística y vi que en ciertas empresas el grado de automatización es bastante bajo en esta área.

Durante mi estancia en la empresa, reforcé la idea de que la búsqueda de la eficiencia en el mundo empresarial e industrial es constante, y por ello siempre se trata de optimizar recursos tanto humanos como materiales. Fue por ello, por lo que traté de crear un modelo, partiendo de los conocimientos y experiencia adquiridos hasta el momento que, unido al concepto de la digitalización y los automatismos como solución a las tareas tediosas y redundantes, tratase de sustituir en el área de logística la gran parte del trabajo que sigue siendo realizado por personas, las cuales son menos eficientes que las máquinas a la hora de hacer tareas repetitivas. Es por ello, que inicié el proyecto de implantar algún sistema que permita controlar el almacén de forma digital.

Los sensores son un elemento muy común hoy en día en la industria, que a menudo permiten monitorizar un proceso industrial de forma precisa y detallada. Debido a que un almacén es un lugar donde hay un gran volumen de movimiento de elementos y una elevada cantidad de información, parece razonable pensar en la instalación de modelos digitales que permitan una automatización total o parcial del almacén utilizando la información extraída de sensores. Este trabajo trata de ser una herramienta en la búsqueda de una mayor eficiencia en la labor de los operarios y la mejora en el control de la logística.

Concretamente el modelo busca ser una importante ventaja a la hora de poder extraer la información de la localización exacta de los materiales dentro de las diversas estanterías que tenga un almacén y la cantidad exacta que se tiene de cada referencia en todo momento. Por tanto, se puede decir que lo que se pretende es mejorar el conocimiento de movimientos que se producen dentro del almacén.



## 1.2. Objetivos

En la actualidad, ya existen diversos modelos que automatizan el almacén de forma total, utilizando lectores de códigos de barras, cintas transportadoras, robots, ascensores, etc. Estos modelos reducen el trabajo de los operarios de logística drásticamente, haciendo que sea necesarios muy pocos trabajadores para gestionar un almacén. Con este grado tan elevado de automatización no haría falta la utilización de carretilleros salvo para la acción concreta de carga o descarga de un camión. Sin embargo, el objetivo general de este proyecto es el de ser una herramienta de ayuda, en el que sería imposible prescindir de la indispensable labor de los operarios y encargados de la logística.

En este proyecto se han perseguido una serie de objetivos ambiciosos que buscaban como fin último la creación de un sistema catalogado como un paso intermedio entre la automatización nula y la automatización total. El modelo operativo de FIFO/LIFO Digital debía de ser capaz de tener interacciones con su entorno y proporcionar una ayuda a los operarios. Para la consecución de ello se marcaron otra serie de objetivos secundarios que se desglosarán a continuación:

- Conocer las características, parámetros e indicadores de la logística y el almacenaje actual para poder realizar un diseño capaz de ser implementado en la industria.
- Crear un boceto inicial con el que comenzar a sentar las bases generales del diseño del proyecto, contando con el condicionante de que se quiere realizar un modelo de coste reducido.
- Crear un sistema con capacidad para controlar un almacén de grandes dimensiones mediante la conexión por cable con un elevado número de sensores fotoeléctricos.
- Diseñar y fabricar un hardware funcional que permita la comunicación entre el ordenador o consola donde se encuentre el FIFO/LIFO Digital y los sensores.
- El diseño del hardware no debe conllevar una complejidad muy elevada ya que esto supondría un incremento en los costes generales del proyecto.



## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



- Diseñar y programar el FIFO/LIFO Digital en Excel con VBA que hiciera de interfaz para los operarios y mánager del área de logística.
- El FIFO/LIFO Digital debe tener la capacidad de dar avisos por correo de alertas de indicadores del almacén.
- FIFO/LIFO Digital debe de ser diseñado de forma que sea intuitivo y fácil de utilizar para el usuario que lo vaya a usar como herramienta de trabajo.
- Realización de un estudio económico una vez finalizado el diseño para comprobar que se cumple el condicionante de bajo coste del proyecto.
- Diseño y fabricación de hardware para la presentación del proyecto, siendo un modelo de menor tamaño que sirva como evidencia del funcionamiento del sistema a una mayor escala.

### 1.3. Estructura del documento

Este documento se ha estructurado de manera progresiva, es decir, va explicando en los primeros apartados conceptos que más adelante serán necesarios para la comprensión del resto de apartados.

Comienza realizando una revisión del estado del arte, en el que se van introduciendo métodos y conceptos tanto de logística como de almacenaje que se utilizan en la actualidad. Después, se centra completamente en las particularidades de este modelo, explicando primero el cómo debe un usuario utilizar el FIFO/LIFO Digital y después el código empleado en la elaboración. Continúa el documento con la explicación de como se ha diseñado el hardware del proyecto, detallando las características de cada uno de los componentes que lo integran. Por último, se hace una estimación de costes del proyecto y finalmente las conclusiones.



# 2

# ESTADO DEL ARTE



## 2. Estado del Arte

### 2.1. Introducción a los almacenes y metodologías de almacenaje

Debido al natural desequilibrio que existe en los ritmos en los que se producen el aprovisionamiento, la producción y la distribución; se hace completamente necesario el uso de almacenes. Según Eduardo A. Arbones Malisani en su libro Logística empresarial de 1990 [1] existen tres tipos distintos de almacenes:

- **Almacenes industriales**

Engloba al conjunto de almacenes industriales destinados a albergar materia prima y producto terminado. Sin embargo, dependiendo del tipo de producto que se almacene podemos distinguir entre almacenes de productos semielaborados, de piezas separadas, de recambio, de materias primas, de herramientas y utillaje, de aprovisionamiento general y de productos terminados.

- **Almacenes de distribución**

Los almacenes de distribución no solo tienen el cometido de guardar materiales, sino que también tienen el objetivo de vender productos y mercancías a disposición del consumidor.

- **Depósitos**

Los depósitos se conciben como un lugar donde se colocan mercancías por acuerdo entre el depositante y el depositario.

### 2.2. Movimientos de los materiales

Es importante poner en contexto donde y por qué se producen los movimientos de materiales no solo dentro de un almacén, sino en todos los procesos que implica la logística en una planta industrial. Existen distintos tipos de movimientos de materiales de dentro de una planta industrial que podemos clasificarlos como (A. Arbones Malisani 1990) [1]:





## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



- **Movimientos de trabajo**

Son aquellos pequeños desplazamientos que sufren los materiales, que habitualmente no necesitan de maquinaria, dentro de un puesto de trabajo durante las operaciones de transformación de estos.

- **Movimientos de manutención**

Este tipo de movimientos se refiere a aquellos movimientos moderados entre los distintos puestos de trabajo. Se pueden usar cintas transportadoras u otros sistemas que permitan un flujo continuo de material entre los puestos de transformación.

- **Movimientos de transporte interior**

Se refiere a aquellos movimientos de materiales que se producen entre diferentes áreas o naves de una planta industrial, moviéndose volúmenes medianamente grandes de material.

- **Movimientos de transporte exterior**

Son los movimientos de material relacionado con el aprovisionamiento o la expedición de productos terminados y suele llevar asociado una cantidad de volumen de carga mucho mayor, aunque más intermitente.

### 2.3. Métodos FIFO y LIFO

Para el manejo de los almacenes existen diversos métodos de gestión de las materias que allí se guardan, aunque sin duda los más conocidos y utilizados son los métodos FIFO y LIFO. (FIFO Y LIFO: TÉCNICAS DE GESTIÓN DE LA CARGA 2017) [11].

- **Método FIFO**

El método FIFO en la valoración de stocks en un almacén supone una de las metodologías más utilizadas en la gestión y control de almacenes. Su nombre viene las siglas en inglés “FIRST IN FIRST OUT” que quiere decir el primero en entrar, el primero en salir. Es un método que lo utilizan todas las empresas que tengan productos perecederos como el



## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



sector alimentario u otros sectores donde exista cierta necesidad de renovar el stock continuamente.

Es uno de los métodos existentes más populares debido a que minimiza la pérdida de valor del producto mientras está almacenado y por tanto reporta un beneficio económico para la empresa.

- **Método LIFO**

El método LIFO, de sus siglas en inglés “LAST IN FIRST OUT” es un sistema mucho menos utilizado pero que puede ser utilizado en empresas con productos que no sean perecederos o no pierdan valor rápidamente. Una de las ventajas que tiene con respecto al FIFO es que, en algún caso, según el modo del almacenaje podría darse la situación de que fuese necesario mover los últimos productos en llegar para coger los más antiguos. Esto sería una pérdida de tiempo en almacenes de materia prima con gran volumen de movimiento y productos impercederos.

### 2.4. Tipos de Estantes

El almacenaje es una parte fundamental de la logística que engloba todas aquellas actividades que se dan en el almacén. Su principal labor es la de custodiar que los elementos necesarios para el funcionamiento de las plantas industriales estén cerca de ellas en el momento preciso. Debido a la necesidad de aprovechar el espacio se usan estructuras metálicas verticales, estas estructuras verticales, también se conocen como estantes, son muy habituales en el mundo industrial y existen distintos tipos según el método o las necesidades del almacenaje.

#### 2.4.1. Estante Selectivo

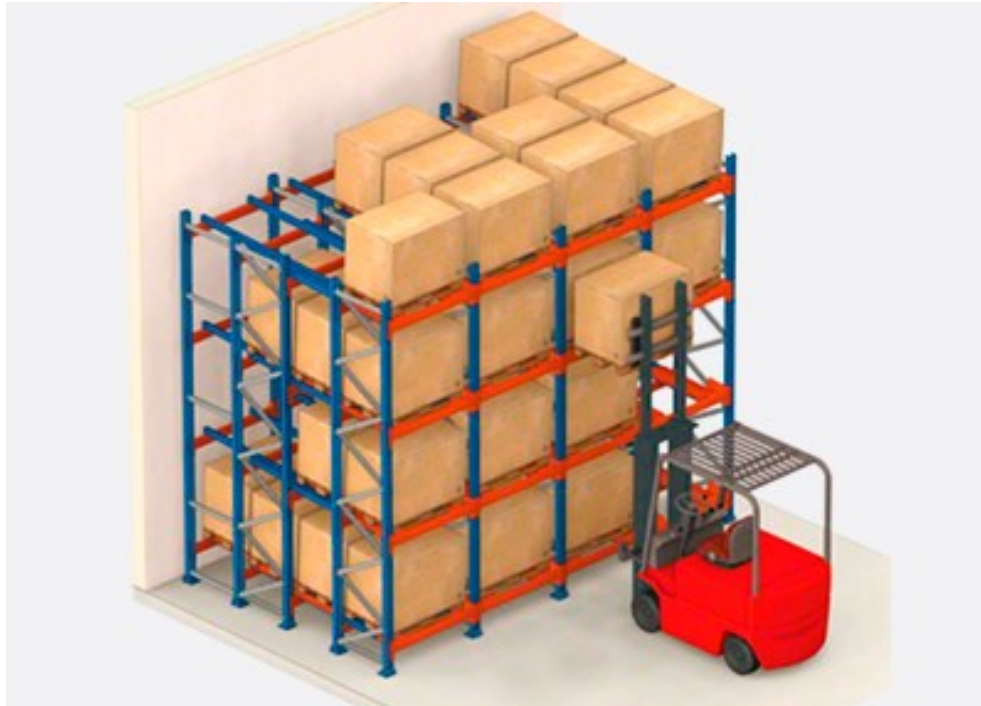
Este tipo de estantería de un solo hueco de profundidad permite cargar o descargar cualquier pallet sin mover ningún otro de forma previa, haciéndolo perfecto para un sistema FIFO y permitiendo a los operarios encargados del manejo de carretillas elevadoras, poder acceder a la carga de forma inmediata. Normalmente se suelen poner dos estantes juntos y a ambos lados pasillos como se muestra en la imagen.



*Figura 1 Almacén con estantes selectivos*

#### **2.4.2. Estante Acumulativo**

Este tipo de estante, al que se le conoce también con el nombre inglés “drive-in”, es un tipo de estante que se usa con la metodología LIFO. Se utiliza cuando tenemos que acumular una gran cantidad de productos del mismo tipo e imperecederos. El operario que maneja la carretilla elevadora, al colocar un nuevo pallet desplaza los que hubiese ya colocados anteriormente hacia atrás como se muestra en la imagen. Por lógica cuando se necesite sacar material del estante, se extraerá el más accesible.



*Figura 2 Estante Acumulativo*

## 2.5. Almacenes Automatizados

Muchas empresas e ingenieros han trabajado desde hace muchos años en la automatización de los almacenes y del área de logística. Muchos de estos avances han permitido mejorar enormemente la eficiencia las labores de almacenaje, llegando al punto de casi una automatización del 100% del proceso. Existen distintas alternativas para la mejora en el departamento de logística que ofrecen diferentes soluciones con ventajas y desventajas asociadas.

### 2.5.1. Robots AGV

También llamados vehículos de guiado automático inteligente; definición que engloba a una serie de robots que son capaces de circular sin conductor por rutas o caminos anteriormente definidos. Existen distintos modelos de robot AGV de distinto grado de sofisticación. Los robots AGV conforman una gran herramienta en la eliminación de accidentes dentro de los procesos que engloba la logística ya que evita errores humanos con las carretillas que puedan acarrear daños físicos para cualquier trabajador de la planta industrial. La forma más habitual de transporte de la carga es levantándola levemente y transportado el carro o el pallet sin tocar el suelo. De todas las maneras, hay



## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



muchos tipos de AGV y existen diversas modalidades de transportar la mercancía.



*Figura 3 Modelo de Robot AGV*

Además, gracias al movimiento que conlleva la industria 4.0 cada vez está más presente en esta forma de automatización del almacén los AGV personalizables, programables y en algunos casos pueden ser controlados online. Debido a todas estas ventajas, a pesar de la fuerte inversión inicial acaba redundando en una reducción de costes del proceso. Como ya se había dicho existen distintos tipos según su guiado y sofisticación.

Los AGV pueden ir guiados por un carril o cable eléctrico, que este pegado a la superficie del suelo de la planta industrial ligeramente enterrado. Estos AGV tienen un sistema que funciona por inducción magnética y gracias a los sensores nunca se sale de su recorrido llevando carga siempre de un origen a un destino fijo. La única desventaja de usar este método es la poca adaptabilidad a los cambios, ya que suele conllevar un mayor esfuerzo modificar el layout de recorridos y rutas a ejecutar por el AGV.

Otra forma de guiar los AGV es mediante tiras de espejo o mediante bandas magnéticas que se adhieren al suelo. Este método utiliza sensores ópticos o magnéticos que permiten seguir el recorrido al robot. La ventaja es una mayor capacidad de cambio del diseño de las rutas dentro del almacén y la planta.



## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



Mediante el avance de la tecnología han aparecido otros métodos para controlar el funcionamiento de los AGV. La aparición de mapeos los 2D y 3D permite que los robots se muevan de forma autónoma mediante rutas que tengan guardados en su memoria interna acompañados de sensores que eviten colisiones con objetos o personas.

### 2.5.2. Transelevadores

Los transelevadores son elementos que se usan en el almacén con el fin de conseguir un almacenaje automatizado reduciendo errores humanos, mejorando la productividad y disponiendo de un inventario permanente.

Alguna de las ventajas que tienen los transelevadores es el maximizar la eficiencia del espacio, optimización de tiempos, reducción del personal necesario de almacenaje y el aumento de la capacidad de almacenaje.

Normalmente los transelevadores son sistemas complejos y están compuestos por un elevado número de componentes y subsistemas.

La “Cuna de elevación” es un bastidor móvil que sirve para la elevación de cargas en vertical con el fin de realizar las funciones de depositar y recoger la carga situada en las estanterías mediante un sistema de horquillas extensibles. La “Cuna de elevación” de los transelevadores funciona gracias a un mecanismo de elevación que impulsa el bastidor verticalmente gracias a la acción de un motor que habitualmente es de corriente alterna (Transelevadores para palets s.f.) [19].

Debido a que la “Cuna de elevación” puede llegar a soportar mucho peso, se sirve de una o dos columnas con chapas de acero de alta resistencia, que tienen en su interior carriles verticales atornillados para guiar la “Cuna de elevación”. Ambas columnas cuentan con testero superior e inferior que permiten a ambas columnas desplazarse longitudinalmente a través de los pasillos en virtud de lo cual pueden moverse por todo el pasillo hasta la posición deseada. Este desplazamiento se produce por la acción de una rueda motriz y una rueda guía que están junto al testero que consiguen un movimiento sobre raíles.

Además, los transelevadores habitualmente cuentan con un sistema de extracción, cintas transportadoras, un armario eléctrico y un sistema de transmisión de datos para garantizar el funcionamiento. Es necesario recalcar, que existen diversos modelos en el mercado de almacenes automatizados con transelevadores y no todos cuenta con los mismos elementos.



Figura 4 Modelo de Transelevador de 1 o 2 columnas

Los transelevadores suele ser sistemas que requieren una elevada inversión inicial y conviene hacer un estudio económico previo, así como un análisis de las necesidades del almacén. No siempre es necesario o posible contar con un sistema de estas características y al realizar una inversión siempre se debe estar seguro del retorno económico.

### 2.5.3. Paletizadora Industrial

Se trata de un robot o brazo robótico que normalmente se suele encontrar al final de la línea de producción pero que, a pesar de estar en el área de producción, hace funciones de logística ya que sirve para apilar el material que sale de la línea. Estos robots sustituyen el trabajo de apilar que antes solía realizar un operario de forma manual. También se pueden utilizar para desapilar al principio de la línea de producción e ir alimentando esta con material.

Estos brazos robóticos normalmente suelen ser de 4 o 6 ejes y habitualmente cuentan con unas servopinzas que le permiten manipular un elevado peso de carga. Una de sus ventajas es su gran velocidad de ciclo y la capacidad de ser programados para realizar ciclos mixtos de carga.



Figura 5 Modelo de Robot de Paletizado

Debido a la existencia de diferentes modelos conviene analizar diversos factores como la carga de trabajo requerida, el espacio necesario o el alcance. Puesto que es necesario realizar una gran inversión conviene analizar los distintos modelos existentes en el mercado, así como las diversas alternativas a este tipo de robots.

#### 2.5.4. ERP en Logística

Los ERP del inglés “Enterprise Resource Planning”, son software de Planificación de Recursos Empresariales que ayudan en la gestión del departamento de logística y en general, de una empresa. Son sistemas de gestión documental cuyas características integran, controlan y automatizan los procesos relacionados con el funcionamiento de una planta industrial, almacén de logística u otro tipo de actividades (Murray 2016) [15].





Figura 6 Empresas líder en ERP

Un ERP, enfocándolo desde la logística, está diseñado para ayudar en las labores de este departamento, que se encarga del control de las tareas repetitivas y mejora la eficiencia. Interviene en procesos como; compras, contabilidad, ventas, control de KPIs.

Permiten extraer información presente e histórica de forma rápida, comunicación con clientes y proveedores mediante datos estandarizados, mejoran la flexibilidad y la escalabilidad del sistema.

Desde hace un tiempo este tipo de software se ha hecho totalmente imprescindible para el desarrollo de las actividades laborales de cualquier empresa del sector industrial y de otros sectores.

#### 2.5.5. Lectores de Códigos de Barras y Cintas transportadoras

En muchos almacenes automatizados se ha optado por la instalación de un sistema combinado que usa un programa inteligente basado en la toma de decisiones a través de la lectura de código de barras. El sistema inteligente toma la decisión de que ruta de cintas transportadoras debe seguir el material. Es muy útil en una empresa cuya logística requiera una alta velocidad de proceso, una elevada carga de trabajo y una diversidad alta de productos y rutas. También, se suele emplear de manera individual los lectores de código de barras para digitalizar el control de movimientos del material entrante y saliente, algo indispensable hoy en día para la logística de cualquier empresa.



## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



El código de barras es un conjunto de líneas paralelas de diferente grosor, separación y longitud que contienen información. Normalmente se sitúa en una pegatina o etiqueta adherida a la superficie de los materiales que se mueven a través del departamento de logística y contienen información que permite identificar un producto dentro de un almacén.

Los lectores de código de barra pueden ser elementos fijos o inalámbricos que son capaces de escanear los códigos por medio de un láser o lector de área Imager. Habitualmente estos dispositivos envían los datos a un terminal u ordenador mediante Wifi, Bluetooth o cable para que estén almacenados y posteriormente se gestionen los datos.

Existen multitud de modelos de lectores de código de barras según las necesidades del departamento de logística de la empresa en la que se aplica. En industrias donde se necesita una lectura constante para los productos o materiales que circulen por un mismo punto a través de una cinta transportadora, se tiende a emplear modelos fijos, mientras que en aquellos procesos donde no haya una velocidad tan alta y prime más la movilidad de empleará un sistema inalámbrico manejado de forma individual por un operario.

Su entrada masiva en el mundo de la logística se explica debido a que mediante un sistema estandarizado se pueden situar y controlar miles de productos de forma rápida, sencilla y eficiente.



# 3

# FIFO/LIFO DIGITAL



### 3. FIFO/LIFO DIGITAL

#### 3.1. Guía de Uso

El FIFO/LIFO Digital es la aplicación que permite al operario y mánager de almacén controlar el estado del stock. Esta aplicación hace la función de interfaz con los sensores, estando relacionada con ellos continuamente ya que recibe datos en forma de barrido digital de todos los sensores. Se ha utilizado Excel para la realización del FIFO/LIFO Digital, ya que Excel es habitual en el control de almacenes y los operarios están familiarizados con su uso. Para la creación de esta herramienta de trabajo, se planificó que el Excel tuviera 5 hojas con diferentes funciones: Recepcionar, Abastecer, Recepciones, Estanterías y Hoja 1.

El FIFO/LIFO Digital esta realizado con VBA (Visual Basic for Applications) que es una herramienta que ofrece el programa Microsoft Excel. Esta herramienta se debe activar dentro de “Opciones de Excel”, después en “Personalizar Cinta de Opciones” activamos la pestaña de “Programador”. Para la recepción de datos se debe activar siguiendo el mismo procedimiento la pestaña de “Transmisor de datos”.

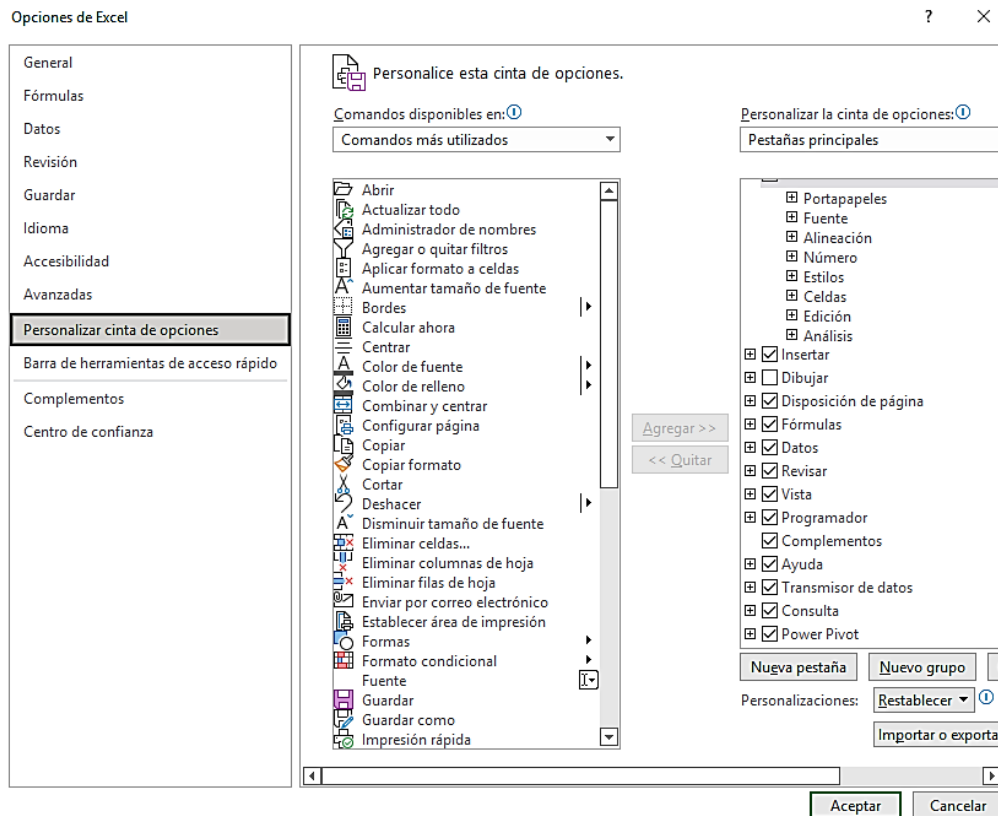


Figura 7 Activar Transmisor de datos y Programador



Ahora en la “Cinta de Opciones” tendremos acceso directo desde “Programador” al código donde se puede modificar aquellos parámetros necesarios en caso de necesidad (Amelot 2019)[4].

### 3.1.1. Hoja Recepcionar

El FIFO/LIFO Digital es un Excel con varias hojas con diferentes funciones cada una. La **Hoja Recepcionar** tiene que utilizarse cuando llega un camión cargado de materia prima al almacén. Los operarios de carretilla son los encargados de descargar los pallets que trae el camión y depositar la materia prima en la zona destinada a chequear el estado de la carga. Una vez comprobado que no hay ningún problema se debe sellar y firmar la documentación del transportista.

Finalizado este proceso, los operarios de almacén deben transportar los pallets desde la zona de chequeo a los huecos de las estanterías libres. Cuando ya se hayan colocado todos los pallets, el operario encargado del proceso debe acercarse al monitor que tenga la aplicación del FIFO/LIFO Digital y pulsar dentro de la página de **Recepcionar** sobre el botón específico del tipo producto que se acaba de colocar. Es importante remarcar que solo una vez finalizada la colocación de todos los pallets en la estantería se debe pulsar el botón.



Figura 8 Hoja Recepcionar

Los botones a los que se hace referencia se encuentran en una columna en la parte izquierda de la pantalla y tienen escritas una referencia interna o SKU. Cada producto o materia prima tiene asociado un SKU único que es una referencia interna del almacén que está compuesto por un código alfanumérico y que permite diferencia y controlar un producto. Normalmente los productos se tienden a dejar en una estantería o área concreta del almacén, ya sea por



## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



comodidad o por costumbre. Es por ello por lo que algunos botones tienen un color distinto a otros, para así ayudar a identificar la zona donde se suele dejar.

La **Hoja Recepcionar** tiene para cada producto dos filas; una con intervalos rojos y verdes, y otra de color negro. Dentro de la fila verde y roja, el tramo rojo indica si la cantidad de stock es mínimo o máximo; y en medio la zona verde que significa que la cantidad que tenemos de stock de una materia prima es la adecuada. Sobre la banda negra aparece en orden cronológico las posiciones de las estanterías ocupadas por cierto producto. Además, junto los botones de cada referencia hay dos celdas que nos indican la cantidad de producto que tenemos en stock y su valor monetario.

Debido a que el programa lo que hace es comparar cuantas posiciones de las estanterías del almacén pasan de estar vacías a llenas, solo se puede meter en las estanterías un solo tipo de producto a la vez. En caso de que el camión portase varios tipos de productos, se procede a colocar en las estanterías del almacén, primero los pallets de un solo tipo de referencia y cuando se haya acabado de colocar todo, el operario debe acudir al monitor donde se encuentra el FIFO/LIFO Digital y pulsar sobre el botón para comenzar a colocar los pallets de otra referencia.

### 3.1.2. Hoja Abastecer

Los almacenes industriales deben abastecer una planta para que las maquinas encargadas de la fabricación o transformación de productos tengan siempre las materias primas que necesiten para su funcionamiento. Así pues, los operarios de almacén, bajo pedido de planta deben llevar los pallets al puesto de fabricación desde donde se ha hecho la llamada. Este movimiento de almacén debe quedar registrado por el FIFO/LIFO Digital y esto se efectuará en la **Hoja Abastecer**.

Una vez el encargado de almacén haya recibido el aviso de llevar un pallet de cierta referencia, deberá acercarse al monitor del FIFO/LIFO Digital, seleccionar que tipo de método se está utilizando FIFO o LIFO, solo si se va a cambiar de método, y después pulsar sobre el botón de dicha referencia. Automáticamente debe salir un mensaje de advertencia en el que aparece cual es la posición de la estantería en la que se encuentra el pallet que según el sistema de debe abastecer. Para confirmar la operación se debe pulsar **Aceptar**. En caso de se vaya a abastecer un producto en zona de stock mínimo, el programa envía un mensaje al correo que se desee avisando del riesgo de ruptura de stock de ese producto.



Figura 9 Hoja Abastecer

Después de esto se debe ir a la posición indicada en el mensaje y llevar el pallet que allí se encuentre hasta el puesto de fabricación desde el que se hizo la llamada.

Para configurar el correo de destino, se debe ir a la [Hoja 1](#) y escribirse en el espacio reservado la dirección de correo del destinatario de los correos de alerta de ruptura stock. Gracias a este sistema el departamento de logística se comunicará de forma automática con el departamento de compras para evitar el desabastecimiento y garantizar el continuo funcionamiento de la planta.

Reset	03/05/2022						Email de destino
1	512	0	0	0	512	0	<a href="mailto:pablodelafuentepoveda@gmail.com">pablodelafuentepoveda@gmail.com</a>
1	513	0	1	1	513	0	
0	514	0	2	0	514	0	
1	515	0	3	1	515	0	

Figura 10 Hoja 1

### 3.1.3. Hoja Recepciones

Para comprobar si hay discrepancias entre lo planificado el FIFO/LIFO Digital tiene la Hoja “Recepciones” donde los encargados o mánager de almacén tienen la posibilidad de anotar todos los días las recepciones previstas en orden cronológico de llegada. En esta hoja se puede escribir la hora, la cantidad y la posibilidad de alertas en la carga. Cada vez que en la hoja “Recepcionar” se pulse un botón de la referencia de una materia prima, automáticamente se



## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



escribirá sobre la hoja “Recepciones” la hora y la cantidad real que se ha almacenado. En caso de no coincidir lo planificado y la realidad tornará la casilla en color rojo.

En la parte inferior hay una celda en la que está escrito “Movimiento Neto”, en la que se puede ver cuánto ha entrado y salido de un cierto producto a lo largo del día tanto en cantidad absoluta como monetaria y en función de si es positivo, negativo o cero, la celda se pondrá verde, rojo o gris respectivamente.

Al finalizar el día el encargado del almacén debe pulsar sobre el botón “Nuevo día” que se encuentra en la esquina superior izquierda para que se envíe un correo con el resumen del día de recepciones y se guarde un documento .pdf del día. Además, automáticamente el FIFO/LIFO Digital reinicia la página “Recepciones”.

Nuevo día	M227		M224		M226		PS04		TH
Manifiesta	Prevista	Real	Prevista	Real	Prevista	Real	Prevista	Real	Prevista
Cantidad	256	256	256	256					
Hora	18:30:00	18:38:02	18:36:00	18:39:40					
Alerta y notificación	na	na	na	na					
Manifiesta	Prevista	Real	Prevista	Real	Prevista	Real	Prevista	Real	Prevista
Cantidad	45								
Hora	19:35:00								
Alerta y notificación	na								
Manifiesta	Prevista	Real	Prevista	Real	Prevista	Real	Prevista	Real	Prevista
Cantidad									
Hora									
Alerta y notificación									
Manifiesta	Prevista	Real	Prevista	Real	Prevista	Real	Prevista	Real	Prevista
Cantidad									
Hora									
Alerta y notificación									
Manifiesta	Prevista	Real	Prevista	Real	Prevista	Real	Prevista	Real	Prevista
Cantidad									
Hora									
Alerta y notificación									
Movimiento Neto	256	- 2	256	- 2					
Monetario	294,401	- 2,301	768,001	- 6,001	-	-	-	-	-
Total		292,101		762,001		-		-	
03/05/2022									

Figura 11 Hoja Recepciones





### 3.1.4. Hoja Estanterías

Esta hoja del FIFO/LIFO Digital tiene como principal función dar una imagen rápida a los operarios de carretillas y encargados de almacén del estado de una estantería. Mediante la pestaña que se encuentra en la parte superior se selecciona la estantería que quieren ver para así de un vistazo rápido ver la disponibilidad de una zona del almacén. Así el operario de carretilla puede acercarse al monitor del FIFO/LIFO Digital antes de comenzar a colocar los pallets en la estantería y no perder tiempo buscando huecos en los diferentes pasillos. Las posiciones de las estanterías ya ocupadas están con un fondo sombreado mientras que las que aún están vacías no tienen nada. Esta hoja del Excel no sirve para guardar información, solo pretende ser una ayuda en la optimización de tiempos.

ESTANERIA	ESTANERIA 1									
1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
3	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
4	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57

Figura 12 Hoja Estantería

### 3.1.5. Hoja 1

La **Hoja 1** tiene el botón **RESET**, el cual permite al usuario reiniciar el FIFO/LIFO Digital eliminando todos los valores después de haber realizado una copia de seguridad en fichero pdf. También cuenta con un espacio reservado para que el usuario especifique la dirección de correo a la que deben ser enviadas las alertas y mensajes que genera el FIFO/LIFO Digital. Además, cuenta con las Listas 1 y 2 que posteriormente se explicará su propósito dentro del funcionamiento del programa.



### 3.2. Programación

La programación utilizada en este modelo está hecha con Visual Basic. Este lenguaje de programación creado por Alan Cooper en 1991 es un dialecto de BASIC creado con la intención de simplificar la programación creando un ambiente de desarrollo y se utiliza para las macros en las aplicaciones de Microsoft entre las que se está Excel.

En este proyecto el programa se divide en diversos módulos con, a su vez, múltiples funciones en su interior. Además, se ha programado para que cada uno de los botones del FIFO/LIFO Digital ejecute las funciones necesarias para la correcta gestión y control del almacén en sus diversas tareas de la forma más automatizada posible. Uno de los objetivos del programa es que el usuario pueda utilizar el FIFO/LIFO Digital pulsando el menor número de botones y evitando así la pérdida de tiempo en el monitor.

Cada una de las hojas contiene botones que son capaces de ejecutar diferentes macros. De forma ordenada por hojas se expondrá cómo funcionan y el propósito de las distintas funciones en las que se apoyan las macros.

La programación utilizada en los distintos botones de [Hoja Recepcionar](#) tiene un funcionamiento similar entre sí pues siguen una estructura idéntica, con la excepción de que actúan sobre celdas distintas del Excel.

Al pulsar cualquier botón de esta página, se ejecuta una macro individual para cada botón, pero como se ha dicho antes con funcionamiento similar entre sí. Lo primero que sucede, es que el código generará un mensaje de aviso que aparece en pantalla en el que se pide confirmación para continuar con la recepción de la referencia ligada al botón y en caso positivo seguir con la ejecución del código. En la parte superior del mensaje advierte de que tarda en ejecutarse un minuto (el minuto se debe a la velocidad a la que se puede transmitir los datos de forma segura).

Pasado este tiempo, comenzará a ejecutarse el código de la macro, que a su vez tiene que ejecutar en orden cronológico las funciones [Lista\\_Nueva1](#), [Comparalistas\\_XXXX](#) y [Copiar\\_tablaantigua](#).



## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



```
Private Sub CommandButton1_Click()  
  
    Dim Msg, Style, Title, Help, Ctxt, Response, MyString  
    Msg = "¿ Quieres recepcionar el producto de SKU MZ27 ? "  
    Style = vbOKCancel  
    Title = "Advertencia: Tarda un min en ejecutarse"  
    Help = "DEMO.HLP"  
    Ctxt = 1000  
  
    Response = MsgBox(Msg, Style, Title, Help, Ctxt)  
    If Response = vbOK Then  
        Application.OnTime Now + TimeValue("0:01:10"), "Lista_Nueval"  
        Application.OnTime Now + TimeValue("0:01:12"), "Comparalistas_MZ27"  
        Application.OnTime Now + TimeValue("0:01:20"), "Copiar_tablaantigua"  
    End If  
End Sub
```

Figura 13 Código de un botón de la Hoja "Recepcionar"

### 3.2.1. Función Lista\_Nueva1

La función [Lista\\_Nueva1](#), como se ve en la figura 13, es la primera de las tres funciones que se ejecutan cuando se pulsa en algún botón de la [Hoja Recepcionar](#). Esta función sirve para actualizar la lista 2, que está en la [Hoja1](#) del Excel.

```
Sub Lista_Nueval()  
    Sheets("Entrada de datos").Select  
    Range("TBL_HST[[CH1]:[CH4]]").Select  
    Selection.Copy  
    Sheets("Hojal").Select  
    Range("E3").Select  
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _  
        :=False, Transpose:=False  
    Application.CutCopyMode = False  
    Sheets("Hojal").Select  
    Range("E3:F514").Select  
    ActiveWorkbook.Worksheets("Hojal").Sort.SortFields.Clear  
    ActiveWorkbook.Worksheets("Hojal").Sort.SortFields.Add2 Key:=Range("E3:E514") _  
        , SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:=xlSortNormal  
    With ActiveWorkbook.Worksheets("Hojal").Sort  
        .SetRange Range("E3:F514")  
        .Header = xlNo  
        .MatchCase = False  
        .Orientation = xlTopToBottom  
        .SortMethod = xlPinYin  
        .Apply  
    End With  
    Sheets("Hojal").Select  
    Range("G3:H514").Select  
    ActiveWorkbook.Worksheets("Hojal").Sort.SortFields.Clear  
    ActiveWorkbook.Worksheets("Hojal").Sort.SortFields.Add2 Key:=Range("G3:G514") _  
        , SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:=xlSortNormal  
    With ActiveWorkbook.Worksheets("Hojal").Sort  
        .SetRange Range("G3:H514")  
        .Header = xlNo  
        .MatchCase = False  
        .Orientation = xlTopToBottom  
        .SortMethod = xlPinYin  
        .Apply  
    End With  
End Sub
```

Figura 14 Código de la función Lista\_Nueva1



## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



El código de esta función se encarga de extraer la información que llega a la página de **Entrada de datos** donde se escriben los datos continuamente que llegan al Excel por el puerto Serie desde el Arduino Nano. Debido a que, los datos por seguridad se envían con un intervalo de tiempo entre datos de 150 ms, se debe esperar un minuto a que se hayan transmitido todos los datos antes de ejecutar esta función. Una vez transcurrido el minuto, se copian las celdas de la **Hoja Entrada de datos** y se pegan en la Lista 2 de la **Hoja1**. Después, el programa ordenará de menor a mayor la Lista 2 para su posterior comparación. Esto es necesario debido a la aleatoriedad del momento en el que el operario pulsa un botón para **Recepcionar**. Para poder comparar las listas más tarde, debemos primero hacer que las listas sean equivalentes, es decir, que el dato correspondiente a la posición cero de las estanterías del almacén ocupe la primera posición de la lista, la posición uno el segundo y así consecutivamente como se ve en la figura 15. Por ello ordenamos de manera ascendente de menor a mayor.

LISTA 1				LISTA 2			
0	1	512	0	0	0	512	0
1	1	513	0	1	1	513	0
2	0	514	0	2	0	514	0
3	1	515	0	3	1	515	0
4	0	516	0	4	0	516	0
5	1	517	0	5	1	517	0
6	0	518	0	6	0	518	0
7	1	519	0	7	1	519	0
8	1	520	0	8	0	520	0
9	1	521	0	9	1	521	0
10	0	522	0	10	0	522	0
11	1	523	0	11	1	523	0
12	0	524	0	12	0	524	0
13	1	525	0	13	1	525	0
14	0	526	0	14	0	526	0
15	1	527	0	15	1	527	0
16	0	528	0	16	0	528	0
17	1	529	0	17	1	529	0
18	1	530	0	18	0	530	0

Figura 15 Listas 1 y 2 de la "Hoja1"



### 3.2.2. Función Comparalistas\_XXXX

La función compara listas es la única función que es diferente y específica para cada referencia que hay en la **Hoja Recepcionar** ya que cada botón actúa sobre unas celdas diferentes en el Excel. Sin embargo, todas las funciones tienen un modo de trabajo idéntico entre sí. El cometido de esta función es, primero comparar las listas 1 y 2 de la **Hoja1**, segundo escribir en la **Hoja Recepcionar** aquellas posiciones que pasen de estar vacías a llenas y, por último, actualizar los valores internos de funcionamiento del FIFO/LIFO Digital.

```
Sub Comparalistas_M227()  
,  
' Comparalistas27_1 Macro  
,  
  
Dim Valor1, Valor2, Valor3, Valor4, Valor5, Valor6, Valor7, Valor8, valor9 As Integer  
Dim contador1, contador2, cont, recepciones1, recepciones2, recepciones3 As Integer  
Dim Rango As Range  
  
Valor1 = 0  
Valor2 = 0  
Valor3 = 0  
Valor4 = 0  
Valor5 = 0  
Valor6 = 0  
Valor7 = 0  
Valor8 = 0  
contador1 = 3  
  
Sheets("Recepcionar").Select  
cont = Range("B3").Value  
recepciones1 = cont  
Sheets("Recepciones").Select  
recepciones3 = Range("C35").Value  
Sheets("Recepcionar").Select  
recepciones2 = Range("B2").Value  
recepciones2 = recepciones2 + 1  
Range("B2").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = recepciones2  
  
Do  
Sheets("Hojal").Select  
Valor1 = Range("A" & contador1).Value  
Sheets("Hojal").Select  
Valor2 = Range("E" & contador1).Value  
Sheets("Hojal").Select  
Valor3 = Range("B" & contador1).Value  
Sheets("Hojal").Select
```

Figura 16 Código de la función "Comparalistas"



## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



```
Valor4 = Range("F" & contador1).Value
If Valor1 = Valor2 Then
  If Valor4 > Valor3 Then
    cont = cont + 1
    Sheets("Recepcionar").Select
    Set Rango = Range("B3")
    Set Rango = Rango.Offset(, cont)
    Rango.Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = Valor1
    Sheets("Recepcionar").Select
    Range("B3").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = cont
  End If
End If
contador1 = contador1 + 1
Loop While contador1 <= 515

contador2 = 3

Do
  Sheets("Hojal").Select
  Valor5 = Range("C" & contador2).Value
  Sheets("Hojal").Select
  Valor6 = Range("G" & contador2).Value
  Sheets("Hojal").Select
  Valor7 = Range("D" & contador2).Value
  Sheets("Hojal").Select
  Valor8 = Range("H" & contador2).Value
  If Valor5 = Valor6 Then
    If Valor8 > Valor7 Then
      cont = cont + 1
      Sheets("Recepcionar").Select
      Set Rango = Range("B3")
      Set Rango = Rango.Offset(, cont)
      Rango.Select
      ActiveCell.FormulaR1C1 = Valor5
      Sheets("Recepcionar").Select

      Range("B3").Select
      ActiveCell.FormulaR1C1 = cont
    End If
  End If
  contador2 = contador2 + 1
Loop While contador2 <= 515

valor9 = cont - recepciones1
If recepciones2 = 1 Then
  Sheets("Recepciones").Select
  Range("D5").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = valor9
  Range("D7").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = Time
End If
If recepciones2 = 2 Then
  Sheets("Recepciones").Select
  Range("D13").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = valor9
  Range("D15").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = Time
End If
If recepciones2 = 3 Then
  Sheets("Recepciones").Select
  Range("D21").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = valor9
  Range("D23").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = Time
End If
If recepciones2 = 4 Then
  Sheets("Recepciones").Select
  Range("D29").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = valor9
  Range("D31").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = Time
End If
recepciones3 = recepciones3 + valor9
Sheets("Recepciones").Select
Range("C35").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = recepciones3
End Sub
```

Figura 17 Código de la función "Comparalistas"





## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



El código de un botón cualquiera de la **Hoja Abastecer** tiene cierta similitud con el código de **Comparalistas**, ya que ambos funcionan igual para todas las referencias, pero utilizando distintas celdas del Excel sobre las que actuar.

### 3.2.4. Función AbastecerXX\_XX

El código de la función **Abastecer**, implementado en todos los botones de la **Hoja Abastecer**, funciona diferente según el método, FIFO o LIFO, seleccionado ya que cada uno selecciona una posición diferente del almacén que se debe abastecer y esta se muestra a través de un mensaje de advertencia que aparece en pantalla una vez se pulsa el botón. En el caso del FIFO, el código buscará cual fue la primera posición del almacén en ser ocupada y en el caso del LIFO la última para la referencia que se desee abastecer.





## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



```
Sub AbastecerMZ_27()  
'  
' MZ_27 Macro  
'  
    Dim posicion1, posicion2, cont, metodo, recepciones As Integer  
    Dim Rango As Range  
    Dim Msg, Style, Title, Help, Ctxt, Response, MyString  
    Dim OutlookApp As Outlook.Application  
    Dim Email As Outlook.MailItem  
    Dim correo_destino As String  
  
    Set OutlookApp = New Outlook.Application  
    Sheets("Hojal").Select  
    correo_destino = Range("J2").Value  
  
    Sheets("Abastecer").Select  
    metodo = Range("A3").Value  
    Sheets("Recepcionar").Select  
    cont = Range("B3").Value  
    Sheets("Recepcionar").Select  
    posicion1 = Range("C3").Value  
    Sheets("Recepcionar").Select  
    Set Rango = Range("B3")  
    Set Rango = Rango.Offset(, cont)  
    posicion2 = Rango.Value  
    Sheets("Recepciones").Select  
    recepciones = Range("D35").Value  
  
    If metodo = 1 Then  
        Response = MsgBox("Abastecer el producto de SKU MZ27 en posición:" & posicion1, vbOKCancel, "Advertencia", "DEMO.HLP",  
            If Response = vbOK Then  
                cont = cont - 1  
  
                Sheets("Recepcionar").Select  
                Range("B3").Select  
                ActiveCell.FormulaR1C1 = cont  
  
                Sheets("Recepcionar").Select  
                Range("C3").Select  
                Selection.Delete Shift:=xlToLeft  
                recepciones = recepciones + 1  
                Sheets("Recepciones").Select  
                Range("D35").Select  
                ActiveCell.FormulaR1C1 = recepciones  
            End If  
        End If  
    If metodo = 2 Then  
        Response = MsgBox("Abastecer el producto de SKU MZ27 en posición: " & posicion2, vbOKCancel, "Advertencia", "DEMO.HLP",  
            If Response = vbOK Then  
                cont = cont - 1  
  
                Sheets("Recepcionar").Select  
                Range("B3").Select  
                ActiveCell.FormulaR1C1 = cont  
  
                Sheets("Recepcionar").Select  
                Rango.Select  
                Selection.Delete Shift:=xlToLeft  
                recepciones = recepciones + 1  
                Sheets("Recepciones").Select  
                Range("D35").Select  
                ActiveCell.FormulaR1C1 = recepciones  
            End If  
        End If  
    If cont <= 4 Then  
        Set Email = OutlookApp.CreateItem(olMailItem)  
        With Email  
            .To = correo_destino  
            .Subject = "Rotura de stock"  
            .Body = "Riesgo de rotura de stock de MZ27"  
            .Send  
        End With  
    End If  
End Sub
```

Figura 19 Código de la función AbastecerXX\_XX



## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



Además, el código de la función **Abastecer** se encarga de actualizar la lista de posiciones y la cantidad que hay almacenada de una referencia en la **Hoja Recepcionar**. También, el código hace que se actualice la cantidad neta que sale del almacén en un día en la **Hoja Recepciones**.

También, la función tiene la capacidad de enviar un correo en caso de que se produzca riesgo de ruptura de stock. Se da un aviso inmediato a la dirección de que hay falta del stock de la referencia abastecida y está cerca de agotarse.

### 3.2.5. Función día\_nuevo

Esta función se ejecuta desde el código del botón **Día Nuevo** de la **Hoja Recepciones** cuando un operario al final de cada día laborable pulse sobre este botón.

Esta función sirve principalmente para reiniciar la **Hoja Recepciones** limpiando su tablero y dejando en esta hoja espacio para que al día siguiente el mánager o encargado de almacén pueda anotar cuales son las recepciones de material previstas durante el día y comprobar así, al final de este, si hay correlación entre lo previsto y planificado. También, esta función se encarga de reiniciar los contadores internos que utiliza el sistema para ir acumulando los datos.

Sin embargo, es muy importante que todos los datos almacenados durante el día no se pierdan cuando se reinicia la hoja al final del día. Para evitar tal cosa, se guarda un archivo pdf con la información recopilada del día anterior. Además, se envía a una dirección correo, que se puede personalizar en una celda destinada para ello en la **Hoja1**, con la información de movimientos dentro del almacén en formato pdf.



## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



```
Sub dia_nuevo()  
.  
' Reset Macro  
.  
.  
  
Dim Lista1, Lista2, Lista3, Lista4, Lista5 As Range  
Dim Celda As Object  
Dim OutlookApp As Outlook.Application  
Dim Email As Outlook.MailItem  
Dim Adjunto As Outlook.Attachments  
Dim correo_destino As String  
  
Set OutlookApp = New Outlook.Application  
Sheets("Hojal").Select  
correo_destino = Range("J2").Value  
  
Sheets("recepciones").Select  
ActiveSheet.ExportAsFixedFormat Type:=xlTypePDF, Filename:= _  
    "C:\Users\Usuario\Desktop\FIFO-LIFO Digital.pdf", Quality:=xlQualityStandard _  
    , IncludeDocProperties:=True, IgnorePrintAreas:=False, OpenAfterPublish:= _  
    True  
Set Email = OutlookApp.CreateItem(olMailItem)  
Set Adjunto = Email.Attachments  
Adjunto.Add "C:\Users\Usuario\Desktop\FIFO-LIFO Digital.pdf", _  
    olByValue, 1, "FIFO-LIFO Digital"  
With Email  
    .To = correo_destino  
    .Subject = "Resumen día"  
    .Body = "Recepciones y movimientos netos de logística"  
    .Send  
End With  
  
Sheets("Recepciones").Select  
Set Lista1 = Range("C5:AB9")  
For Each Celda In Lista1  
    Celda.FormulaR1C1 = ""  
Next Celda  
Sheets("Recepciones").Select  
Set Lista2 = Range("C13:AB17")  
For Each Celda In Lista2  
    Celda.FormulaR1C1 = ""  
Next Celda  
Sheets("Recepciones").Select  
Set Lista3 = Range("C21:AB25")  
For Each Celda In Lista3  
    Celda.FormulaR1C1 = ""  
Next Celda  
Sheets("Recepciones").Select  
Set Lista4 = Range("C29:AB33")  
For Each Celda In Lista4  
    Celda.FormulaR1C1 = ""  
Next Celda  
Sheets("Recepciones").Select  
Set Lista5 = Range("C35:AB35")  
For Each Celda In Lista5  
    Celda.FormulaR1C1 = ""  
Next Celda  
  
Sheets("Recepcionar").Select  
Range("B2").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = 0  
Sheets("Recepcionar").Select  
Range("B26").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = 0  
Sheets("Recepcionar").Select  
Range("B29").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = 0  
Range("B32").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = 0  
Range("B35").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = 0  
Range("B38").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = 0  
  
End Sub
```

Figura 20 Código de la función día\_nuevo



## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



Con lo explicado hasta ahora ya se han expuesto todas las funciones de las hojas **Recepcionar**, **Abastecer** y **Recepciones**. El botón de **RESET** se encuentra en la **Hoja1** del FIFO/LIFO Digital y tiene la función de reiniciar todo el programa de Excel. Cuando se pulsa este botón es debido a que se quiere dejar en blanco todas las celdas que contengan la información de las posiciones de las estanterías ocupadas de cada referencia. Este botón no se debe pulsar salvo en situaciones especiales.

En la imagen inferior se muestra el código que se ejecuta cuando se pulsa sobre el botón de **RESET**, con sus funciones.

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
    dia_nuevo  
    Arranque1  
    Arranque2  
    borrar  
End Sub
```

*Figura 21 Código del botón Reset*

La función **día\_nuevo** ya había sido mencionada en este documento y es la primera de las cuatro que se ejecutan en este código. Las funciones **Arranque 1** y **Arranque 2** son idénticas pero aplicadas sobre distintas celdas.



### 3.2.6. Funciones Arranque y Borrar

La función [Arranque 1](#) y [2](#) tienen la simple funcionalidad de escribir un 0 en todas las posiciones de las listas 1 y 2 de la [Hoja 1](#). Esto sería equivalente a decir que todas las posiciones de las estanterías están vacías, o lo que es lo mismo, no hay nada en el almacén. Cuando el programa arranca o se reinicia es normal que las estanterías del almacén aún no hayan sido llenadas con material.

```
Sub Arranque1 ()
' Arranque Macro
  Sheets("Hojal").Select
  Range("B3").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = "0"
  Range("B3").Select
  Selection.AutoFill Destination:=Range("B3:B514"), Type:=xlFillDefault
  Range("B3:B514").Select

  Sheets("Hojal").Select
  Range("f3").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = "0"
  Range("f3").Select
  Selection.AutoFill Destination:=Range("f3:f514"), Type:=xlFillDefault
  Range("f3:f514").Select

End Sub
Sub Arranque2 ()

' Arranque Macro
  Sheets("Hojal").Select
  Range("D3").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = "0"
  Range("D3").Select
  Selection.AutoFill Destination:=Range("D3:D514"), Type:=xlFillDefault
  Range("D3:D514").Select

  Sheets("Hojal").Select
  Range("h3").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = "0"
  Range("h3").Select
  Selection.AutoFill Destination:=Range("h3:h514"), Type:=xlFillDefault
  Range("h3:h514").Select

End Sub
```

*Figura 22 Código de la función Arranque*

La función [borrar](#) es la última de las cuatro funciones que se ejecutan dentro del código del botón **RESET**. Es una función muy simple que tiene como tarea limpiar las posiciones del almacén que ya estuvieran registradas como ocupadas para cada una de las referencias en la [Hoja Recepcionar](#).



## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



```
Sub borrar ()

    Sheets ("Recepcionar").Select
    Range ("C3:RB3").Select
    Selection.Delete Shift:=xlToLeft
    Range ("B3").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "0"

    Sheets ("Recepcionar").Select
    Range ("C6:RB6").Select
    Selection.Delete Shift:=xlToLeft
    Range ("B6").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "0"

    Sheets ("Recepcionar").Select
    Range ("C9:RB9").Select
    Selection.Delete Shift:=xlToLeft
    Range ("B9").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "0"

    Sheets ("Recepcionar").Select
    Range ("C12:RB12").Select
    Selection.Delete Shift:=xlToLeft
    Range ("B12").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "0"

    Sheets ("Recepcionar").Select
    Range ("C15:RB15").Select
    Selection.Delete Shift:=xlToLeft
    Range ("B15").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "0"
```

*Figura 23 Código de la función Borrar*



# 4

# DISEÑO DEL HARDWARE



## 4. Diseño del Hardware

### 4.1. Sensores Fotoeléctricos Retro-reflexivos

Los sensores fotoeléctricos son muy comunes en la industria, con múltiples aplicaciones, modelos, capacidades y formas de uso. Se suelen usar para labores de conteo de partes, conveyors, detección de vidrio, detección de personas y control de compuertas, aunque en realidad se pueden usar en infinidad de aplicaciones.

Los sensores fotoeléctricos retro-reflexivos, son un tipo de sensores fotoeléctricos con la característica de contar un emisor y un receptor de luz que están juntos en la misma carcasa. La base del funcionamiento de estos sensores está en que el haz de luz que emana del emisor debe ser detectado por el receptor, el cual detecta si ha habido algún objeto o perturbación cerca del sensor que haya desviado o modificado el haz de luz (Manesis y Nikolakopoulos 2020)[13].

Existen otros sensores utilizados en la industria que son capaces de detectar la presencia de objetos y que fueron objeto de estudio como alternativa para este proyecto. Se estudiaron las características de cada una de las opciones y su coste.

El sensor capacitivo es un sensor cuya tecnología se basa en el acoplamiento capacitivo (Baxter 1996)[8]. Funciona mediante la comparación de la capacidad conductiva o el dieléctrico de un material frente al del aire. Existen muchos tipos de sensores capacitivos, con distintas funciones, como medir proximidad, presión, posición, desplazamiento, humedad, nivel de un líquido y fuerza. También se usan en aplicaciones táctiles como móviles, Tablet e interfaces táctiles. Una desventaja frente a los sensores fotoeléctricos es el rango de distancia de detección del material. Normalmente se necesita una distancia muy pequeña para que el sensor capacitivo sea capaz de detectar cierto material y es este factor el que hace que sea muy complicado su uso en un almacén industrial.

Otra opción que se tuvo en cuenta en la realización de este proyecto fue el uso de pulsadores. Un pulsador es un elemento que permite el paso de electricidad cuando algo o alguien lo pulsa, y deja de conducir cuando se deja de apretar ya que vuelve a su posición inicial gracias un muelle. Es muy similar a un interruptor común y son muy habituales en la industria. El problema que





## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



acarrear su uso en este proyecto era un problema de desgaste. El movimiento de los pallets por las carretillas elevadoras en las estanterías dañaría el pulsador debido a las fuerzas y pesos que se manejan.

Los sensores fotoeléctricos parecen la mejor opción para este proyecto, ya que cumplen con los requisitos necesarios de funcionamiento. Normalmente se clasifican en tres modos de detección que tienen los sensores fotoeléctricos para su funcionamiento.

La detección difusa se produce cuando un haz de luz que es emitido desde el emisor se refleja parcialmente en el objeto que se quiere detectar y por tanto una cierta cantidad de luz, la suficiente como para ser detectada, llega al receptor. En la detección con reflexión, se utiliza un reflector o cinta reflectante colocada en frente del sensor para hacer que el haz luz que sale del emisor, que puede ser infrarrojo o laser, vuelva reflejado al sensor. Cuando un objeto se interpone entre el espejo y el sensor, el receptor detecta la ausencia de luz reflejada. El tercer método de detección es el conocido como modo barrera. Se utilizan dos sensores fotoeléctricos enfrentados entre sí creando una barrera en la que un sensor hace de emisor y el otro de receptor. Cuando un objeto se interpone entre ambos sensores y la luz no llega al receptor, se produce la conmutación.

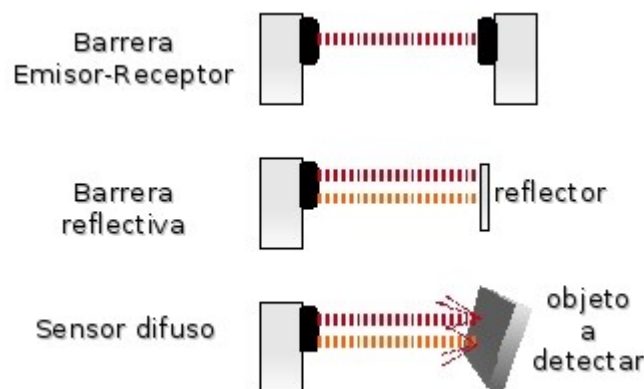


Figura 24 Métodos de Funcionamiento de los sensores fotoeléctricos

El haz de luz que emite el sensor es normalmente luz polarizada que se refleja en un reflector espacial, por lo que el receptor solo detectará la luz en caso de que reciba luz de este tipo. La luz que nos llega del sol es luz no polarizada y por tanto no sería detectada por el sensor.

Para este proyecto se ha utilizado un sensor de fotocélula infrarroja con reflector de espejo, tipo retrorreflectante. Concretamente se ha utilizado un modelo G18-3B2PC, con una capacidad de distancia de detección de hasta 2



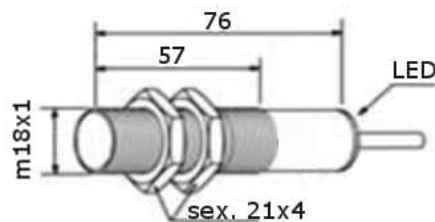
## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



metros. El sensor tiene un modo de funcionamiento interno PNP NC+NO, es decir, que funciona como un fototransistor PNP y que se puede conectar la salida en un circuito eléctrico en modo Normalmente Abierto y también en Normalmente Cerrado. Algunos de sus datos técnicos son:

- Carcasa de plástico cilíndrica de 18 mm de diámetro y 76 mm de longitud.
- Capacidad para detectar objetos metálicos, no metálicos, transparentes y opacos a 2 metros de distancia.
- Tensión de alimentación en corriente continua de 10-30 V y en corriente alterna de 90-250 V.
- Un consumo en continua inferior a los 15 mA y en alterna de 10 mA.
- Una velocidad de respuesta de 2 ms en continua y 20 ms en alterna.
- Grado de protección IP66.
- Temperaturas de trabajo de -25°C a 55°C.

### Medidas em milímetros



### Esquema eléctrico

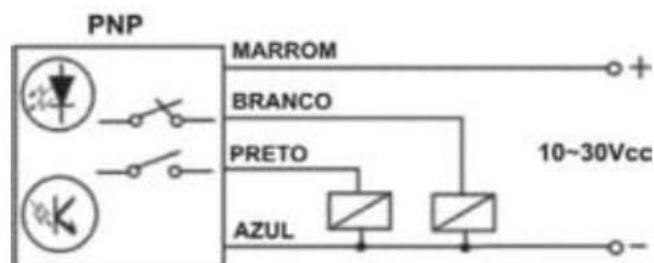


Figura 25 Esquema del sensor G18-3B2PC



## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



Como se ve en el esquema superior el sensor tiene cuatro cables que lo conectan con el circuito eléctrico. El cable marrón se debe conectar a fase y el cable azul a neutro. Además, dispone de otros dos cables, el cable blanco se usa si funciona en modo normalmente cerrado y el negro si es normalmente abierto. Para este proyecto se conecta el cable negro, ya que se trabaja con normalmente abierto y el marrón se conecta a una fuente de 12 V en corriente continua.



Figura 26 Sensor Fotoeléctrico G18-3B2PC

En las estanterías los sensores fotoeléctricos se dispondrán en un circuito eléctrico en el que estarán conectados en paralelo entre sí, estando todos conectados a la misma fuente de tensión y a la misma tierra mediante el uso de conectores divisores de cableado.



Figura 27 Conector divisor de cableado

Además, la disposición de los sensores dentro de cada una de las celdas de las estanterías debe responder al criterio de buscar una posición en la que se esté seguro de que no vaya a ser golpeado por el movimiento de pallets de materias primas y que tenga la capacidad de detectar la presencia de cualquier objeto que se introduzca en el estante.

La elección final de este tipo de sensor a utilizar en este proyecto no solo se realizó en base a criterios técnicos, valorando las distintas alternativas existentes en la industria; sino que también tiene mucha importancia los factores económicos. Debido a que cada posición del almacén debe ser monitorizada con un sensor, es necesario la utilización de tantos sensores como posiciones tenga el almacén. Es por ello, que se deben tener en cuenta aspectos como el precio de compra del producto o el consumo energético.



## 4.2. Arduino Nano

Arduino es una plataforma electrónica de acceso libre que se dedica a la realización de software y hardware libres. Esta compañía diseña y manufactura placas de desarrollo hardware para la realización de dispositivos digitales.

Uno de los productos de Arduino es el Arduino Nano, que es una placa de desarrollo de tamaño compacto, compatible con protoboards y basada en un microcontrolador.

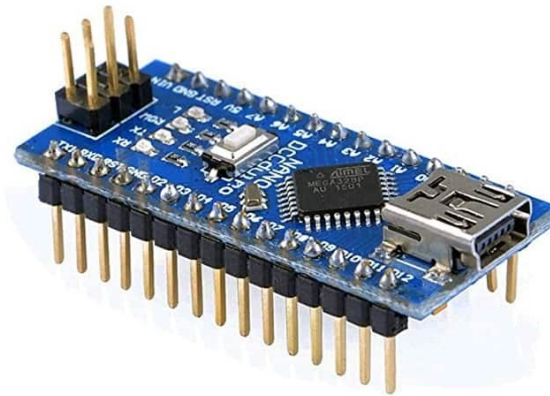


Figura 28 Arduino Nano

El microchip en el que se basa el Arduino Nano es el ATmega168 o el ATmega328P. En este proyecto se usa el ATmega168, que es un microcontrolador de la familia megaAVR fabricado por la compañía ATmel, la cual fue absorbida desde 2016 por la multinacional Microchip Technology Incorporated. Este es un microcontrolador con una CPU tipo RISC, de 8 bits y arquitectura tipo Harvard. Algunas de las características técnicas de este microcontrolador son:

- Encapsulado cuadrado de 32 pines
- Dispone de una memoria Flash programable de 16 KB con la capacidad read-while-write
- Una memoria EEPROM de 512B de capacidad
- 23 líneas de propósito general de Entrada/Salida
- 32 registros de propósito general
- Watchdog con temporizador programable.



## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



Como se ve en la imagen, el microcontrolador es núcleo central del Arduino Nano aportándole capacidad de procesamiento. La placa de Arduino se conecta con el resto de los elementos mediante los 22 pines de Entrada/Salida digital (de los cuales 6 ser usados como PWM), un conector Mini-USB, terminales para conexión ICSP y 6 entradas analógicas. Hay que añadir, que el Arduino Nano dispone de un cristal de cuarzo 16 MHz, un botón de RESET y 4 leds.

Tiene unas dimensiones de 18x45mm, consume 19 mA, debe ser alimentado con un voltaje de 7 a 12V y tiene la capacidad de dar en corriente continua un máximo de 40 mA por cada pin de entrada/salida y su suma total de 200 mA máx.

El Arduino Nano, debido a la capacidad del ATmega168, es un dispositivo programable y para ello cuenta con un programa para PC. Este programa es IDE (Entorno Integrado de Desarrollo) que nos permite acceder a todas las herramientas de desarrollo del microcontrolador: editor de textos, compilador y programador. Para este proyecto se configuran en la zona de "Herramientas" el tipo de placa base (Arduino Nano), el puerto y el procesador a utilizar (ATmega168).

duino 1.8.5

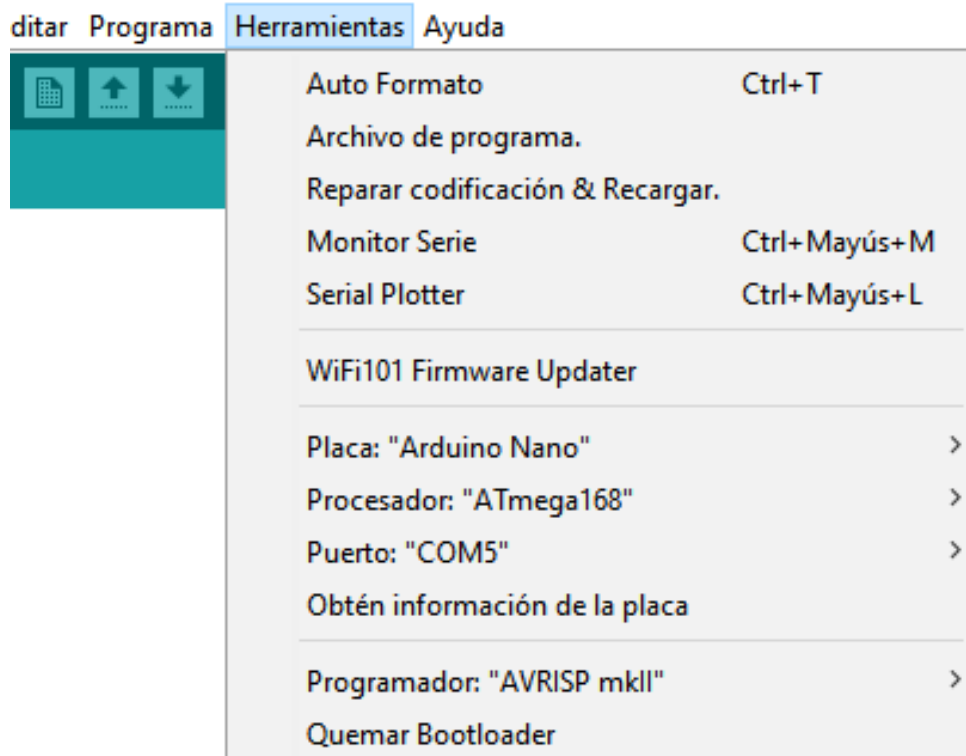


Figura 29 Configuración de la Aplicación de Arduino



## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



El lenguaje que se utiliza para programar el Arduino es un C++ con adaptaciones que proveniente de avr-libc que provee de una librería de C de alta calidad para usar con GCC en los microcontroladores AVR de Atmel y muchas funciones específicas para los MCU AVR de Atmel.

El programa tiene la capacidad de transformar lenguaje de alto nivel (C++ que utiliza el usuario en la App de Arduino para programar) en lenguaje máquina mediante el uso de un programa compilador. El lenguaje máquina son un conjunto de instrucciones en lenguaje binario, que son capaces de ser ejecutadas por un microcontrolador. Una vez el programa de Arduino ha compilado y transformado en lenguaje máquina, se generan el fichero del código máquina que es transmitido desde un PC al Arduino mediante el Mini-USB para grabar la memoria del microcontrolador.

Para este proyecto se buscaba generar una serie de señales de salida que realicen un barrido digital de todas las posiciones del almacén, para lo cual se debe programar los pines digitales del microprocesador necesarios como modo salida. El conjunto de pines destinados a salida genera una señal de 10 bits, por lo que nos da la posibilidad de chequear posiciones desde la 0 hasta la 1023.

Igual que un profesor pasa lista a los alumnos en clase para comprobar su asistencia, el programa “pregunta” a cada una de las posiciones del almacén si su estado es lleno o vacío. Siguiendo con la analogía del profesor y la clase, el programa del Arduino necesita un canal de respuesta y por ello se codifican dos pines digitales como entrada.

Para facilitar al usuario la comprensión de la lectura de las posiciones que están ocupadas se ha decidido que el 1 representa ocupado y el 0 vacío. Nótese en la figura 31 que ambos pines de entrada están programados como entrada digital `INPUT_PULLUP` y esto va a suponer que posteriormente se tengan que invertir las lecturas de los pines de entrada, es decir, que la recepción de un 0 se transforme en un 1 y viceversa debido a la configuración del resto del circuito que hará que cuando se lea una posición llena se transmita un 0. Más adelante se explicará la razón del uso de la configuración `PULLUP` cuyo esquema se muestra en la figura inferior.



## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.

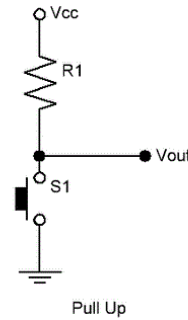


Figura 30 Configuración del Pin 12 y 13 en Pull Up

Una vez ya finalizada la configuración del estado de los pines se crea un bucle sin salida `void loop()` donde se escribe el programa que se va a ejecutar de forma continua. En su interior, para chequear todas las posiciones, se utilizan tantos bucles anidados como bits tenga la señal de salida, en este caso 10 bucles `for()`. Para el funcionamiento de los bucles se debe introducir un contador que nos permita salir de los mismos (Monk s.f.)[14].

Mediante la función de la librería “Serial” que permite la comunicación del Arduino Nano a través de un “Puerto Serial” con otros dispositivos, vamos a poder leer en una pantalla de ordenador el valor de los pines de entrada, utilizando la instrucción `Serial.print()`. De un vistazo estaremos viendo la posición de la estantería que el Arduino está leyendo y a la vez, el estado (lleno/vacío) en el que se encuentra (Aliverti 2019)[3].

Antes de transmitir la información, hay que inicializar la comunicación y configurar los baudios con el comando `Serial.begin()`. Hay que asegurarse de que la interfaz con la que se quiere comunicar vaya a tener la misma capacidad de recibir de información por segundo que la que es transmitida a través de la de comunicación con el “Puerto Serial” para evitar errores. También es importante configurar una velocidad compatible con la de trabajo del propio microprocesador.

En caso de que un almacén no necesitase chequear 1024 posiciones ya que sus dimensiones sean más pequeñas, tan solo será necesario realizar unas pequeñas modificaciones en el código, como reducir el número de pines digitales designados como de salida, aunque en caso de que no se modificase nada tampoco habría ningún problema en el funcionamiento general del sistema.





## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



```
int digitalValue12 = 0;
int digitalValue13 = 0;
int b,c,d,e,f,g,h,i,j,contad;

void setup() {
  // open the serial port at 9600 bps:
  Serial.begin(9600);
  pinMode(2, OUTPUT);
  pinMode(3, OUTPUT);
  pinMode(4, OUTPUT);
  pinMode(5, OUTPUT);
  pinMode(6, OUTPUT);
  pinMode(7, OUTPUT);
  pinMode(8, OUTPUT);
  pinMode(9, OUTPUT);
  pinMode(10, OUTPUT);
  pinMode(11, OUTPUT);
  pinMode(12, INPUT_PULLUP);
  pinMode(13, INPUT_PULLUP);
}

void loop() {
  contad=0;
  for(b=0;b<=1;b++){
    for(c=0;c<=1;c++){
      for(d=0;d<=1;d++){
        for(e=0;e<=1;e++){
          for(f=0;f<=1;f++){
            for(g=0;g<=1;g++){
              for(h=0;h<=1;h++){
                for(i=0;i<=1;i++){
                  for(j=0;j<=1;j++){
                    if(j==1){digitalWrite(11,HIGH);}
                    if(j==0){digitalWrite(11,LOW);}
                    if(i==1){digitalWrite(10,HIGH);}
                    if(i==0){digitalWrite(10,LOW);}
                    if(h==1){digitalWrite(9,HIGH);}
                    if(h==0){digitalWrite(9,LOW);}
                    if(g==1){digitalWrite(8,HIGH);}
                    if(g==0){digitalWrite(8,LOW);}
                    if(f==1){digitalWrite(7,HIGH);}
                    if(f==0){digitalWrite(7,LOW);}
                    if(e==1){digitalWrite(6,HIGH);}
                    if(e==0){digitalWrite(6,LOW);}
                    if(d==1){digitalWrite(5,HIGH);}
                    if(d==0){digitalWrite(5,LOW);}
                    if(c==1){digitalWrite(4,HIGH);}
                    if(c==0){digitalWrite(4,LOW);}
                    if(b==1){digitalWrite(3,HIGH);}
                    if(b==0){digitalWrite(3,LOW);}
                    if(b==1){digitalWrite(2,HIGH);}
                    if(b==0){digitalWrite(2,LOW);}
                    // read the analog input on pin 12:
                    delay(100);
                    digitalValue12 = !digitalRead(12);
                    digitalValue13 = !digitalRead(13);
                    Serial.print(contad);
                    Serial.print(",");
                    Serial.print(digitalValue12);
                    Serial.print(",");
                    Serial.print(contad+512);
                    Serial.print(",");
                    Serial.print(digitalValue13);
                    Serial.println();
                    contad++;
                  }
                }
              }
            }
          }
        }
      }
    }
  }
}
```

Figura 31 Código del Arduino Nano



### 4.3. Placa Base Central

Una placa base o placa madre (motherboard en inglés) es una tarjeta de circuito impreso o PCB (printed circuit board) que une una serie de componentes electrónicos en un espacio reducido (Taub 1 de junio de 1981) [18].

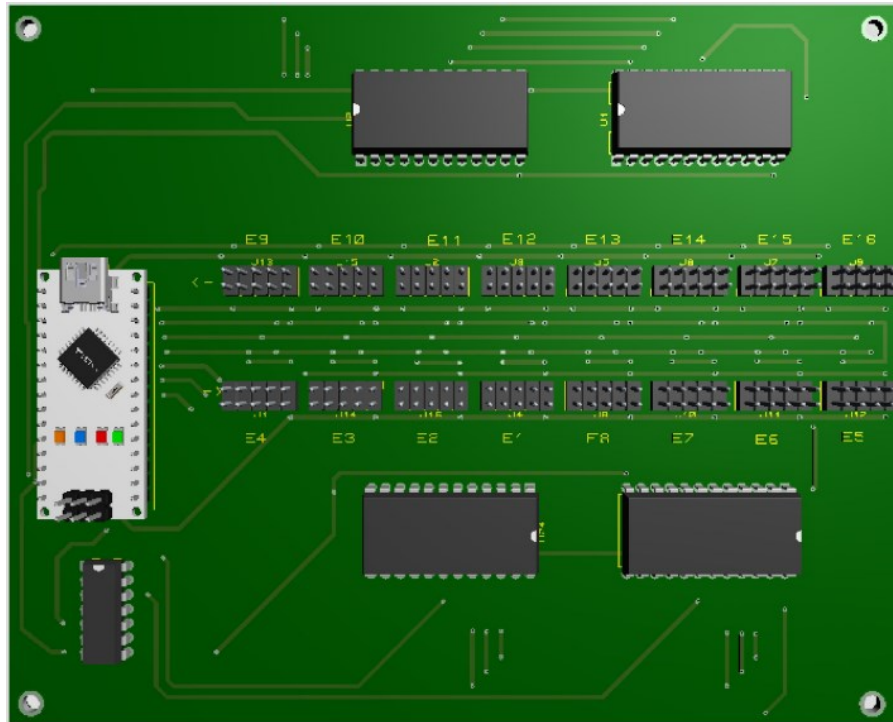


Figura 32 Placa Base Central

Para este proyecto se ha diseñado una placa base a la que se ha llamado “Placa Base Centra” ya que esta placa base es la más cercana al monitor o PC donde se encuentra el FIFO/LIFO Digital y porque de esta placa salen una serie de cables que la conectan con otras placas base secundarias.

En esta Placa Base Central se sitúan elementos como el Arduino Nano (con el microprocesador ATmega168 gracias al cual adquiere la capacidad de procesamiento) y otros componentes electrónicos como decodificadores, inversor y cabezales de pines, que se expondrán a continuación.



En el siguiente esquema se muestra como es la conexión de los distintos componentes dentro de la Placa Base Central.

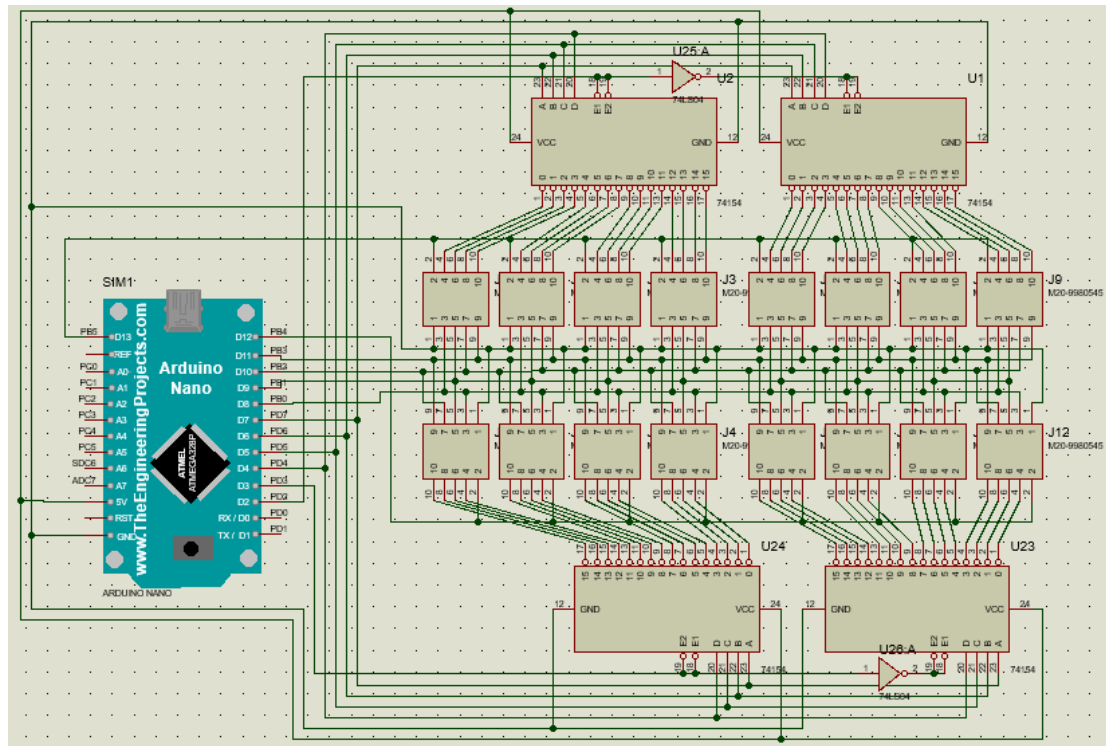


Figura 33 Esquemático de la Placa Base Central

La Placa Base Central gracias a sus componentes consigue mandar señales que se transmiten por cable a otras placas base con la información necesaria para que se puedan activar los sensores fotoeléctricos en el momento adecuado y así poder saber el estado de las estanterías del almacén. La información que se envía por cable codificada a otras placas base en código binario indica la posición exacta a activarse.

#### 4.3.1. Decodificador 74LS154

Como muchos componentes electrónicos, los decodificadores son circuitos formados por puertas lógicas, por tanto, es un circuito combinacional, con A bits entradas y como máximo  $2^A$  líneas de salida, cuya función es transformar un código binario de entrada de A bits que represente un número entero y activar una sola de las salidas. Se podría decir que cada una de las posibles combinaciones de unos y ceros que existen para la entrada corresponde a una



## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



sola de las salidas. Habitualmente estos circuitos se suelen encontrar como decodificador/demultiplexor ya que el demultiplexor puede realizar las funciones de un decodificador. Generalmente se usan para direccionar posiciones de memoria, aunque en este proyecto no desempeñan tal función.

La Placa Base Central cuenta con cuatro decodificadores 74LS154 y otros cuatro se sueldan a cada una de las Placa Base Estanterías. Al igual que la mayoría de los chips, el decodificador es una estructura de pequeñas dimensiones de material semiconductor. Tiene un circuito lógico protegido por un encapsulado de plástico y se conecta con la placa base mediante terminales o patillas metálicas. En el caso del 74LS154 hay 24 terminales como se ve en el esquema de la imagen inferior. Además de las 4 entradas (A, B, C, D) y 16 salidas, tiene un terminal, el número 24, para conectar a una fuente de alimentación en continua de 5V y otro terminal, el doce, que se conecta a GND (tierra).

También cuenta con dos terminales habilitantes, los números 18 y 19 (G1 y G2), los cuales habilitan el decodificador en caso de que les llega un 0. Los decodificadores dan un valor 1 a todas los terminales menos al terminal que se activa por el código de entrada que tiene un valor 0, es decir, que la salida activa tiene un nivel bajo.

Inputs					Outputs																	
G1	G2	D	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
L	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	L	L	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H
L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H
L	L	L	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H
L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H
L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L
L	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H

H = HIGH Level  
L = Low Level  
X = Don't Care

Figura 34 Tabla de Funcionamiento del 74LS154



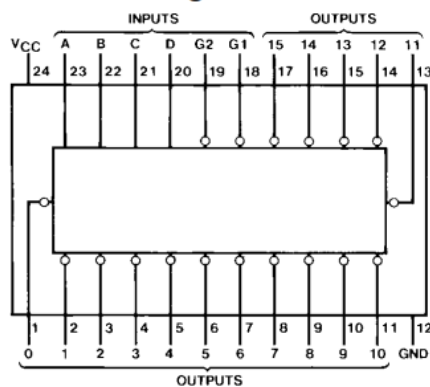
## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



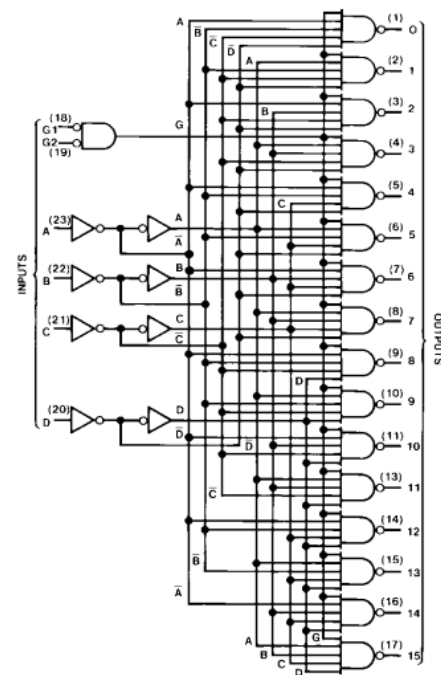
Otras características técnicas del decodificador 74LS154 son, tiene un consumo que nunca es superior a 14 mA y un rango de temperaturas de trabajo al aire libre de entre 0°C y 70°C.

El circuito interno del decodificador/demultiplexor que va dentro del encapsulado de plástico está formado por una serie de puertas inversoras (NOT) y puertas NAND. En la Figura inferior se puede ver cuál es el esquema lógico que sigue el 74LS154.

**Connection Diagram**



**Logic Diagram**



*Figura 35 Esquema del decodificador 74LS154*

En este proyecto los cuatro decodificadores de la Placa Base Central tienen sus pines conectados con los del Arduino Nano. Su función es decodificar las señales que le envía el Arduino Nano y activar la salida correspondiente. Cada una de las salidas está unida mediante un bus a uno de los de los terminales del cabezal de pines macho que hay sobre la Placa Base Central. Tanto la alimentación de 5V como la conexión a tierra será gracias a la conexión con el Arduino Nano.



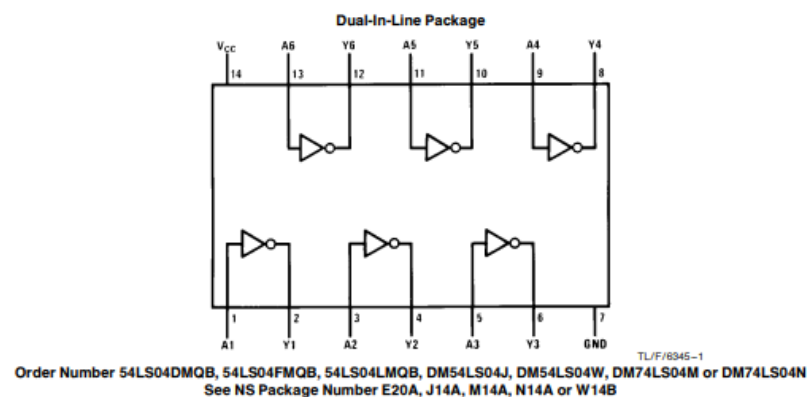
### 4.3.2. Inversor 74LS04

Un inversor es fundamentalmente una puerta lógica NOT, es decir, tiene la función de invertir la entrada. Si a la entrada llega un 1, la salida será y si por el contrario entra un 0 la salida será 1.

El 74LS04 es un chip con un circuito de electrónico de semiconductores con seis puertas lógicas NOT que al igual que la mayoría de los chips va dentro de un encapsulado de plástico con catorce terminales o patillas metálicas que lo unen al PCB. Un terminal, el número 14, está destinada a la alimentación  $V_{CC}$  que debe de ser de 5V y otro terminal, el número 7, está destinado a la conexión a GND (tierra).

Algunas de sus características técnicas son, un consumo que como máximo es de 6 mA y unas temperaturas en las que puede operar al aire libre de entre 0°C Y 70°C. En la figura inferior del esquema de conexiones del 74LS04 vemos como es el funcionamiento interno de las puertas lógicas y en función de esto se puede diseñar debemos como conectar los buses a las patillas metálicas del chip.

#### Connection Diagram



#### Function Table

Y = $\bar{A}$	
Input	Output
A	Y
L	H
H	L

H = High Logic Level  
L = Low Logic Level

Figura 36 Esquema del inversor 74LS04



## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



Al igual que los decodificadores, el inversor 74LS04 que está sobre la Placa Base Central, recibe la alimentación Vcc de 5V y la conexión a GND mediante buses que lo unen con el Arduino Nano. El cometido que cumple el 74LS04 dentro de la Placa Base Central es el de permitir al Arduino Nano controlar dos decodificadores mediante un solo bit de información. Gracias al inversor podemos activar un decodificador y a la vez estar desactivando otro con un solo bit.

### 4.3.3. Cabezal de Pines M20-9980545

Los cabezales de pines M20-9980545 que están en la Placa Base Central, están conectados con los decodificadores 74LS154 y con el Arduino Nano. Cuatro de sus diez pines al están conectados con el Arduino Nano y envían las señales de este de manera directa, mientras que otros cuatro reciben la señal también del Arduino, pero ya habiendo sido modificado por un decodificador antes de enviarse. Otro de los pines se destina a recibir la señal de “respuesta” de los sensores fotoeléctricos; señal que debe llegar hasta el Arduino Nano para que este lo mande, a su vez, al FIFO/LIFO Digital. En los cabezales de pines M20-9980545 se conectan los cables que unen la Placa Base Central con el resto de las placas base. Hay que añadir que el cable que se conecte al cabezal de pines M20-9980545 debe ser un cable con un cabezal hembra.



Figura 37 Cabezal de pines M20-9980545

Como los cables que se conectan la placa base central con otras placas base, las cuales tienen cabezales de pines hembras, los cables que transmiten la información de 10 bits deben de ser macho-hembra como los que se muestra en la imagen inferior.



Figura 38 Hembra-Macho de 10 cables

#### 4.4. Placa Base Estanterías

Una Placa Base Estantería tiene una capacidad de controlar una estantería con 64 sensores fotoeléctricos, aunque realmente se pueden utilizar en una estantería de un almacén cualquier tamaño, siempre que sea inferior. La Placa Base Estanterías cuenta con elementos electrónicos, algunos ya expuestos anteriormente, como son cuatro decodificadores 75LS154, un cabezal de 10 pines M20-7830546, una conexión para fuente de alimentación ATX 24 pines, 64 optoacopladores 4N33 y bloques de terminales de tornillo de 2 pines, todos ellos conectados entre sí como se muestra en la siguiente imagen.

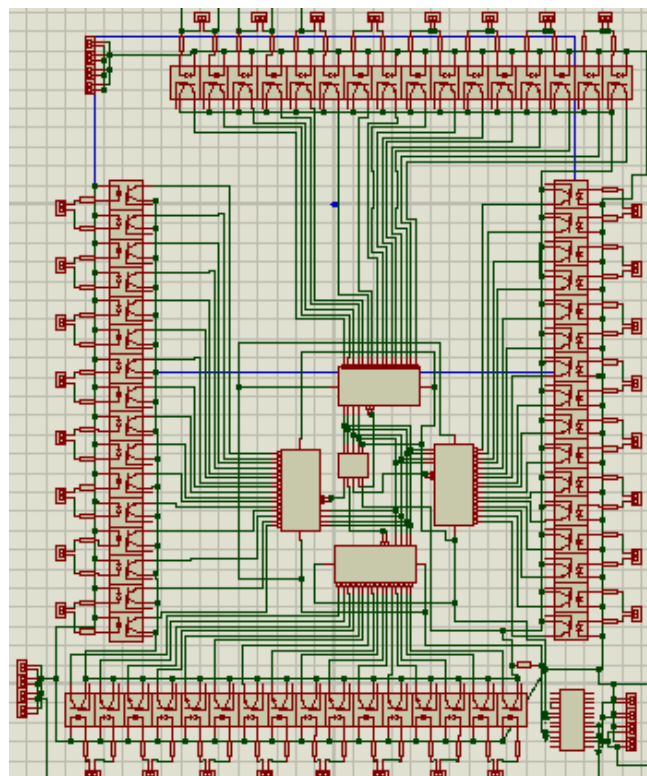


Figura 39 Esquemático de la Placa Base Estanterías





## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



La Placa Base Estanterías es controlada desde la Placa Base Central a través del cabezal de 10 pines, que transmite la información de sensor que se debe leer la información. El cabezal de pines se sitúa en el centro de la placa y los TBLOCK-I2 donde se conectan los sensores en los bordes de la placa. En la siguiente imagen se muestra el aspecto real que tiene la Placa Base Estanterías.

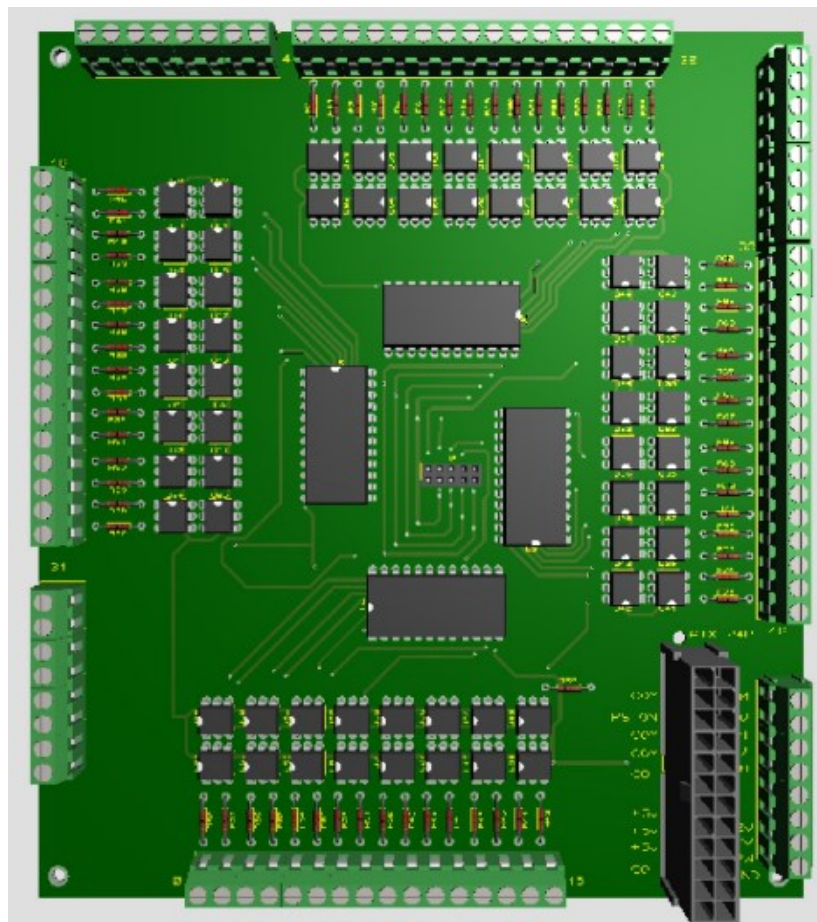


Figura 40 Placa Base Estanterías

Se había expuesto anteriormente que los 74LS154 tienen 2 pines de habilitación y 4 donde reciben la información de que pin se activa. La información que necesita la Placa Base Estanterías y los decodificadores la recibe a través del cabezal de pines M20-7830546. Este cabezal de 10 pines hembra está unido con los decodificadores que hay en la PCB, los cuales van activando sus salidas en función de la señal que les llegue.



## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.

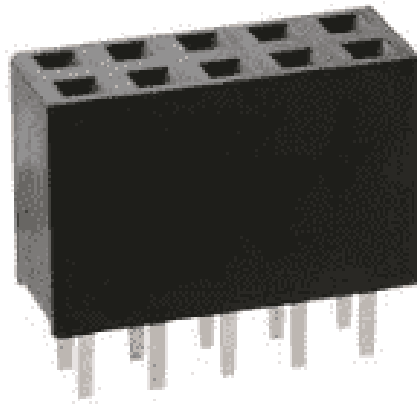


Figura 41 cabezal de pines M20-7830546

Como ya se había expuesto anteriormente, los decodificadores tienen su salida activa en nivel bajo, mientras que las salidas inactivas mantienen un nivel alto. Sin embargo, es necesario que suceda lo contrario para que funcione correctamente el sistema. Puesto que se ha diseñado este proyecto para que los sensores envíen una señal de su estado, de forma individual, necesitamos que solo uno de los pines del decodificador este esté activo y el resto inactivos. Por tanto, se invierte la señal con un 74LS04 de la salida de los decodificadores 74LS154. Sin embargo, se necesita un elemento más para poder recibir la señal de los sensores.

Como no se puede estar activando y desactivando continuamente los sensores fotoeléctricos; ya que estos funcionan dentro de un circuito eléctrico con voltajes de trabajo muy elevados, que no se utilizan en un circuito de electrónica; es necesario utilizar algún elemento de unión entre ambos circuitos. Esto se debe a que, tanto el voltaje de alimentación de los sensores del modelo G18-3B2PC como su amperaje de salida tiene unos valores muy elevados para los componentes de la PCB. Así pues, surge la necesidad de buscar un elemento que nos ayude a unir dos circuitos.

Existía la opción de utilizar elementos mecánicos como relés, pero resultó no ser una buena opción debido a su baja velocidad de trabajo y otros factores que hacen que no sea la opción elegida. Es por ello por lo que en este proyecto se utilizan optoacopladores.



#### 4.4.1. Optoacoplador 4N33

Los optoacopladores son componentes electrónicos, que se encapsulan en un chip de 6 terminales. Son dispositivos de emisión-recepción con dos circuitos electrónicos en su interior en el que uno hace de interruptor del otro.

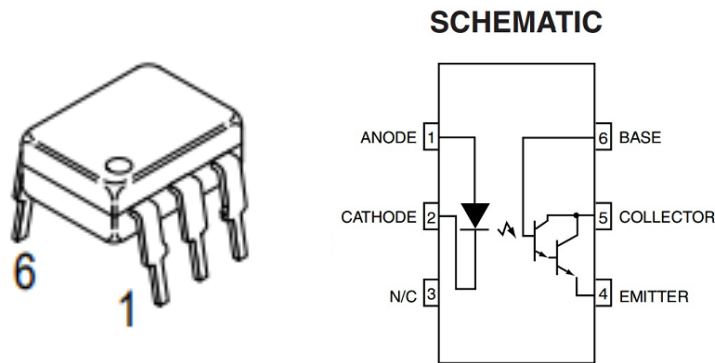


Figura 42 Esquema de un optoacoplador

Los optoacopladores tienen un LED en su interior que emite luz cuando circula una corriente a través suyo y un fototransistor, el cual satura cuando recibe luz. Normalmente, los optoacopladores sirven para proteger un circuito de excesos de corriente. Como se ve en el esquema de la Figura 42 no hay contacto entre ambos circuitos, es decir, que no circula electricidad de uno a otro. Simplemente, el optoacoplador actúa de interruptor para el circuito que pasa por el colector y emisor, es decir, entre los terminales 5 y 4.

Como ya se explicó en el apartado 6.2 sobre la configuración de los pines de Arduino, los pines de entrada 12 y 13, destinados a la recepción de información, están configurados como INPUT\_PULLUP. Estos pines se conectan con el terminal 5 del optoacoplador, es decir, el colector. El terminal 1 del optoacoplador está conectado a los sensores fotoeléctricos y en caso de que este no detecte un objeto, no circulará corriente por el LED y el fototransistor está en corte. Por tanto, siempre que no detecte un objeto el sensor tendremos 5V en el terminal 5 y también el pin 12 o 13, es decir, un 1 lógico.

En el caso de que sí que se esté detectando un objeto, existen dos posibilidades. Una es que el optoacoplador reciba 5V en el emisor y también en el colector, puesto que el decodificador tiene sus salidas inactivas en nivel alto. La otra posibilidad, es que debido al barrido digital el decodificador active la



## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



salida correspondiente (en nivel bajo con 0V) que está conectada al emisor del optoacoplador y, por tanto, como el fototransistor estaba en estado de saturación, ya que ahora circulaba corriente por el LED, tendremos un 0 lógico en el emisor, colector y en los pines 12 y 13.

El modelo de optoacoplador que se ha utilizado en este proyecto es el 4N33. Alguna de las características técnicas de este chip son el uso, como es habitual en los optoacopladores, de un compacto de 6 pines y un foto transistor Darlington.

### 4.4.2. Terminales TBLOCK-I2

Los terminales TBLOCK-I2 tienen la función de conectar una PCB con los cables de elementos externos. La conexión se realiza introduciendo un cable en el espacio que hay en la parte frontal del terminal y luego con un tornillo que hay su parte superior se cierra el espacio para que las pletinas hagan contacto.

En este proyecto los terminales TBLOCK-I2 tendrán la utilidad de conectar los sensores fotoeléctricos a la Placa Base Estanterías, la cual cuenta con 48 de estos terminales.



Figura 43 Terminales de tornillo de 2 pines TBLOCK-I2



#### 4.4.3. Fuente de Alimentación

Toda PCB o dispositivo electrónico debe tener alguna fuente de alimentación que se encarga de proporcionar la alimentación a todos los integrados de la Placa Base Estanterías. La fuente de alimentación se encarga de gestionar la entrada de energía procedente de la red eléctrica (230 V en corriente alterna 50 Hz) para darle energía al dispositivo. Debido a que los dispositivos electrónicos funcionan con voltajes mucho menores (12V, 5V o 3,3V) y en corriente continua, se hace imprescindible que se adapte la energía de entrada en la PCB.

Para alimentar las PCB de este proyecto se ha utilizado dos métodos. En la Placa Base Central se utiliza una alimentación mediante cable USB que se conecta al Arduino Nano y además de permitir la comunicación con otros dispositivos con puerto USB, proporciona una alimentación de 5V en continua. Por otro lado, la Placa Base Estanterías tiene una alimentación un cable ATX 24 pines.

La fuente de alimentación que se ha usado es una CV serie CV450 Corsair de 450 vatios y certificación 80 PLUS Bronce con un 88% de eficiencia, que genera menos calor y reduce el coste energético al adaptar la energía. Esta fuente de alimentación se conecta con la PCB mediante un cable de 24 pines, el ATX 24 pines, que proporciona pines de 3,3V, 5V y 12V; además de pines destinados al neutro, el PS\_ON destinado al arranque, etc.

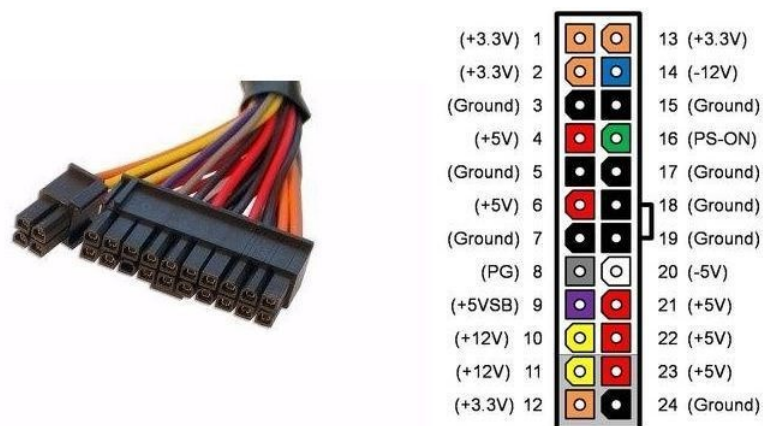


Figura 44 ATX 24 pines para conectar fuente de alimentación



# 5

# ESTUDIO ECONÓMICO



Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.





## 5. Estudio Económico

### 5.1. Introducción

Este proyecto busca crear una alternativa viable que pueda competir en el mercado con otros modelos de automatización logística que ya existen en el mercado.

Como ya se avanzó en los capítulos iniciales, este modelo novedoso de automatización del almacén no pretende competir en nivel de sofisticación y tecnología, sino que pretende dar una solución económica para empresas que no estén dispuestas a realizar una inversión tan elevada como suponen otros modelos.

La necesidad de realizar un estudio económico que nos permita evaluar los costes de la consecución de este proyecto para poder así dar una respuesta a la pregunta de la viabilidad de este proyecto.

A continuación, se expondrán los costes que tendría que afrontar una empresa que desee contar con este modelo de logística para almacenes. Además, se valorarán otros aspectos como una estimación del coste frente a beneficio obtenido tras la inversión.

### 5.2. Presupuesto Económico

A continuación, se va a elaborar un supuesto de un presupuesto para una nave con 1024 posiciones, que es la máxima capacidad de sensores que puede albergar el modelo. Los sensores se situarán en estantes selectivos con 64 posiciones cada uno, es decir, que el supuesto de almacén contará con 16 estantes en total. Las estanterías se unen de dos en dos, por lo que hay 8 pasillos por los que los operarios pueden moverse con las carretillas elevadoras y acceder a los pallets. Para este supuesto, se estiman unas medidas del espacio destinado al almacenaje de al menos  $900m^2$  (45m x 20m) sumando tanto las estanterías como los pasillos.

En este supuesto se desglosan todas las partidas del proyecto, con una estimación de los precios en los que se no incluyen IVA.





Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



La primera partida corresponde a la del cableado que será necesaria para la instalación eléctrica y para la conexión entre elementos del proyecto.

Presupuesto:					
1.Cableado					
Código	Unidades	Resumen	Precio Ud.	Cantidad	Precio T.
1.1	Mts.	Cable de aluminio unipolar 1x16mm <sup>2</sup> 1000V	0,53€	29200	15.476€
1.2	Mts.	Cable de unión Dupont entre PCB macho-hembra de 10 bits o similar	0,85€	710	610,24€
1.3	Ud.	Conectores de unión entre cables	2,01€	16	32,16€
1.4	Ud.	Fuente de alimentación CV serie CV450 Corsair de 450 vatios, certificación 80 PLUS Bronce o similar	16,52€	16	264,32€
<b>Total</b>					<b>16382,7€</b>

La siguiente partida describe los costes que supondrían la fabricación de las PCB y los componentes necesarios para su funcionamiento:



Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



Presupuesto:					
2.PCB					
Código	Unidades	Resumen	Precio Ud.	Cantidad	Precio T.
2.1	Ud.	Placa Base Central sin componentes	37,19€	1	37,19€
2.2	Ud.	Placa Base Estanterías sin componentes	247,93€	16	3966,88€
2.3	Ud.	Decodificador 74154 de 4 entradas y 16 salidas o similar	3,7€	68	251,6€
2.4	Ud.	Inversor 74LS04 de 14 pines	0,52€	1	0,52€
2.5	Ud.	Terminales de 10 pines de conexión de las PCB	0,51€	32	16,32€
2.6	Ud.	Placa de desarrollo Arduino Nano y cable USB	4,53€	1	4,53€
2.7	Ud.	Optoacopladores en chip de 6 pines para la unión con los sensores	0,77€	1024	788,48€



Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



2.8	Ud.	Terminales de tornillo de 2 pines TBLOCK-I2	1,06€	575	610,56
2.9	Ud.	Cajas de plástico de protección para las placas base	12,76€	17	216,92€
<b>Total</b>					<b>5.893€</b>

La partida de los sensores incluye tanto los sensores como los elementos necesarios para su fijación a las estanterías del almacén.

<b>Presupuesto:</b>					
<b>3.Sensores Fotoeléctricos</b>					
<b>Código</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resumen</b>	<b>Precio Ud.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio T.</b>
3.1	Ud.	Sensor fotoeléctrico retro-reflexivo modelo G18-3B2PC o similar, con espejo incluido	4,52€	1024	4637,61€
3.2	Ud.	Abrazaderas metálicas de sujeción para los sensores fotoeléctricos	0,84€	1024	860,56€
3.3	Ud.	Fijación para los espejos reflectores a las estanterías	0,43€	1024	448,52€
<b>Total</b>					<b>5.946,7€</b>

<b>Presupuesto:</b>					
<b>4.FIFO/LIFO Digital</b>					
<b>Código</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resumen</b>	<b>Precio Ud.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio T.</b>



**Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.**



4.1	Horas	Tiempo de programación del FIFO/LIFO DIGITAL aplicación en Excel con VBA	20€	50	1000€
<b>Total</b>					<b>1.000€</b>

Por último, se hace una partida específica para el montaje de toda la instalación eléctrica correspondiente al proyecto y de los sensores en las estanterías.

<b>Presupuesto:</b>					
<b>5.Montaje</b>					
<b>Código</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resumen</b>	<b>Precio Ud.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio T.</b>
5.1	días	Subcontrata de técnicos en instalación para el montaje del cableado y sensores	2.500€	3	7.500€
<b>Total</b>					<b>7.500€</b>

Una vez realizadas todas las partidas, queda realizar un sumatorio de todas para ver cuál es el presupuesto de inversión inicial del proyecto, de forma global.

<b>Presupuesto Total</b>		
<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>
1	Cableado	16.382,7€
2	PCB	5.883€
3	Sensores Fotoeléctricos	5.946,7€
4	FIFO/LIFO Digital	1.000€
5	Montaje	7.500€
<b>Suma Total</b>		<b>36.712.4€</b>



## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



Analizando las estimaciones de coste de las distintas partidas que se emplearían en el supuesto del presupuesto anterior con un almacén con 1024 sensores, el cual es un almacén de gran tamaño, obtenemos unos costes de unos 37.000€, a los que habría que sumar el IVA. Como es lógico pensar, un almacén de estas dimensiones correspondería a una empresa de tamaño mediano o grande. Para un almacén de dimensiones menores, los costes evidentemente bajarían, ya que las mayorías de las partidas del presupuesto corresponden a costes variables.

Además de la realización de la estimación de la inversión inicial, es importante realizar una estimación de costes de funcionamiento y mantenimiento de la instalación. Así pues, con los mismos parámetros del supuesto anterior, de un almacén con 1024 sensores, analizamos los costes mensuales y anuales:

Costes				
Código	Unidades	Resumen	Coste Mes	Coste Anual
1	Vatios	Consumo de vatios de la instalación eléctrica	91€	1.092
2	% amort.	Amortizaciones de materiales un 10% anual durante 10 años	305,83€	3.670€
3	horas	Tiempo empleado por los operarios de almacén encargados del funcionamiento del sistema	240€	2.880€
Total			636,83€	7.642€

Una vez conocidos el valor de la inversión inicial y sus costes a lo largo del tiempo el siguiente paso sería tratar de ver si es viable el proyecto. Aunque se puede hacer una estimación del ahorro de tiempo; es difícil conocer con exactitud cuánto es el gasto que estaría ahorrando y por tanto generando un beneficio económico para la empresa que constase con este modelo. Ya que este modelo no se ha puesto aún en práctica en ninguna empresa real, dar un dato de cuanto sería el ingreso generado es un tanto osado debido a la falta de toma de datos necesaria para dar una respuesta fiable.



# 6

# CONCLUSIONES



Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.





## 6. Conclusiones

Como ya se ha hecho referencia anteriormente en este documento, el modelo que se ha descrito en este trabajo pretende convertirse en una herramienta para el mundo industrial en el área de logística de empresas grandes y medianas. Sabiendo que, por lo general los camiones que transportan materia prima normalmente vienen cargados con un número pequeño de tipos de materia prima haciendo posible guardar en el sistema varias decenas o centenas de pallets de un solo material con solo pulsar un botón.

En el caso contrario de que los camiones llevaran una gran diversidad de productos y al no contar con un sistema de lectura de código de barras, con este método no se produciría ninguna ventaja, ya que los operarios se verían obligados a acudir continuamente al monitor del FIFO/LIFO Digital para ir introduciendo el tipo de materia prima, lo que conlleva una pérdida de tiempo. Este es el caso de empresas con productos muy perecederos como supermercados y almacenes que reciban lotes muy pequeños de un material.

Dejando claro que no se pretende competir con modelos de alto grado de automatización, ni almacenes donde lleguen camiones con un amplio mosaico de referencias ni tampoco con almacenes a granel, de líquidos o gases, ya que no serían compatibles con el funcionamiento del programa. Ahora podremos examinar las conclusiones del proyecto, sabiendo cuales son los detalles de su funcionamiento, su diseño, los costes y por supuesto el nicho de mercado al que está enfocado.

Parece evidente que con el estudio económico realizado se puede afirmar que es un modelo de bajo coste, asumible para una empresa mediana o grande. También, se puede decir que se ha conseguido el objetivo de crear un modelo funcional que supusiera una herramienta de ayuda a los operarios de logística en el control de un gran almacén.

Mediante la construcción de un modelo, que servirá de presentación, se ha comprobado que el diseño del hardware es correcto y además escalable para controlar un almacén de grandes dimensiones. El FIFO/LIFO Digital consigue dar una información detallada de los movimientos de productos en las estanterías de un almacén, aportando una valiosa información, con avisos directos al correo, a los líderes del área de logística. Aunque a falta de más estudios que aporten una fuente de datos fiables para corroborar que realmente supone un ahorro de tiempo para los operarios en la labor de





## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



recepcionar las materias primas, si se puede afirmar que supondría una ayuda en sus labores tanto en control del almacén día a día como a la hora de la elaboración del inventario de fin de año.

Para terminar, quiero añadir que se ha conseguido el objetivo de que el diseño FIFO/LIFO Digital sea fácil de utilizar, para que el usuario de forma intuitiva pueda operar con el sin apenas necesidad de formación previa para su uso.



# 7

## Bibliografía:



Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.





## 7. Bibliografía

1. A.Arbones Malisani, Eduardo. *Logística empresarial*. Barcelona: MARCOMBO, 1990.
2. Alexander, Charles, y Matthew N. O. Sadiku. *Fundamentals of Electric Circuits*. McGraw-Hill, 1 de diciembre de 1999.
3. Aliverti, Paolo. *Arduino. Trucos y secretos*. MARCOMBO, 2019.
4. Amelot, Michele. *VBA Excel (versiones 2019 y Office 365)*. Barcelona: ENI, 2019.
5. Arrebola Pérez, Fabián, Juan Pedro Bandera Rubio, José Manuel Cano García, José Carlos Del Toro Lasanta, Luis Molina Tanco, y Francisco Javier Vizcaíno Martín. *Teoría y Diseño con Microcontroladores de Freescale*. McGraw-Hill, 2008.
6. Arroz, Guiherme, Jose Monteiro, y Arlindo Oliveira. *Computer Architecture: Digital Circuits To Microprocessors*. World Scientific, 23 agosto 2018.
7. Banzi, Massimo, y Michael Shiloh. *Introducción a Arduino*. ANAYA, 2016.
8. Baxter, Larry K. *Capacitive Sensors: Design and Applications*. Vol. Capítulo 3. Wiley-IEEE Press, 1996.
9. Cos, Jordi Pau i, y Ricardo de Navascués. *Manual de Logística Integral*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A., 1998.
10. Errasti, Ander. *Logística de almacenaje. Diseño y gestión de almacenes y plataformas logísticas world class warehousing*. PIRAMIDE, 19 de septiembre de 2011.
11. «FIFO Y LIFO: TÉCNICAS DE GESTIÓN DE LA CARGA.» NOEGA SYSTEMS. 27 de junio de 2017. <https://www.noegasystems.com/blog/logistica/fifo-y-lifo-tecnicas-de-almacenaje#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20FIFO%20en%20contabilidad,vendas%20y%20el%20inventario%20final>. (último acceso: junio de 2022).
12. Floyd, Thomas L. *Fundamentos de sistemas digitales*. Vol. 11ª Edición. PEARSON, 2016.
13. Manesis, Stamatios, y George Nikolakopoulos. *Introduction to Industrial Automation*. CRC Press, 2020.
14. Monk, Simon. *Programación de Arduino. Introducción a Sketches*. Vol. 2ª Ed. ANAYA, s.f.



## Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



15. Murray, Martin J. *Warehouse management with SAP ERP. Functionality and technical configuration*. SAP PRESS, 2016.
16. Portero, M. Torres. *Microprocesadores y Microcontroladores aplicados a la industria*. Paraninfo, s.f.
17. Stallings, William. *Organización y arquitectura de computadores*. Vol. 7ª Edición. PRENTICE-HALL, 2006.
18. Taub, H. *Digital Circuits and Microprocessors*. McGraw-Hill, 1 de junio de 1981.
19. «Transelevadores para palets.» MECALUX. s.f.  
[https://www.mecalux.es/almacenes-automaticos/almacenes-automaticos-palets/transelevadores-palets?src=gg&param1=g&param2=dynamic\\_search\\_ads&param3=&param4=c&param5=&utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&gclid=Cj0KCQjw1ZeUBhDyARIsAOzAqQJIWqVebCYqi2Gsc0\\_cwQDWM79b](https://www.mecalux.es/almacenes-automaticos/almacenes-automaticos-palets/transelevadores-palets?src=gg&param1=g&param2=dynamic_search_ads&param3=&param4=c&param5=&utm_source=google&utm_medium=cpc&gclid=Cj0KCQjw1ZeUBhDyARIsAOzAqQJIWqVebCYqi2Gsc0_cwQDWM79b) (último acceso: Mayo de 2022).
20. Valdés-Miranda, Claudia. *Excel 2019*. ANAYA, 2019.
21. Van Buren, Christopher. *The first book of Excel*. Madrid: ANAYA, 1993.



Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.



# Anexos:



Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimiento de materias primas dentro de un almacén.





## Anexos:

### Índice Anexos:

1. Esquemático Placa Base Central
2. PCB Central
3. PCB Central Botton Copper
4. PCB Central Top Copper
5. PCB Central Presentación
6. Esquemático Placa Base Estanterías
7. PCB Estanterías
8. PCB Estanterías Botton Copper
9. PCB Estanterías Top Copper
10. PCB Estanterías Presentación
11. Ficha técnica sensor fotoeléctrico