

UNIVERSIDAD DE ALMERIA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

“Desarrollo de un sistema robotizado de clasificación y empaquetado de pimientos tricolores”

Curso 2015/2016

Alumno:

Daniel Jesús Cruz Garzón

Director:

Dr. D. Francisco Rodríguez Díaz





UNIVERSIDAD DE ALMERÍA
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO
INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

**Desarrollo de un sistema robotizado de
clasificación y empaquetado de pimientos
tricolores**

Autor:

Daniel Jesús Cruz Garzón

Director:

Francisco Rodríguez Díaz

Almería, Septiembre 2016

Agradecimientos

Doy las gracias a todas aquellas personas que han contribuido directa o indirectamente a poder desarrollarme en mi ámbito académico y profesional.

A Francisco Rodríguez Díaz, tutor del proyecto y profesor de distintas asignaturas del Grado en Ingeniería Electrónica Industrial por haber contribuido a mi formación y a este proyecto.

A todos los profesores y profesoras de la carrera.

A mis compañeros Juan Marchal y Manuel Soler, naciendo todo esto en aquel concurso de Siemens.

A mi familia por estar a mi lado, especialmente a mi padre Eduardo y a mi Yaya Encarna.

Por último y no menos importante a todas aquellas personas que contribuyen al mantenimiento y a la mejora de la universidad pública, el poder haber tenido acceso y concluir mis estudios y que lo tengan también tantos miles de hijos e hijas de familias trabajadoras.

Índice

Agradecimientos	I
Nomenclatura.....	V
Lista de figuras.....	VII
Lista de tablas.....	IX
Abstract	XI
Resumen.....	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Motivación del proyecto	1
1.2. Contexto	2
1.3. Resumen de resultados	2
1.4. Planificación temporal.....	3
1.5. Estructura de la memoria del Trabajo Fin de Grado	4
2. Esquema funcional del sistema	5
2.1. Esquema general	5
2.2. Función del sistema de clasificación	5
2.3. Función del sistema de transporte.....	6
2.4. Función de la manipulación (Robot y pinza)	6
2.5. Función del sistema de control (PLCs).....	6
2.6. Función del sistema de supervisión	6
3. Descripción de la planta	7
3.1. Arquitectura hardware y software de la planta	7
3.2. Elementos hardware	9
3.2.1. Cintas transportadoras.....	9
3.2.2. Variador de frecuencia	11
3.2.3. Robot Scorbot IX.....	11
3.2.4. PLC S7-300	12
3.2.5. Panel de Operario Siemens OP 177B	12
3.2.6. Sistema de Visión artificial	13
3.2.6.1. Cámara.....	13
3.2.6.2. Ordenador y software	13
3.2.6.3. Microcontrolador	14
3.2.7. Elemento terminal.....	14

3.2.7.1. Ventosa	15
3.2.7.2. Electroválvula.....	15
3.2.7.3. Venturi.....	16
4. Diseño del sistema.....	17
4.1. Modelado e implementación del sistema de control secuencial en el PLC S7-300	17
4.2. Programación del robot Scrobot IX	24
4.3. Sistema de supervisión.....	28
4.4. Sistema de visión artificial.....	33
4.5. Diseño del elemento terminal del robot	37
4.6. Comunicaciones	41
5. Resultados	43
5.1. Elemento terminal del robot.....	43
5.2. Sistema de visión artificial.....	45
5.3. Integración del sistema, puesta en marcha y comprobación de funcionamiento.....	47
6. Conclusiones y trabajos futuros	55
ANEXO I: Especificaciones técnicas	57
Scrobot ER-IX.....	57
HMI OP-177B.....	61
Microcontrolador Arduino Uno.....	63
Variador Micromaster	65
PLC S7-300.....	66
Ventosa	71
Venturi VAK-1/4	73
Cintra transportadora principal.....	75
Cámara C170	76
PC Lenovo G710.....	77
Bibliografía.....	79

Nomenclatura

Abreviatura	Denominación original	Significado en castellano
CPU	Central Processing Unit	Unidad Central de Procesamiento
HMI	Human Machine Planning	Interfaz Hombre-Máquina
PLC	Programmable Logic Controller	Controlador Lógico Programable
SCADA	Supervisory Control And Data Adquisition	Supervisión, Control y Adquisición de Datos
TIA Portal	Totally Integrated Automation Portal	
USB	Universal Serial Bus	Bus Universal en Serie

Lista de figuras

Figura 1.1. Problema a resolver la clasificación y empaquetado automático de pimientos tricolores .	1
Figura 1.2. Esquema de comunicaciones y partes del sistema	3
Figura 2.1. Diagrama de la planta.....	5
Figura 2.2. Ejemplo de paquete tricolor	6
Figura 3.1. Diagrama conceptual de la interacción entre el hardware de la planta	7
Figura 3.2. Comunicaciones y Software	8
Figura 3.3. Cinta principal o de alimentación.....	9
Figura 3.4. Pistones de parada de cajas de entrada, con los pistones de parada señalados.....	9
Figura 3.5. Botonera cinta principal	10
Figura 3.6. Cinta secundaria, al fondo motor monofásico	10
Figura 3.7. Variador de frecuencia Siemens MICROMASTER 6SE9211 5CA40.....	11
Figura 3.8. Brazo Robótico Scorbot IX	11
Figura 3.9. Autómata programable Siemens S7-300.....	12
Figura 3.10. Panel Siemens HMI OP 177B	12
Figura 3.11. Cámara para la adquisición de imagen.....	13
Figura 3.12. Ordenador para el procesamiento de la imagen.....	13
Figura 3.13. Microcontrolador Arduino Uno	14
Figura 3.14. Esquema neumático del elemento terminal	14
Figura 3.15. Ventosa Aventics 1820415029	15
Figura 3.16. Electroválvula y filtro neumático.....	15
Figura 3.17. Eyector Venturi Festo VAK-1/4.....	16
Figura 4.1. Red de Petri del programa del PLC S7-300.....	20
Figura 4.2. TIA Portal con el PLC S7-300 y el panel OP 177B y Ethernet	21
Figura 4.3. S7-300 configurado en TIA Portal	21
Figura 4.4. Tabla de variables en TIA Portal	22
Figura 4.5. Autómata con la botonera de pruebas	22
Figura 4.6. Ejemplo Transición 21, se activa cuando I='0' y OK-A='1'	22
Figura 4.7. Programa en grafcet del funcionamiento del autómata	23
Figura 4.8. Diagrama del programa del robot	26
Figura 4.9. Programa Robot en ACL.....	27
Figura 4.10. Comunicación entre PLC S7-300 y el panel OP 177B.....	28
Figura 4.11. Disposición de las pantallas.....	29
Figura 4.12. Pantalla principal	29
Figura 4.13. Pantalla Start/Stop	30
Figura 4.14. Pantalla Planta.....	30
Figura 4.15. Planta Con los elementos funcionando.....	31
Figura 4.16. Pantalla Recuento.....	31
Figura 4.17. Contadores	32
Figura 4.18. Programa de Visión Artificial en LabView.....	33
Figura 4.19. En esta matriz se muestran los valores que toma cada umbral.....	33
Figura 4.20. Panel de Supervisión de la Visión Artificial.....	34
Figura 4.21. Módulo de Optocopladores y relés	34
Figura 4.22. Esquema eléctrico de Optocoplador	35
Figura 4.23. Esquema Eléctrico de cada señal de salida de Arduino con relé.....	35
Figura 4.24. Aislamiento del Microcontrolador	36
Figura 4.25. Esquema del circuito neumático	37

Figura 4.26. Circuito para accionar la electroválvula	38
Figura 4.27. Filtro de aire	38
Figura 4.28. Interior de la válvula.....	39
Figura 4.29. Interior Venturi.....	39
Figura 4.30. Ventosa con fuelle	40
Figura 4.31. Pirámide de comunicaciones industriales	41
Figura 4.32. Comunicaciones de la planta.....	42
Figura 5.1. Prueba de agarre con una naranja y un tubo de 8mm de diámetro	43
Figura 5.2. Relé conectado a la electroválvula, detrás del relé el Venturi	43
Figura 5.3. En azul el cable neumático, que va desde la base hasta la muñeca	44
Figura 5.4. Elemento terminal finalizado (ventosa)	44
Figura 5.5. Pruebas de ventosa con pimientos en la planta.....	44
Figura 5.6. Prueba de comunicación: indica el color de la cartulina.....	45
Figura 5.7. Caja con microcontrolador y relés.....	45
Figura 5.8. Interior del módulo de visión, microcontrolador y relés.....	46
Figura 5.9. Pimiento amarillo detectado	46
Figura 5.10. Zona de control y supervisión	47
Figura 5.11. Panel de operario con programa cargado	47
Figura 5.12. Comunicación entre HMI y PLC	48
Figura 5.13. Cableado del controlador del brazo robótico.....	48
Figura 5.14. PLC S7-300 con todo el cableado y listo para funcionar sobre la planta.	49
Figura 5.15. Pimientos por la cinta principal	49
Figura 5.16. Cámara situada en la planta	50
Figura 5.17. Temporizador en señales de salida hacia el robot	50
Figura 5.18. Sistema detectando pimiento verde	51
Figura 5.19. Robot empaquetando pimiento verde.....	51
Figura 5.20. Robot reponiendo caja nueva	52
Figura 5.21. Cajas finalizadas transportadas por la cinta	52
Figura 5.22. Pantalla de la planta	53
Figura 5.23. Pantalla de recuento	53

Lista de tablas

Tabla 1.1. Distribución temporal del proyecto.....	4
Tabla 4.1. Entradas y salidas del autómata	17
Tabla 4.2. Variables auxiliares del autómata	17
Tabla 4.3. Posiciones Robot.....	24
Tabla 4.4. Variables de E/S Robot y correspondencia con el Autómata S7-300	26
Tabla 4.5. Variables auxiliares para contador	32
Tabla 4.6. Señales de salida del microcontrolador.....	36
Tabla 4.7. Especificaciones ventosa	40

Abstract

Agriculture is one of the mainstays of the regional economy, postharvest tasks are essential to ensure the quality of consumer products.

This project has the objective: the automation of a plant for the detection and classification of three colour peppers. The work has involved the implementation of an artificial vision system for detecting colour, programming a robotic arm for product handling and design of a new terminal element to avoid damaging the product; programming a programmable controller for managing the inputs and outputs of the system and the design of a man machine interface (HMI). The results obtained after the completion of this project is color sorting machine vision and subsequently its packaging that is done automatically ensuring product quality.

Keywords: robotized system, artificial vision, agricultural industry.

Resumen

La agricultura es uno de los pilares fundamentales de la economía andaluza y más concretamente la almeriense, las tareas de postrecolección son fundamentales para garantizar la calidad de los productos al consumidor.

En este marco se encuentra el presente proyecto donde el objetivo que se propone es la automatización de una planta para la detección y clasificación de pimientos tricolores. El trabajo ha consistido en la implementación de un sistema de visión artificial para la detección de color, la programación de un brazo robótico para la manipulación del producto y el diseño de un nuevo elemento terminal para no dañar el producto; la programación de un autómata programable para gestionar las entradas y salidas del sistema y el diseño de un interfaz hombre máquina (HMI). Los resultados obtenidos tras la realización de este proyecto es la clasificación por color mediante visión artificial y posteriormente su empaquetado que se realiza de manera automática garantizando la calidad del producto.

Palabras clave: Sistema robotizado, visión artificial, industria agrícola.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Motivación del proyecto

La finalidad del presente proyecto es el de desarrollar un sistema robotizado para la clasificación y empaquetado de pimientos tricolores (verde, rojo y amarillo) muy extendidos en el mercado (Figura 1.1).



Figura 1.1. Problema a resolver la clasificación y empaquetado automático de pimientos tricolores

Existen diversas razones que motivan la automatización de este tipo de tareas, la robotización de tareas tediosas y repetitivas, es una de las razones fundamentales para automatizar un proceso. Así como enfrentarse a varios retos y disciplinas, integrando diferentes tecnologías como es la programación de distintos componentes, el uso de visión artificial y la profundización en otros campos como el de la neumática para desarrollar otras formas terminales del robot, todo ello asegurando la calidad del producto manipulado.

Actualmente, existen en el mercado máquinas calibradoras para realizar este proceso, pero en este proyecto se propone la utilización de sistemas estándar de automatización coordinadas por un autómatas programable y un brazo robótico adaptado para la manipulación de productos hortofrutícolas por el tamaño y otros aspectos, para conseguir este objetivo [23].

La automatización de procesos contribuye en gran medida al desarrollo, siendo capaces de abaratar costes y salvar a los trabajadores de tareas peligrosas y/o repetitivas. La planta cuenta con un brazo robótico, los robots se usan de manera extensa en la industria, siendo un elemento indispensable en una gran parte de los procesos de manufactura [2].

Todo ello sumado a los distintos retos a los que se enfrenta este proyecto, crear una célula totalmente autónoma que clasifique por color los pimientos, para ello es necesario el estudio y el diseño en programación de autómatas, robots, visión artificial y paneles de operario, así como el estudio y el diseño en neumática y electrónica. Todo ello convierte a este proyecto en un reto que para cumplirlo con éxito es necesaria la destreza en distintas áreas de la ingeniería.

La idea de este trabajo fin de grado es descargar manualmente los pimientos en una cinta transportadora circular (que hay que controlar mediante un PLC, Programmable Logic Controller-Autómata programable). En un punto de control se sitúa un sistema de visión artificial que monitoriza los pimientos y decide si dejarlos pasar o decide que forma parte de la próxima caja a envasar, momento en el que un robot manipulador lo cogerá y depositará en una caja colocada en una cinta transportadora lineal controlada con un variador de velocidad, asegurando la calidad del producto.

Una vez que la caja de envasado disponga de los tres pimientos (cada uno de un color y del mismo tamaño), la cinta se pondrá en marcha para llevar las tres unidades a la unidad de envasado flow-pack (no contemplada en el proyecto) y mientras tanto el robot prepara otra caja en la cinta para reanudar el ciclo. El sistema debe ser controlado mediante dos autómatas programables. Se utilizará un PC para el tratamiento de imágenes del sistema de visión artificial, y un panel táctil para el SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition).

1.2. Contexto

La formación académica que aportan los estudios de grado debe tener una importancia que repercuta en el mercado laboral y por tanto, en la economía. Es necesario la formación de profesionales que innoven y desarrollen nuevos productos y tecnologías [31].

En la provincia de Almería se encuentra la mayor concentración de cultivo bajo invernadero del mundo (27.800 hectáreas), con una producción de unos 3 millones de toneladas (más de la mitad como productos exportados), lo que supone aproximadamente 1.300 millones de euros de facturación [19]. Uno de los pilares de este sector lo conforman las empresas de postrecolección, que realizan el conjunto de tratamientos y manipulaciones a que es sometido el producto recolectado para disponerlo al consumidor de la forma más adecuada ofreciendo la máxima calidad.

En este marco se encuentra el proyecto que se presenta, cuyo objetivo es la clasificación y selección de pimientos de tres colores diferentes (verde, rojo y amarillo) preparándolos para su envasado ya que su demanda es bien conocida en países centroeuropeos como Alemania u Holanda, principales compradores de los productos hortofrutícolas de la provincia.

Todo ello fue valorado para la participación en un concurso organizado por SIEMENS en el que se proponía el uso de diferentes tecnologías de control de esta marca para resolver problemas reales con utilidad en la industria. En el marco de este concurso se inició este proyecto.

1.3. Resumen de resultados

Tras llevar a cabo el desarrollo de un sistema robotizado para la clasificación por visión artificial y su implementación, se han obtenido unos resultados positivos, ya que los diseños de cada programa y cada elemento fueron válidos en la práctica, creando una herramienta útil para la clasificación de pimientos tricolores.

Primeramente tras el diseño de cada elemento se realizaron pruebas independientes para comprobar su funcionamiento que una vez validado se incorporaron todos a la planta realizando la puesta en marcha y corroborando el funcionamiento y cumpliendo la misión propuesta, por tanto se han conseguido los objetivos finales del proyecto.

Así, el elemento terminal accionado neumáticamente garantizó la calidad en el transporte, no modificando ninguna propiedad física de los pimientos. También se ha conseguido una detección eficaz del color, los tiempos en la detección desde que el pimiento llega a la cámara hasta que el autómata procesa la señal es prácticamente instantáneo. El tiempo medio de empaquetado de cada pimiento se ajustó a unos 6-7 segundos de media, estableciéndose la disponibilidad del robot en torno a unos 2 segundos posteriores.

El empaquetado final de cada caja varía, como es lógico en la cantidad de pimientos que llegan (ya que esto sucede de manera azarosa), pero se puede establecer en torno a 1 minuto y medio la finalización de una caja si llegan tres pimientos de colores distintos consecutivos por la cinta principal.

Las comunicaciones entre el panel de operario y la planta también arrojaron buenos resultados estableciendo una comunicación segura con el autómatas mediante Ethernet, así como todas las comunicaciones de todos los elementos de la planta (Figura 1.2), garantizando la autonomía en la clasificación y empaquetado de esta.

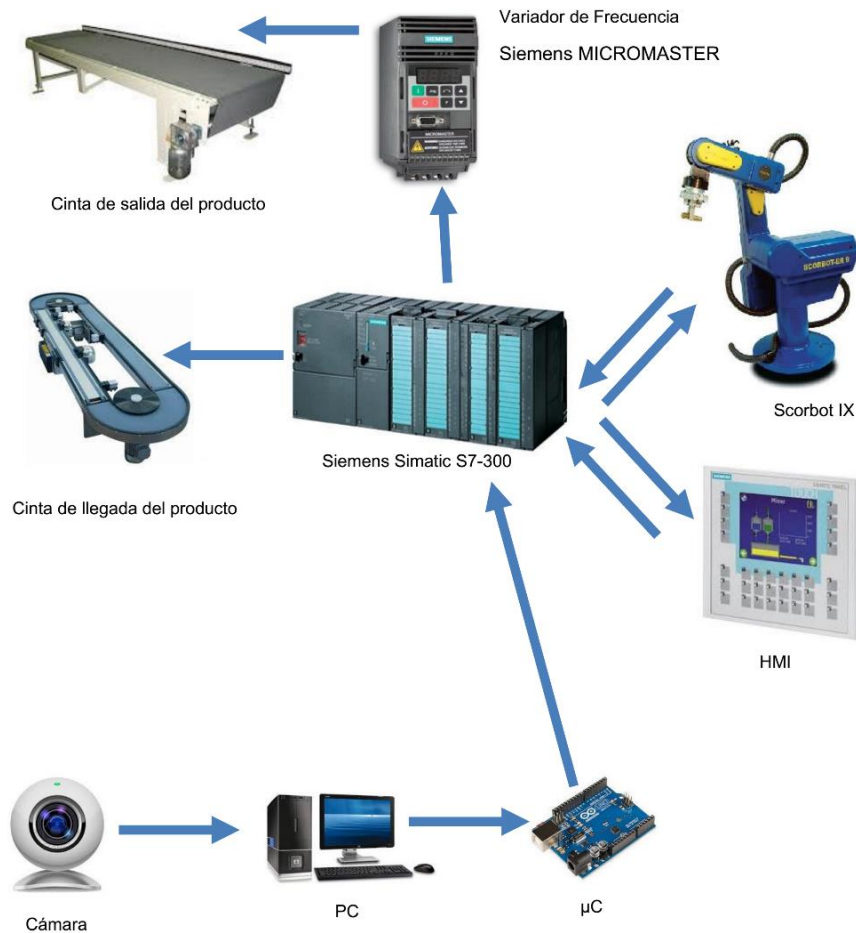


Figura 1.2. Esquema de comunicaciones y partes del sistema

1.4. Planificación temporal

Las distintas actividades en las que se ha dividido el proyecto se han distribuido en el tiempo de la siguiente manera. A continuación, se muestra el orden y el tiempo empleado en cada una de las fases de desarrollo a lo largo del año 2016 (Tabla 1.1)

Se estima que el tiempo dedicado a la realización del proyecto ha sido de 97 días, es decir, 3 meses y una semana aproximadamente. Si se han dedicado en torno a 4 horas cada día, la duración final del proyecto ha sido de 400 horas.

Periodo de tiempo	Actividad realizada	Duración
Febrero	<ul style="list-style-type: none"> Redacción del anteproyecto 	5 días
	<ul style="list-style-type: none"> Estudio sobre técnicas de visión artificial Diseño y desarrollo del módulo de visión artificial 	20 días
Marzo	<ul style="list-style-type: none"> Estudio y diseño del programa en PLC 	15 días
	<ul style="list-style-type: none"> Estudio y diseño del programa del robot Scrobot IX 	15 días
Abril	<ul style="list-style-type: none"> Formación sobre neumática y elementos de agarre 	10 días
	<ul style="list-style-type: none"> Pruebas con el elemento terminal e instalación en la planta 	5 días
Mayo	<ul style="list-style-type: none"> Estudio y diseño del programa del panel de operario 	10 días
Junio	<ul style="list-style-type: none"> Instalación en la planta, puesta en marcha y ajuste de parámetros 	10 días
	<ul style="list-style-type: none"> Edición de vídeo de la planta 	2 días
Julio	<ul style="list-style-type: none"> Redacción de memoria del TFG 	5 días

Tabla 1.1. Distribución temporal del proyecto

1.5. Estructura de la memoria del Trabajo Fin de Grado

Los capítulos que conforman esta memoria son seis y se organizan con el objetivo de explicar cómo se ha llevado a cabo este proyecto y sus resultados.

En el segundo capítulo se describen las especificaciones del sistema y lo que se pretende conseguir en cada parte del proyecto. Tras este, el tercer capítulo describe los distintos elementos que forman la planta y las comunicaciones que se establecen entre ellos. El cuarto capítulo se describe de manera pormenorizada el diseño de las distintas partes del sistema.

El quinto capítulo describe los resultados obtenidos tras la implementación de lo comentado en anteriores capítulos. La memoria concluye con el capítulo seis en el que se aportan las conclusiones obtenidas tras la realización del proyecto y los trabajos futuros que le suceden.

2. Esquema funcional del sistema

2.1. Esquema general

La idea de planta consiste en una cinta principal por donde lleguen los pimientos de manera azarosa, tras esto el sistema de visión detectará el color y el sistema determinará si es necesario empaquetar o no. Una vez finalizado el paquete tricolor una cinta secundaria se los llevará para su distribución teniendo que colocar una nueva caja en la cinta secundaria para repetir el proceso indefinidamente (Figura 2.1).

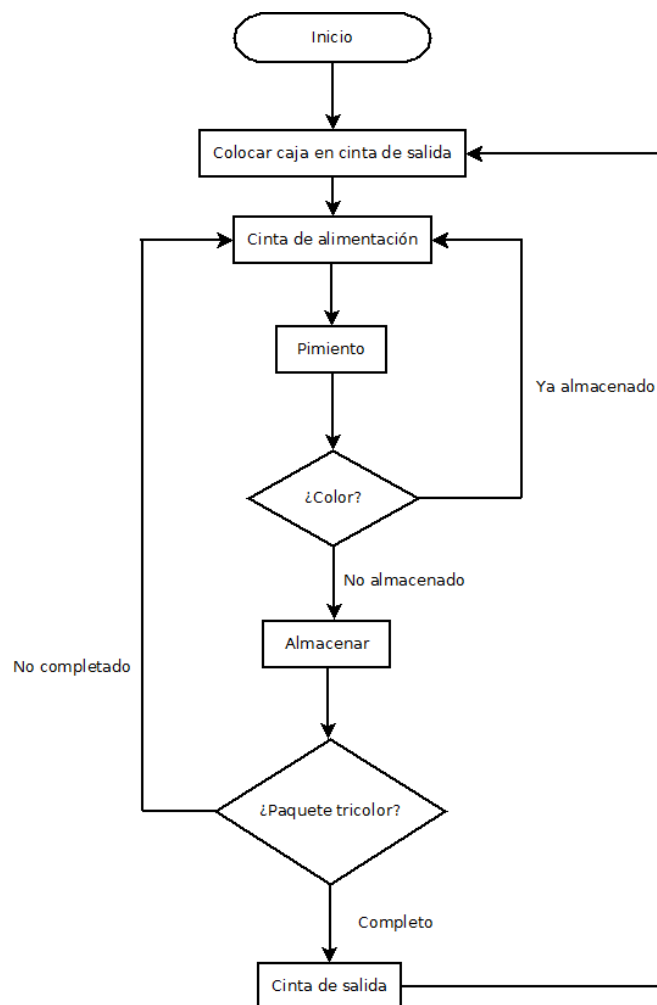


Figura 2.1. Diagrama de la planta

2.2. Función del sistema de clasificación

La misión es clasificar los pimientos por colores realizando cajas paquetes tricolores (Figura 2.2). El problema a resolver es el de la clasificación automática de pimientos tricolores para su envasado, los pimientos se cargan en una cinta donde por visión artificial se detectará el color del pimiento y el autómatas resolverá si el robot debe recogerlo o por el contrario debe dejarlo pasar, con el objetivo de tener en cada paquete tres pimientos uno de cada color. Para la clasificación se optará por la detección por color por visión artificial.



Figura 2.2. Ejemplo de paquete tricolor

Una de las principales aplicaciones y más extendidas de la visión artificial en el sector agrícola del sudeste de España se encuentran las máquinas clasificadoras de productos hortícolas por calibre y color, ya que junto con el peso son parámetros con los que se mide la calidad de los frutos [9]

2.3. Función del sistema de transporte

Los pimientos llegarán al azar por la cinta principal y serán depositados en una cinta de salida en los paquetes ya formados para su distribución. Además se buscarán métodos para no detener la cinta principal ya que los paros son muy costosos, teniendo como misión agarrar los pimientos sin parar la cinta.

2.4. Función de la manipulación (Robot y pinza)

Para mantener la integridad del producto es necesario realizar un elemento terminal para el robot que sea lo suficientemente capaz de manipular los pimientos sin variar la calidad ni el estado de los pimientos. Así como que el robot realice operaciones llegando a una relación de compromiso entre velocidad y suavidad en los movimientos para mantener a los pimientos en buen estado. Una opción usada frecuentemente para la manipulación en tareas de coger y dejar (pick & place), es la sujeción mediante succión o vacío [2].

2.5. Función del sistema de control (PLCs)

Todo el sistema deberá estar controlado por un PLC, este gestionará todas las entradas y salidas teniendo como misión el empaquetado y la clasificación de los pimientos tricolores. Para ello recibirá como mínimo las entradas por cada color y gobernará a las cintas y al robot para realizar los paquetes, teniendo para ello que usar entradas y salidas entre los distintos elementos y controladores de la planta.

2.6. Función del sistema de supervisión

También se diseñará un panel para la supervisión de la planta, esta deberá contener la orden de marcha y paro, de visualización de la planta y de recuento de producto procesado. Estableciendo las correspondientes comunicaciones con el PLC que gestionará toda la información de la planta.

Además se deberá contar con un sistema de supervisión de la visión artificial, observando el registro de la imagen y los colores detectados a tiempo.

3. Descripción de la planta

3.1. Arquitectura hardware y software de la planta

Mediante el siguiente diagrama (Figura 3.1) se establece las comunicaciones entre los distintos elementos de la planta:

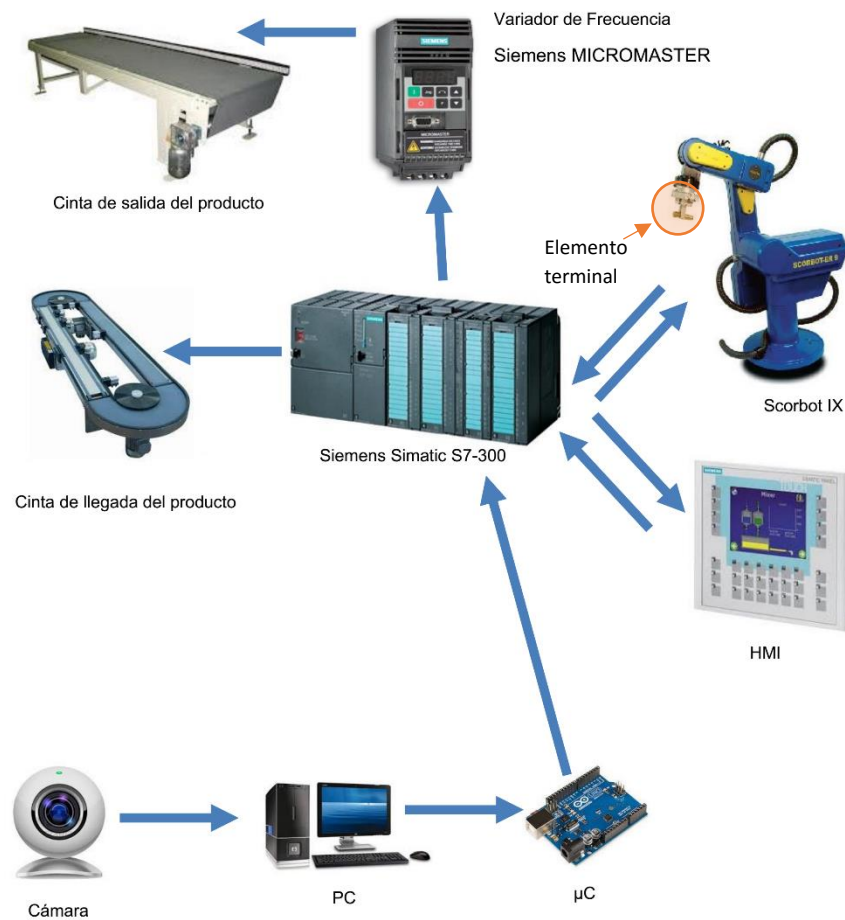


Figura 3.1. Diagrama conceptual de la interacción entre el hardware de la planta

Como se puede observar el centro de todas las operaciones es el autómatas S7-300 que gestiona todas las comunicaciones con los periféricos y otros elementos de control como el panel de operario HMI. El autómatas Siemens S7-300 recibe las entradas referidas a cada color del pimiento, gobernando así el robot para indicar si empaquetarlo (si no lo está) o no empaquetarlo (si ya lo está). A su vez recibe señales del controlador del robot para indicar la finalización de cada tarea y gobernar así el elemento terminal para soltar o agarrar, también estará comunicándose con el panel HMI para indicar el estado y poder tomar decisiones sobre la planta desde esté.

Por último tendrá control sobre las cintas, en el caso de la principal, parar una caja y descartándola o no dependiendo del color y sobre la secundaria para mandar los paquetes ya finalizados.

El sistema debe ser controlado mediante dos autómatas programables Simatic S7 300. Se utilizará un PC para el tratamiento de imágenes del sistema de visión artificial comunicado con el autómatas a través de un microcontrolador [1], y un panel táctil dando uso de HMI (Human-Machine interface) Siemens OP 177B para el SCADA [26].

El panel se encuentra conectado al sistema para el interfaz de la planta con el operario, permitiendo opciones de parada y marcha, así como parada de emergencia y visualización de alarmas. Para el posible desarrollo de la planta serán necesarias el control y la destreza a la hora de programar los autómatas, diseñar el sistema SCADA, programar el robot, así como la visión artificial, estableciendo las correspondientes comunicaciones (Figura 2)

Los módulos de entrada y salida digitales tanto del autómatas como del controlador del robot funcionan a 24Vcc. En una instalación industrial hay que garantizar que la señal que da el captador, llegue al módulo de entrada, el cable puede medir perfectamente 100 metros, en algunas aplicaciones, y con voltajes menores no se puede garantizar que esta señal llegue al módulo de entradas. En el caso, además, de que se produjeran ruidos que den lugar a la aparición de voltajes que el autómatas interpretará como que el captador está activo. Es más difícil que esto suceda si se usan 24 voltios [21].

Las comunicaciones software (Figura 3.2) se establecen del siguiente modo; la imagen procedente de la cámara es procesada mediante LabVIEW que mediante USB establece comunicaciones con Arduino que conmutando relés establece comunicaciones de E/S con el autómatas, programado en Step 7, este se comunica con la cinta principal y la secundaria y el robot mediante E/S a +24V, el robot interpreta estas señales programado en ACL. Por último el panel de operario establece las comunicaciones mediante Ethernet con el autómatas, el panel está programado en WinCC.



Figura 3.2. Comunicaciones y Software

3.2. Elementos hardware¹

3.2.1. Cintas transportadoras

La planta cuenta con dos cintas transportadoras, una principal o de alimentación donde llegan los pimientos tricolores y una secundaria o de salida donde se transportan los paquetes ya finalizados.

La **cinta transportadora principal** o de alimentación (Figura 3.3) consta de unos pistones neumáticos que son accionados mediante el autómatas parando así las cajas de alimentación sin tener que detener la cinta (Figura 3.4), así como evitando el choque con la caja que venga posteriormente, cumpliéndose las especificaciones referidas al transporte de entrada de producto [15].

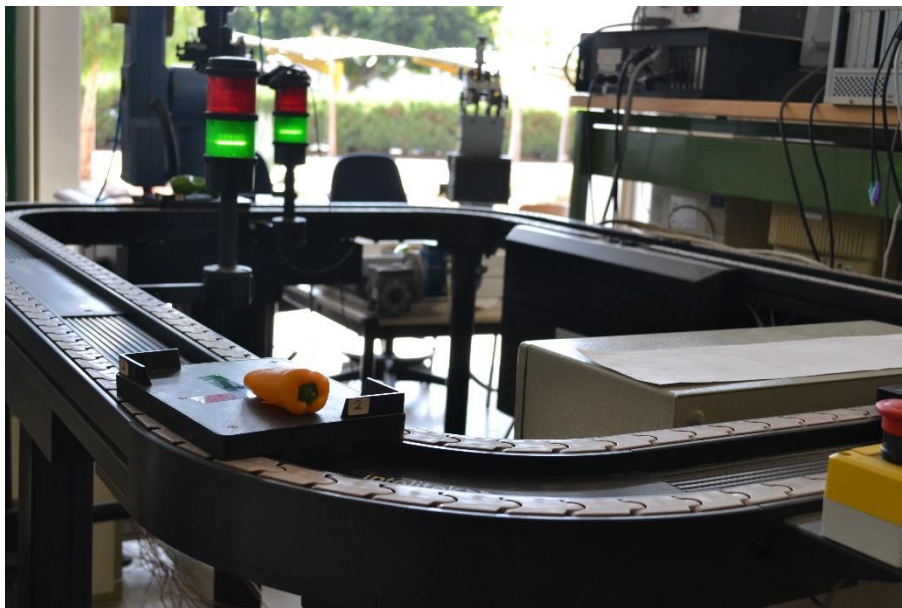


Figura 3.3. Cinta principal o de alimentación.



Figura 3.4. Pistones de parada de cajas de entrada, con los pistones de parada señalados

¹ En el Anexo “Especificaciones técnicas” se incluye de manera pormenorizada las características de cada uno de los elementos mostrados en este capítulo.

Para accionar la cinta se cuenta con una botonera de marcha/paro y parada de emergencia (Figura 3.5)



Figura 3.5. Botonera cinta principal

Cinta transportadora secundaria o de salida (Figura 3.6) es la que proporciona a la planta la salida del producto ya finalizado, es decir, los paquetes con un pimiento de cada color. Esta cinta es accionada por un motor monofásico controlado por el variador de frecuencia.



Figura 3.6. Cinta secundaria, al fondo motor monofásico

3.2.2. Variador de frecuencia

Para controlar la cinta secundaria se usa un variador de frecuencia Siemens MICROMASTER 6SE9211 5CA40, que dispone de tres entradas digitales a +24V para variar la velocidad (Figura 3.7) [18].



Figura 3.7. Variador de frecuencia Siemens MICROMASTER 6SE9211 5CA40

3.2.3. Robot Scorbot IX

Para el manipulado del producto se usa un brazo robótico Scorbot IX (Figura 9), al que se le ha diseñado un nuevo elemento terminal descrito en el apartado 4.5, para mantener la calidad del producto. El brazo robótico Scorbot IX consta de 5 grados de libertad [7] cumpliendo las especificaciones para poder manipular el producto y cumplir con las exigencias de la planta.



Figura 3.8. Brazo Robótico Scorbot IX

3.2.4. PLC S7-300

El centro que coordina todas las operaciones de la planta es el autómata programable Siemens S7-300 [25] (Figura 3.9), este coordina las entradas del microcontrolador de la visión artificial, del controlador del brazo robótico y del panel de operario HMI así como las salidas de las cintas panel HMI y controlador del brazo robótico.

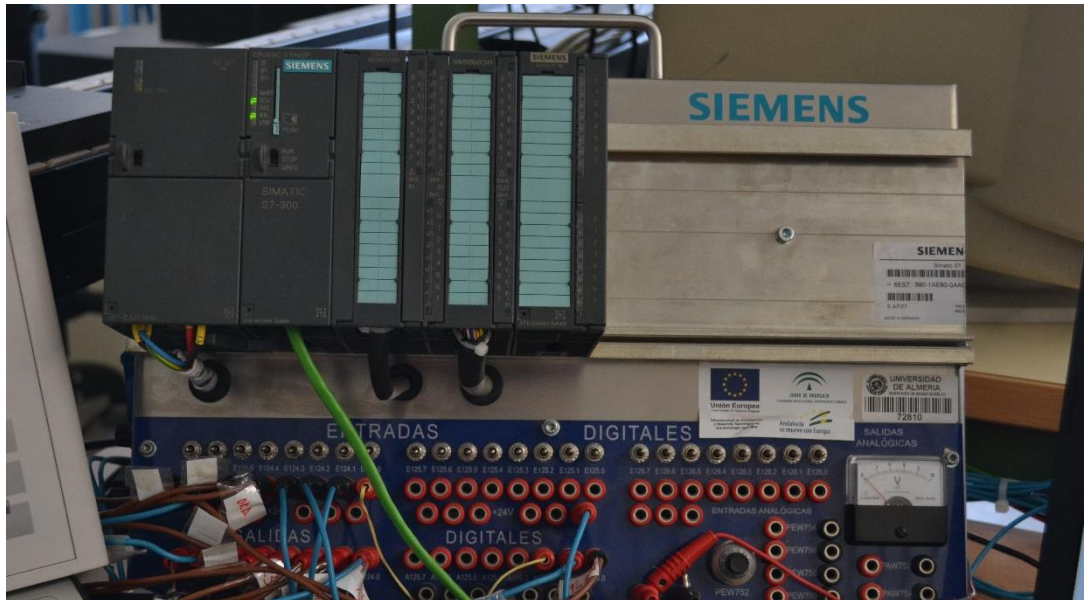


Figura 3.9. Autómata programable Siemens S7-300

El Autómata Programable debe realizar multitud de funciones y muchas de ellas simultáneamente, las funciones más clásicas y usadas en este proyecto son:

- Detección: Lectura de señales.
- Mando: Elaborar y enviar acciones al sistema mediante los preaccionadores y accionadores (como por ejemplo un variador)
- Diálogo Humano-Máquina: Mediante paneles de operario
- Programación: Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómata. [21].

3.2.5. Panel de Operario Siemens OP 177B

Para visualizar el estado de la planta y poder ejercer ciertos tipos de control sobre esta, se añade a la planta un panel de operario. El usado para esta es el panel Siemens HMI OP 177B (Figura 3.10), estableciendo comunicaciones de entrada y salida con el autómata programable Siemens S7-300 [28].



Figura 3.10. Panel Siemens HMI OP 177B

3.2.6. Sistema de Visión artificial

3.2.6.1. Cámara

Para la adquisición de la imagen a tiempo real se usa una cámara USB estándar en este proyecto se ha usado una webcam Logitech C170 [17](Figura 3.11).



Figura 3.11. Cámara para la adquisición de imagen

3.2.6.2. Ordenador y software

Una vez recogida la imagen es necesario procesarla para detectar la característica de nuestra planta en este caso, el color. Para ello se ha programado en LabView [20] en un ordenador Lenovo G710 [16] (Figura 3.12):



Figura 3.12. Ordenador para el procesamiento de la imagen

3.2.6.3. Microcontrolador

La comunicación entre el PC y el PLC S7-300 se hace a través del microcontrolador Arduino UNO (Figura 3.13) que activará cada entrada del autómatas para cada color mediante relés:



Figura 3.13. Microcontrolador Arduino Uno

3.2.7. Elemento terminal

Para este elemento terminal se ha usado una ventosa neumática que agarra los pimientos mediante vacío creado por un venturi que es accionado mediante una electroválvula neumática (Figura 3.14)

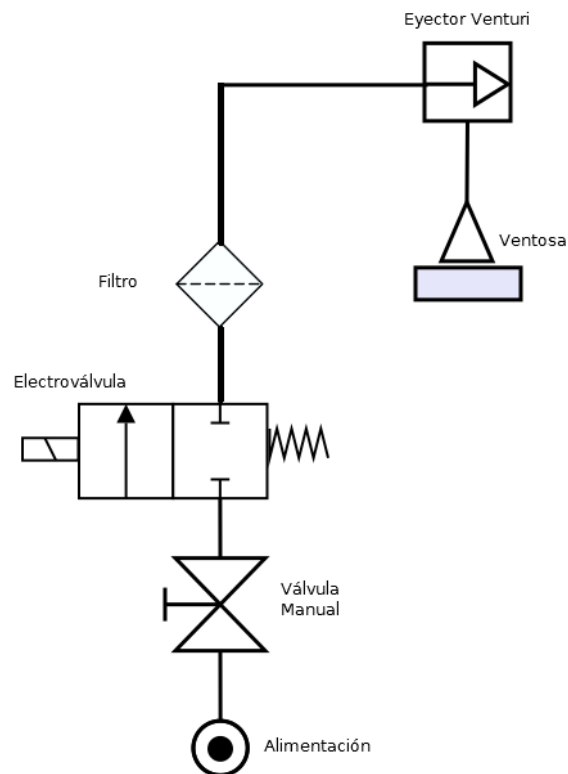


Figura 3.14. Esquema neumático del elemento terminal

3.2.7.1. Ventosa

Para garantizar la calidad del producto se hace necesario crear un nuevo elemento terminal, una ventosa que haciendo el vacío agarre los pimientos es una buena forma para mantener la integridad de estos. Como se trata de superficies curvas, irregulares y poco planas es necesario el uso de una ventosa con fuelle y de materiales flexibles para adaptarse a estas, la usada en el proyecto tras las anteriores consideraciones es **Aventics 1820415029** [3] (Figura 3.15):



Figura 3.15. Ventosa Aventics 1820415029

3.2.7.2. Electroválvula

Para gobernar la ventosa se usa un filtro para garantizar la calidad del aire y una electroválvula para abrir y cerrar el aire controlando cuando agarrar el producto y cuando soltarlo (Figura 3.16):

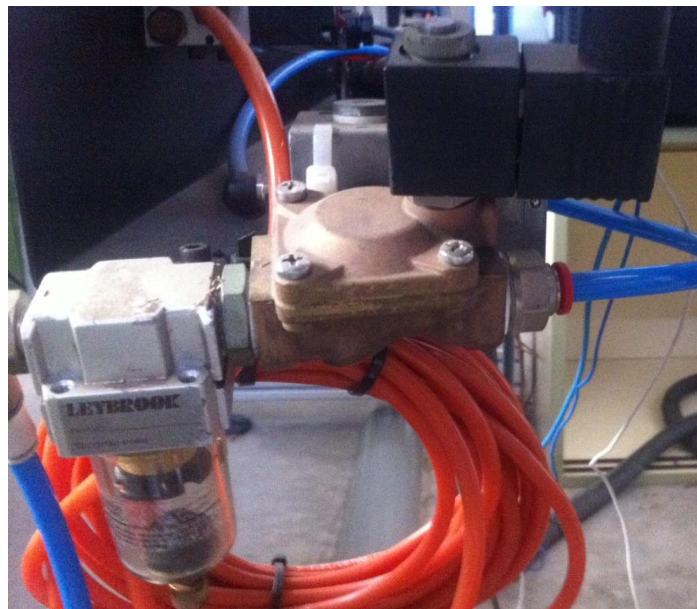


Figura 3.16. Electroválvula y filtro neumático

3.2.7.3. Venturi

Para realizar el vacío en la ventosa se usa un Eyector Venturi Festo VAK-1/4 [8] (Figura 3.17) que proporciona al paso de un flujo de aire una salida con presión negativa, realizando el vacío.



Figura 3.17. Eyector Venturi Festo VAK-1/4

4. Diseño del sistema

4.1. Modelado e implementación del sistema de control secuencial en el PLC S7-300

Se entiende por Controlador Lógico Programable (PLC) o autómatas programables, a toda máquina electrónica para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales. Realiza funciones lógicas usando para ello un microcontrolador para el manejo de entradas y salidas, que pueden ser de tipo analógico o lógico. [11]

A continuación se muestran las variables de entrada, salida y auxiliares que han sido necesarias para implementarlas en el PLC (Tablas 4.1 y 4.2)

Entradas	Nombre	Observaciones	Salidas	Nombre	Observaciones
%I136.0	I	Inicio	%Q136.0	SP	Subir pistón cinta principal
%I136.1	VR	Pimiento rojo detectado	%Q136.1	R1	Coger pimiento
%I136.2	VV	Pimiento verde detectado	%Q136.2	R2	Dejar pimiento rojo robot
%I136.3	VA	Pimiento amarillo detectado	%Q136.3	R3	Dejar pimiento verde robot
%I136.4	OK-A	Fin tarea A Robot	%Q136.4	R4	Dejar pimiento amarillo robot
%I136.5	OK-B	Fin Tarea B Robot	%Q136.5	R5	Reponer caja en cinta secundaria robot
%I136.6	CAJA	Caja detectada	%Q136.6	EV	Electroválvula para ventosa
%I136.7	OK-V	Fin tareas con Ventosa Robot	%Q136.7	CA	Cinta secundaria o de salida
			%Q137.0	RF	Fin Programa Robot
			%Q137.1	BP	Bajar pistón cinta principal

Tabla 4.1. Entradas y salidas del autómatas

Variable auxiliar	Nombre	Observaciones
%M10.0	TR	Indica si el pimiento rojo ha sido empaquetado o no
%M10.1	TV	Indica si el pimiento verde ha sido empaquetado o no
%M10.2	TA	Indica si el pimiento amarillo ha sido empaquetado o no
%M10.3	RDY	Indica si el sistema está iniciado o no
Temporizador	T1	Temporizador usado para bajar pistón en descarte de caja

Tabla 4.2. Variables auxiliares del autómatas

Todas las variables expresadas anteriormente son de tipo booleano o lógico, es decir sólo pueden tomar dos valores, '0' o '1'.

El sistema se inicia cuando se activa la entrada I que vendrá dada por el operario desde el panel HMI (ver sección 4.3), una vez hecho esto la variable auxiliar RDY toma el valor '1' para indicar que el sistema esta inicializado.

Se llega al lugar 'Espera', en este lugar la cinta principal ya está en marcha y llegan las cajas, hasta que se activa la entrada 'Caja' que indica que una caja está llegando, seguidamente se activa la salida 'SP' para subir el pistón neumático de la cinta principal para parar la caja a la espera que se detecte el color.

Si el sistema se encuentra en el primer ciclo, es decir, no se tiene todavía ningún pimiento de ningún color, las variables auxiliares 'TR', 'TV' y 'TA' se encuentran en el valor lógico '0'. Se detectará el color uno de los pimientos siendo; verde (activando la entrada 'VV), rojo (activando la entrada 'VR') o amarillo (activando la entrada 'VA').

Se activa la salida 'R1' y 'EV' esto quiere decir que el robot tiene como entrada la salida del autómatas 'R1' (ver sección 4.2), lo que ocurre en este lugar es que el robot se encuentra el circuito neumático activo, es decir, el elemento terminal está activo y entonces puede agarrar los pimientos, quedándose en una posición central.

Una vez en colocado el brazo robótico en esta posición central envía la señal 'OK-A' que es salida del controlador del robot y a su vez entrada del autómatas.

Seguidamente se activará la salida 'R1', 'R2' o 'R3' dependiendo del color del pimiento, estas a su vez son entradas del robot (ver sección 4.2), estas salidas del autómatas y entradas del robot indican la posición a la que tiene que llevar el pimiento en la caja de empaquetado, si es posición de rojo, verde o amarillo, además se activará la salida 'BP' para dejar el paso de más cajas en la cinta principal.

Una vez colocada en la posición para dejar el pimiento, el controlador del robot envía al autómatas la señal 'OK-V' para indicar que está listo para dejar el pimiento en las cajas de la cinta de salida. Por tanto el siguiente lugar el circuito neumático controlado por la señal 'EV' se pone a '0' soltando el pimiento en la caja, a su vez la variable auxiliar 'TR', 'TV' o 'TA' (dependiendo del color) se activa (toma el valor lógico '1') para indicar que se ha empaquetado dicho color. El robot vuelve a su posición inicial e indica que ha llegado a esta posición activando la entrada del autómatas 'OK-B'.

Con esto se llega al lugar "siguiente caja", si alguna de las variables auxiliares 'TR', 'TV' o 'TA' se encuentran con el valor lógico '0' el sistema vuelve al lugar de inicialización ya que todavía falta un color para poder empaquetar.

En el segundo ciclo, si se activa una entrada de un color que no se tiene, es decir la variable auxiliar asociada a ese color se encuentra en el valor lógico '0', seguirá el mismo camino descrito anteriormente. Si este color ya estuviera empaquetado la variable auxiliar asociado al empaquetamiento de dicho color ('TR', 'TV' o 'TA') estará activa (valor lógico '1') y por tanto el sistema se encuentra en el lugar 'Bajar pistón', descartando la caja que contiene al pimiento de color ya empaquetado de la cinta principal, a su vez en este lugar se activa un temporizador que activa la siguiente transición al segundo para poder en la práctica salir de este lugar. Una vez hecho esto el sistema se encuentra otra vez en el lugar 'Siguiete Caja'.

Se repite el proceso hasta que las tres variables auxiliares 'TR', 'TV' y 'TA' asociado a cada color tomen el valor lógico '1' lo que solo se consigue empaquetando los tres colores.

Una vez conseguido esto el sistema se encuentra en el lugar 'Preparación caja nueva' donde se activan simultáneamente la salida 'R5' (que realiza el robot el movimiento de coger una nueva caja y situarla encima de la cinta), la salida 'EV' (para poder agarrar la nueva caja) y la salida 'CA' que activa la cinta de salida o secundaria para dejar lugar a la nueva caja para rellenar de los pimientos tricolores. También toman el valor lógico '0' las variables auxiliares, 'TR', 'TA' y 'TV' para inicializar los colores en un nuevo ciclo si lo hubiese.

Una vez situado el robot sobre la cinta el robot activa la entrada del autómatas 'OK-V' para que seguidamente desactive la salida 'EV' y pueda el circuito neumático soltar la caja.

Tras esto si la variable de entrada 'I' sigue activa y se activa la entrada 'OK-A' que indica que el robot está en su posición inicial, se sigue indefinidamente con el ciclo. Si por el contrario esta desactivada y 'OK-A' está activo indicando que el robot está en su posición inicial llegando al lugar 'Apagado', donde se enviará la señal de 'RF' al robot para indicar que ha llegado al fin de ejecución del programa, y se pondrá la variable auxiliar 'RDY' en el valor lógico '0' indicando que el sistema no está iniciado. Situándose el sistema de nuevo en el lugar 'Standby' hasta que el operario pulse en el panel HMI, Inicio para activar la entrada 'I' (ver sección 4.3).

Para una mejor visualización del programa del autómatas anteriormente descrito se construye una Red de Petri (Figura 4.1).

Una red de Petri es una herramienta matemática que puede servir para modelar comportamientos de diferente naturaleza. En concreto se aplicarán como herramienta de especificación de comportamientos en sistemas de eventos discretos [21].

El lenguaje usado, es el lenguaje gráfico etapa/transición (Grafcet), este lenguaje, permite, al igual que los grados de transición de estados, la descripción de secuencias simples y evoluciones alternativas, pero además facilitan también la descripción de procesos con evoluciones simultáneas, que no pueden ser descritos de forma sencilla por grafos de transición de estados [10].

A la hora de implementarlo en el autómatas se programa con el software de Siemens TIA Portal [27] donde contiene Step 7 para programar dichos elementos. Además permite la programación del panel de operario a través de WinCC pudiendo definir la planta (Figura 4.2).

Primeramente se configura el autómatas S7-300 con los módulos de entrada y salida (Figura 4.3), tras esto se defina la entrada de variables del autómatas (Figura 4.4).

Se programa en GRAFCET (Figura 4.5) estableciendo la red de Petri comentada anteriormente, en cada transición se incorporan las variables de entrada si son normalmente abiertas o cerradas para activarse las salidas posteriores dependiendo del estado de la entrada, si es '1' o '0' (Figura 4.6). Una vez cargado en la CPU del autómatas se comprueba el funcionamiento gracias a la botonera de pruebas que contiene el autómatas (Figura 4.7).

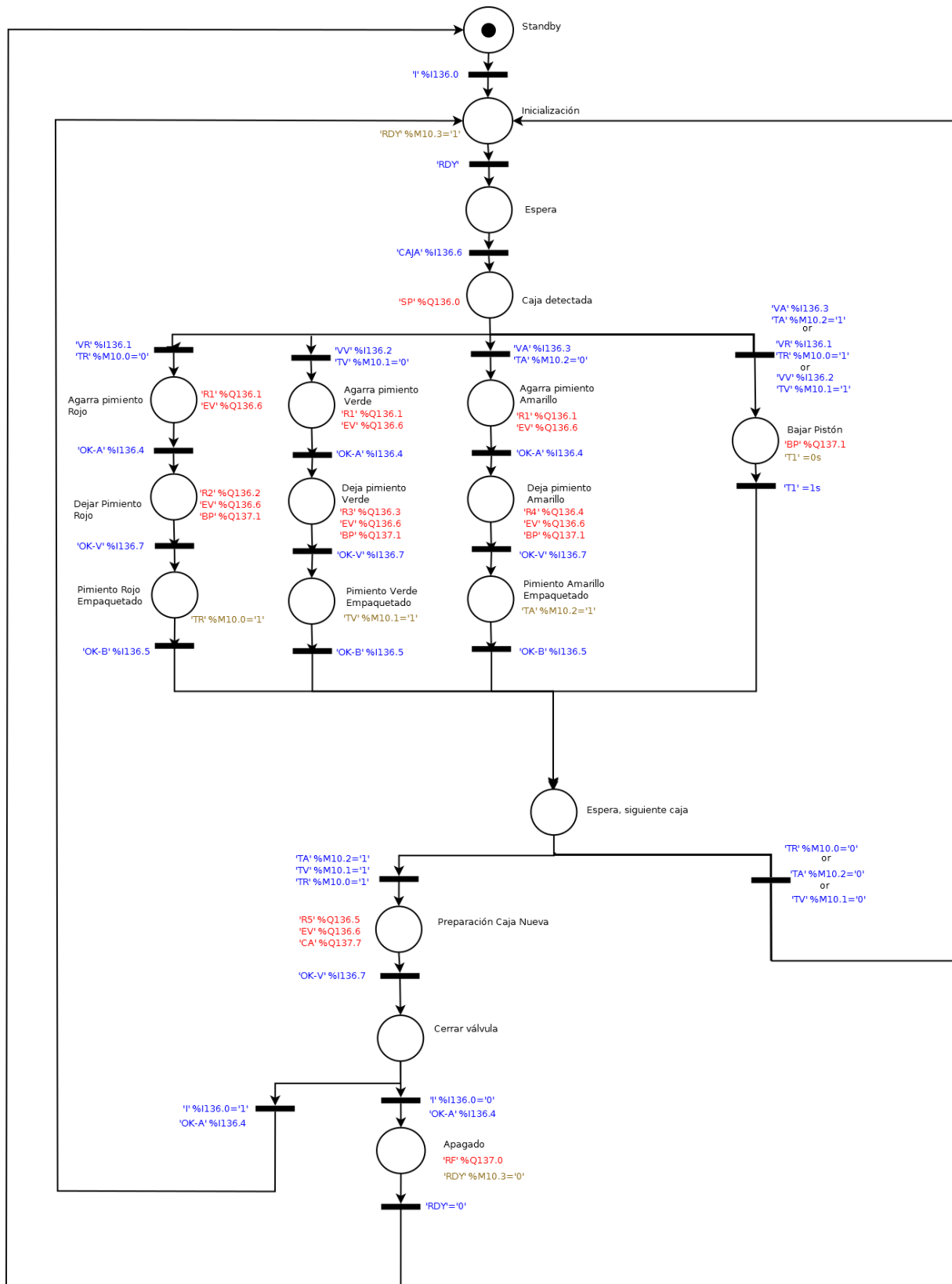


Figura 4.1. Red de Petri del programa del PLC S7-300

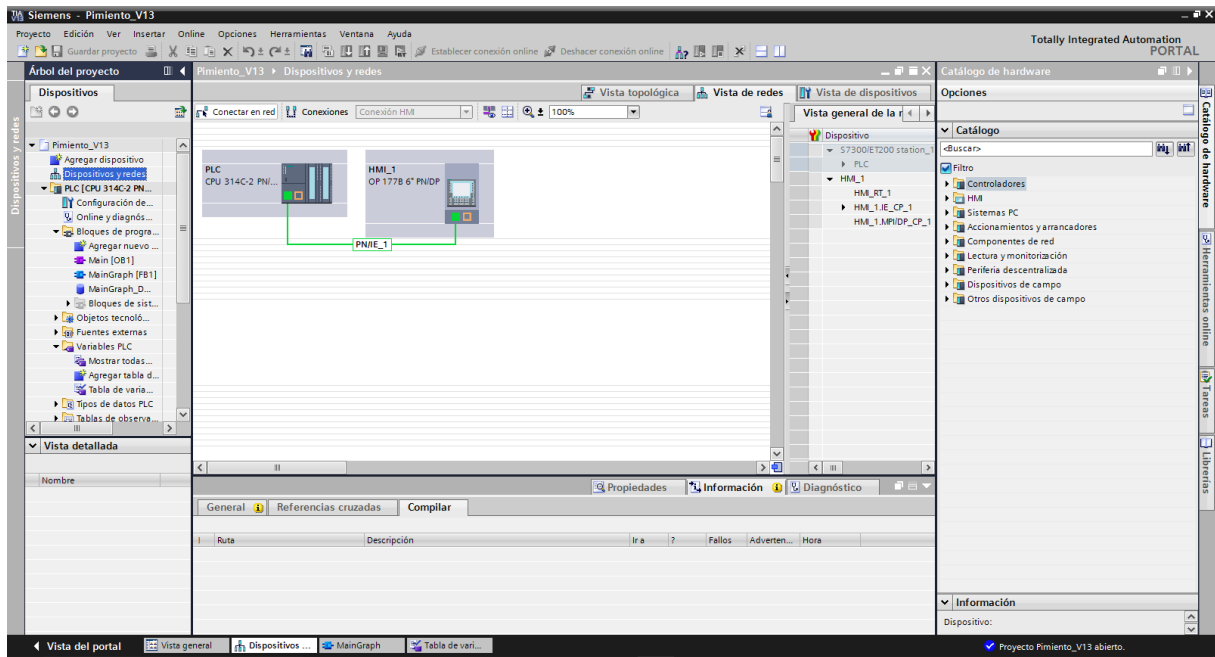


Figura 4.2. TIA Portal con el PLC S7-300 y el panel OP 177B y Ethernet

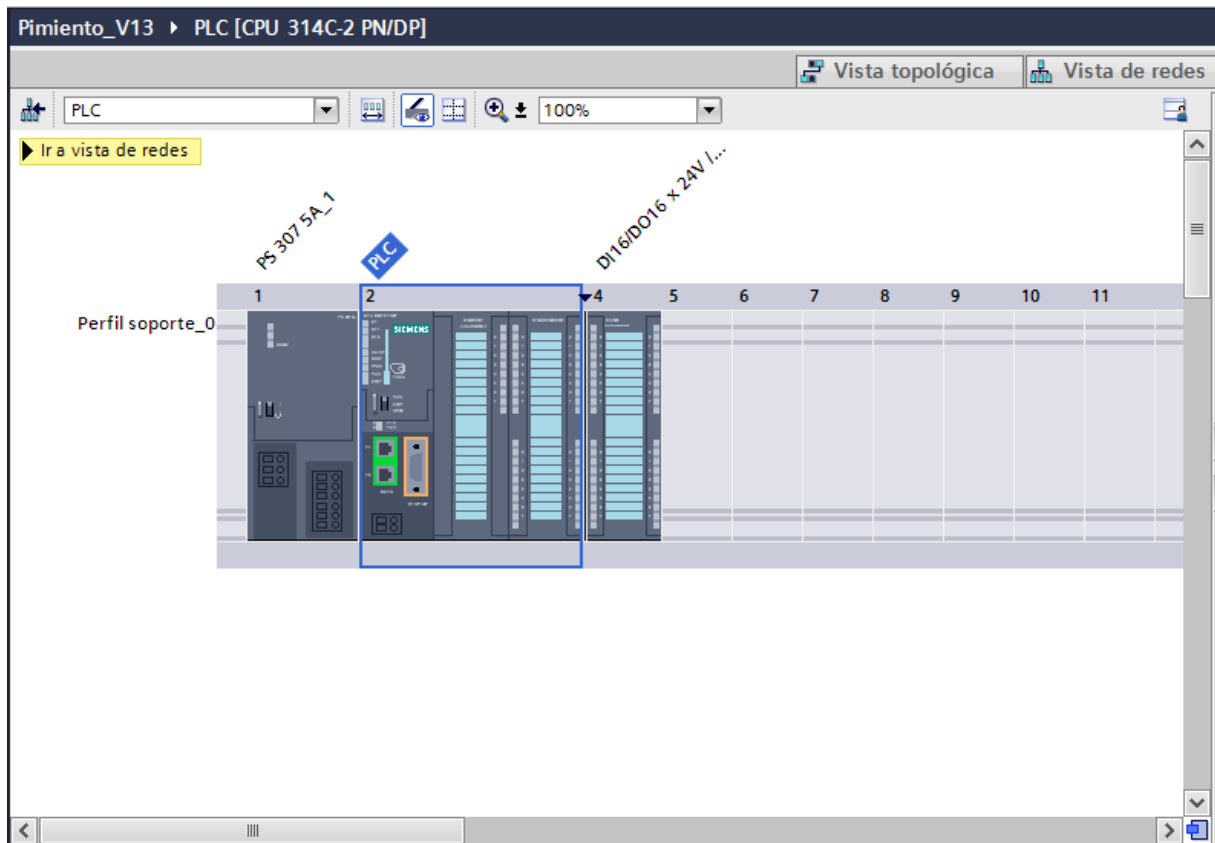


Figura 4.3. S7-300 configurado en TIA Portal

Tabla de variables estándar							
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Acces...	Comentario
1	I	Bool	%I136.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Encendido
2	Vr	Bool	%I136.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Pimiento rojo detectado
3	Vv	Bool	%I136.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Pimiento verde detectado
4	Va	Bool	%I136.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Pimiento amarillo detectado
5	Ok-A	Bool	%I136.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Tarea finalizada A
6	Ok-B	Bool	%I136.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Tarea Finalizada B
7	R1	Bool	%Q136.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Robot coge pimiento
8	R2	Bool	%Q136.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Robot deja pimiento rojo
9	R3	Bool	%Q136.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Robot deja pimiento verde
10	R4	Bool	%Q136.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Robot deja pimiento amarillo
11	R5	Bool	%Q136.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Robot repone caja
12	CA	Bool	%Q136.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Activar Cinta de Almacén
13	TR	Bool	%M10.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ha cogido pimiento rojo?
14	TV	Bool	%M10.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ha cogido pimiento verde?
15	TA	Bool	%M10.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ha cogido pimiento amarillo?
16	EV	Bool	%Q136.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Electroválvula
17	RDY	Bool	%M10.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sistema iniciado
18	SP	Bool	%Q136.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Subir Pistón
19	Caja	Bool	%I136.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Caja detectada
20	Ok-V	Bool	%I136.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Posición de Válvula
21	RF	Bool	%Q137.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Fin de programa del robot
22	BP	Bool	%Q137.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Bajar Pistón

Figura 4.4. Tabla de variables en TIA Portal

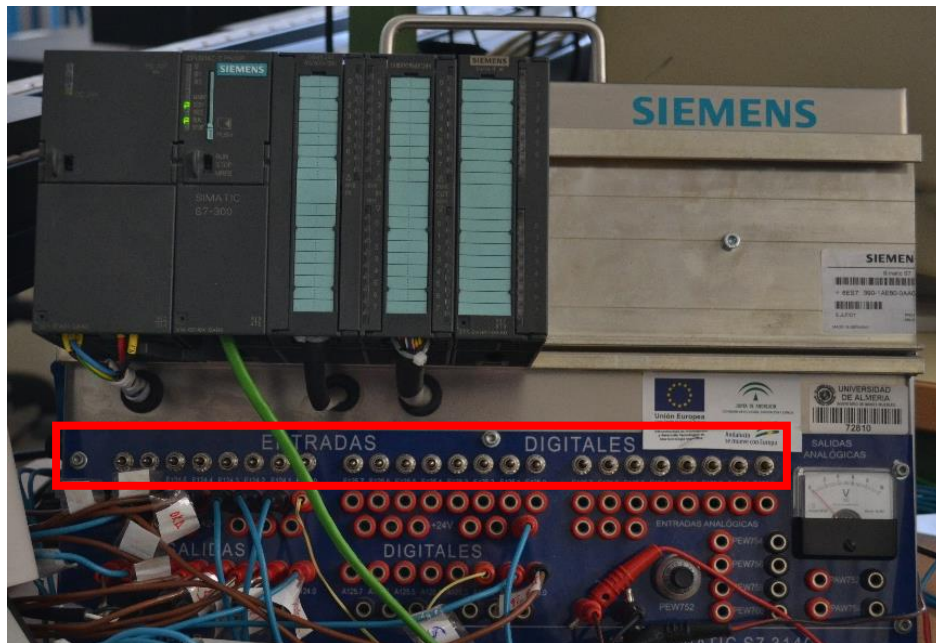


Figura 4.5. Autómata con la botonera de pruebas

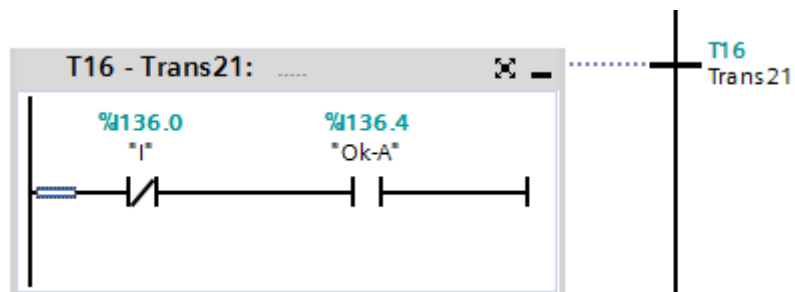


Figura 4.6. Ejemplo Transición 21, se activa cuando I='0' y Ok-A='1'

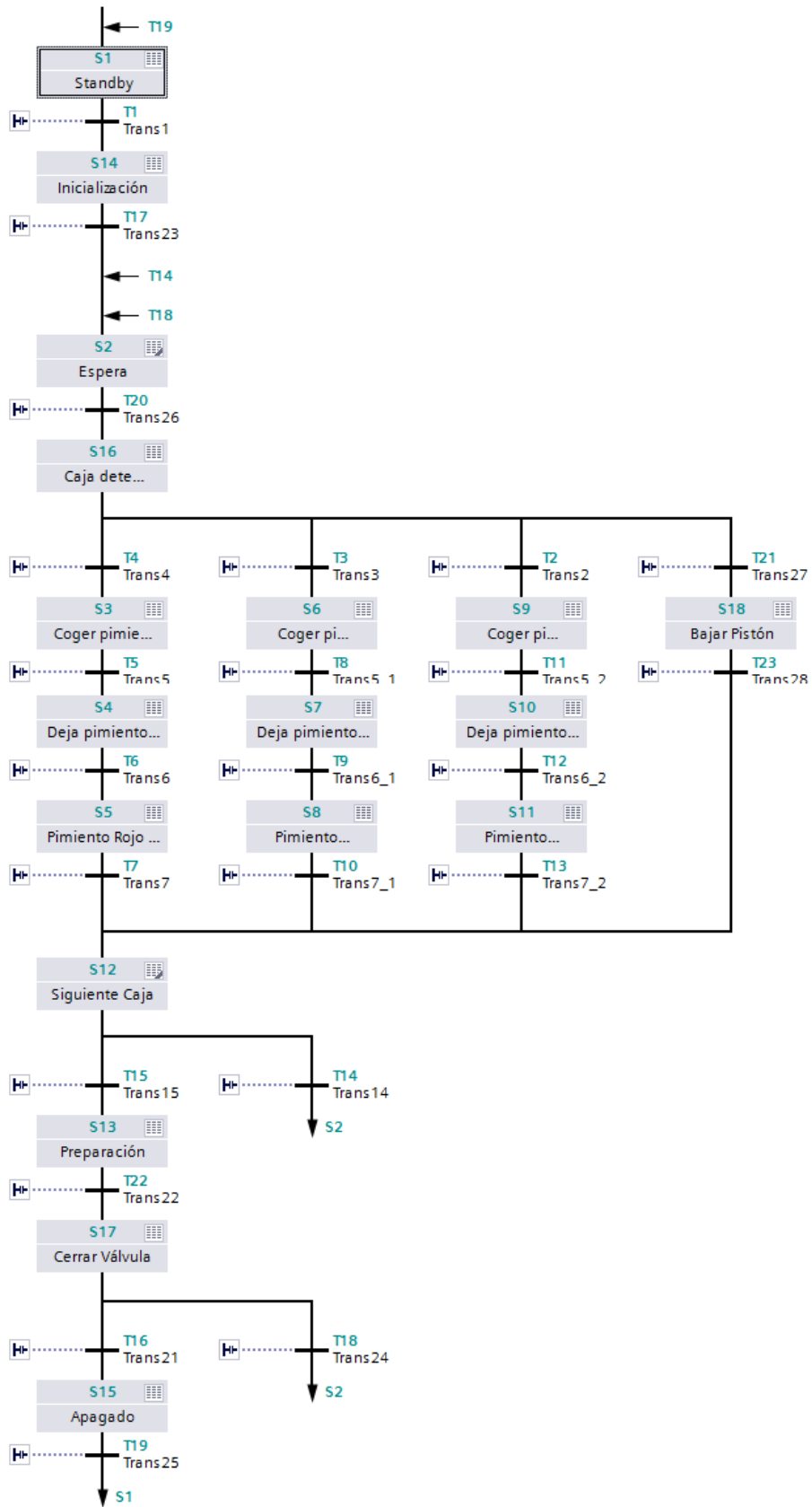


Figura 4.7. Programa en grafcet del funcionamiento del autómata

4.2. Programación del robot Scorbot IX

El controlador es la parte del robot que gobierna el brazo mecánico y mantiene contacto con el entorno que le rodea. Todas las tareas que realiza el robot implican el movimiento del brazo manipulador, por lo que la principal misión del sistema de control es posicionar y orientar la muñeca con una velocidad y precisión específicas. Por otra parte, el controlador suele ser un sistema informático que posee una componente física (hardware) y una componente lógica (software, programas), que trabajan conjuntamente para poder realizar las tareas necesarias [24]. El controlador gestiona además señales de entrada y salida para poder realizar las tareas programadas.

Como el elemento terminal del robot (ver sección 4.5) no está gobernado por el controlador del brazo sino por el autómatas S7-300 se hace necesario establecer señales de salida del controlador del robot hacia el autómatas para activar o desactivar el circuito neumático.

Se establecen las siguientes posiciones del robot (Tabla 4.3), creando dos vectores de posiciones 'Dejar pimiento', D_P[i] y 'Coger caja', C_C[i] para sendas tareas:

Posición	X	Y	Z	P	R	Observaciones
C_C[1]	503	-159	243.903	-87.263	12.647	Posición para incorporar caja nueva
C_C[2]	503	-159	76.317	-87.263	12.647	Posición intermedia para reponer caja
C_C[3]	-337	443	262.565	-92.750	73.204	Posición intermedia para empaquetar pimiento
C_C[4]	-327	432.690	82.127	-90.749	73.573	Posición para dejar nueva caja en cinta de salida
D_P[1]	-421.241	341.112	126.699	-87.307	83.053	Posición de pimiento 1 en caja final
D_P[2]	-253.244	305.515	108	-91	161	Posición de pimiento 2 en caja final
D_P[3]	-398	325	108	-91	170	Posición de pimiento 3 en caja final
P1	144.813	266.497	517.888	-87.264	92.338	Posición de reposo
P10	414.252	404.301	307.968	-89.882	92.489	Posición sobre pimiento en cinta principal

Tabla 4.3. Posiciones Robot

Como se ha explicado en la sección 4.3 se definen una serie de variables de entrada y salida del robot hacia el autómatas (Tabla 4.4).

La programación textual permite indicar la tarea al robot mediante el uso de un lenguaje de programación específico. Un programa corresponde ahora, con una serie de órdenes que son editadas y posteriormente ejecutadas. Existe, por tanto, un texto para el programa [2].

Primeramente el robot se colocaría en la posición de seguridad 'P1' dándose 6 posibilidades dependiendo de la entrada. Si la primera entrada quedase activada quiere decir que el autómatas ha detectado una caja con un color que no se tiene y ordena al robot a situarse sobre la caja de la cinta de entrada y agarrar el pimiento, es decir, el elemento terminal queda activado y regresar a la posición

de reposo. El autómata en función del color activará una entrada distinta, teniendo para el color rojo la entrada 2, para el verde el 3 y para el amarillo el 4. Una vez finalizada esta tarea el robot comunica al autómata a través de la entrada del autómata y salida del robot OK-A.

Los recorridos llevados a cabo por el robot son idénticos para cada pimiento a excepción del lugar de colocarlo en la cinta.

Por ejemplo, al activar la entrada 2 (colocar pimiento rojo) el robot se sitúa en la posición C_C[3], que es una posición intermedia entre P1 y la cinta rápidamente, tras esto lentamente lo sitúa en la caja de la cinta secundaria para tener más precisión. Tras esto se envía al autómata la señal OK-V para que el autómata desactive el circuito neumático y el robot suelte el pimiento.

Una vez dejado el pimiento en la caja vuelve rápidamente a la posición de reposo y comunica al autómata que la tarea está finalizada activando la salida del robot y entrada del autómata OK-B.

En el caso de la entrada 3, dejar pimiento verde, o la entrada 4, dejar pimiento amarillo, las órdenes son idénticas a excepción de donde dejar el pimiento siendo las posiciones D_P[3] y D_P[4] la posición del pimiento verde y del pimiento amarillo respectivamente.

En la práctica la entrada 1 siempre va a activarse antes que cualquiera, ya que lo primero que sucede en la planta es la detección de caja (ver sección 4.1).

Si quedase activada la entrada 5, salida R5 en el autómata, el robot tiene que reponer una nueva caja en la cinta secundaria o de salida. Para ello, con el elemento terminal activo por el autómata, se sitúa en la posición C_C[1] rápidamente, agarra una nueva caja trasladándose lentamente a la posición C_C[2], para dejar lentamente en la cinta moviéndose hasta la posición C_C[4]. Una vez aquí activa la entrada del autómata OK-V para que el autómata desactive el elemento terminal y pueda soltar la nueva caja.

Por último vuelve a la posición de reposo y comunica al autómata que esta nuevo para un nuevo ciclo activando la entrada del autómata OK-A.

Si la entrada 6, salida RF del autómata, quedase activada el control del robot volvería a inicio, rompiendo el flujo normal del programa, esto se corresponde al final del programa del autómata para terminar la tarea de clasificación y empaquetado (ver sección 4.1). Todo esto es esbozado mediante un diagrama de flujo para comprender el funcionamiento (Figura 4.8)

El robot Scorbot IX es programado en el lenguaje de programación ACL (Figura 4.9), (Advanced Control Language, Lenguaje de Control Avanzado en castellano), es un lenguaje y entorno de programación de robótica avanzado, multitarea y desarrollado por ESHED ROBOTEC (1982) Ltd. El ACL está almacenado en memorias EPROM dentro del Controlador-A y se puede acceder a él con cualquier PC estándar o terminal, por medio de una línea RS232 de comunicaciones [6].

Entradas Autómata	Nombre	Observaciones	Salida Robot	Salidas Autómata	Nombre	Observaciones	Entrada Robot
%I136.4	OK-A	Fin tarea A Robot	S[11]	%Q136.1	R1	Coger pimienta	E[1]
%I136.5	OK-B	Fin Tarea B Robot	S[13]	%Q136.2	R2	Dejar pimienta rojo robot	E[2]
%I136.7	OK-V	Fin tareas con Ventosa Robot	S[12]	%Q136.3	R3	Dejar pimienta verde robot	E[3]
				%Q136.4	R4	Dejar pimienta amarillo robot	E[4]
				%Q136.5	R5	Reponer caja en cinta secundaria robot	E[5]
				%Q137.0	RF	Fin Programa Robot	E[6]

Tabla 4.4. Variables de E/S Robot y correspondencia con el Autómata S7-300

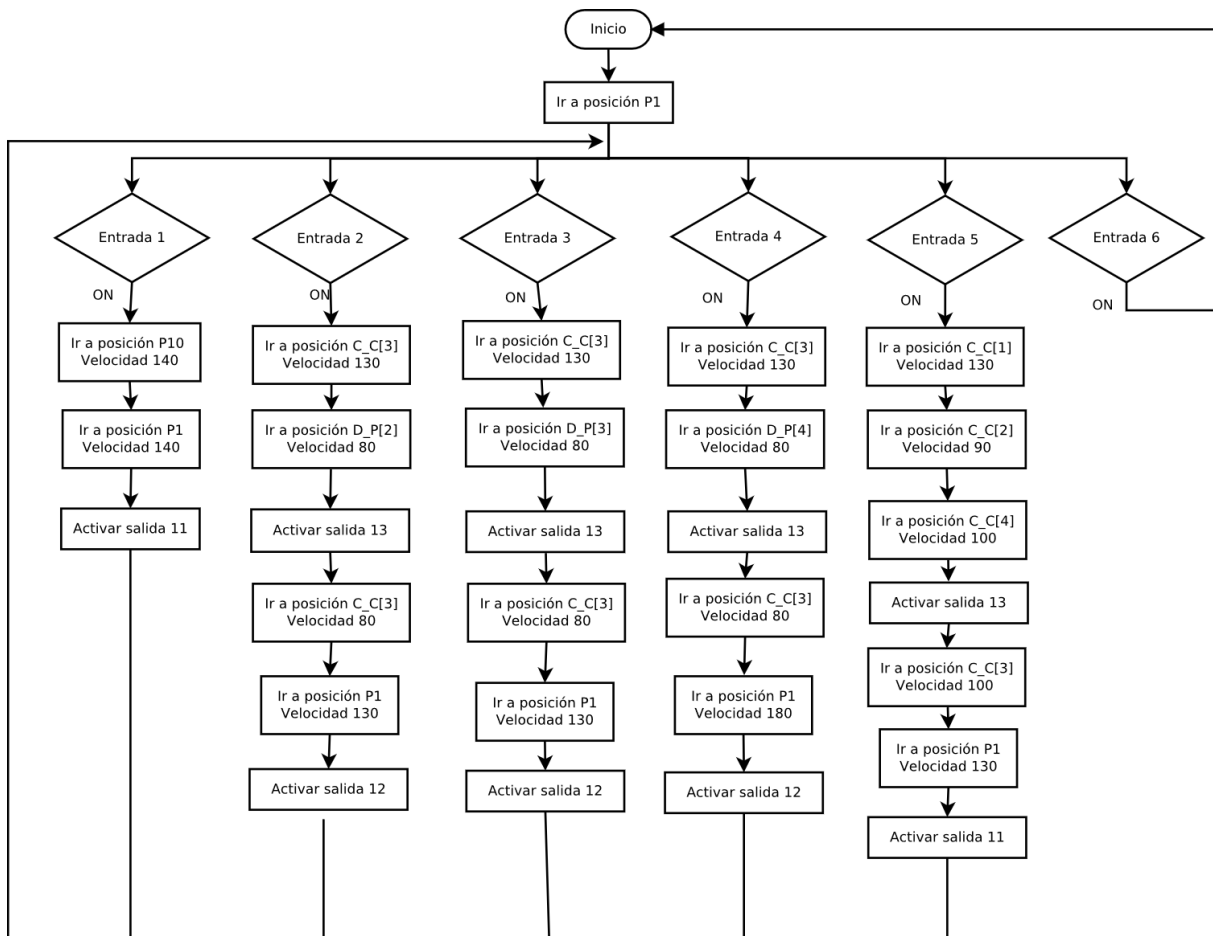


Figura 4.8. Diagrama del programa del robot

<u>CÓDIGO ACL</u> DIMP D_P[4] DIMP C_C[4] TEACH C_C[1] 503 -159 243.903 -87.263 12.647 TEACH C_C[2] 503 -159 76.317 -87.263 12.647 TEACH C_C[3] -337 443 262.565 -92.750 73.204 TEACH C_C[4] -327 432.690 82.127 -90.749 73.573 TEACH P1 144.813 266.497 517.888 -87.264 92.338 TEACH D_P[1] -421.241 341.112 126.699 -87.307 83.053 TEACH D_P[2] -253.244 305.515 108 -91 161 TEACH D_P[3] -398 325	108 -91 170 TEACH P10 414.252 404.301 307.968 -89.882 92.489 PROGRAM SM SET OUT[11]=0 SET OUT[12]=0 SET OUT[13]=0 MOVE P1 200 DELAY 200 LABEL 1 IF IN[1]=1 MOVE P10 140 DELAY 150 MOVE P1 140 DELAY 150 SET OUT [11]=1 DELAY 10 SET OUT [11]=0 ENDIF IF IN[2]=1 MOVE C_C[3] 130 DELAY 140 MOVE D_P[2] 80 DELAY 90 SET OUT[13]=1 DELAY 10 SET OUT[13]=0 MOVE C_C[3] 80 DELAY 90 MOVE P1 130 DELAY 140 SET OUT [12]=1 DELAY 10 SET OUT[12]=0 ENDIF IF IN[3]=1 MOVE C_C[3] 130 DELAY 140 MOVE D_P[3] 80 DELAY 90 SET OUT[13]=1 DELAY 10 SET OUT[13]=0 MOVE C_C[3] 80 DELAY 90 MOVE P1 130	DELAY 140 SET OUT [12]=1 DELAY 10 SET OUT[12]=0 ENDIF IF IN[4]=1 MOVE C_C[3] 130 DELAY 140 MOVE D_P[4] 80 DELAY 90 SET OUT[13]=1 DELAY 10 SET OUT[13]=0 MOVE C_C[3] 80 DELAY 90 MOVE P1 130 DELAY 140 SET OUT [12]=1 DELAY 10 SET OUT[12]=0 ENDIF IF IN[5]=1 MOVE C_C[1] 130 DELAY 140 MOVE C_C[2] 90 DELAY 100 MOVE P1 130 DELAY 140 MOVE C_C[4] 100 DELAY 110 SET OUT[13]=1 DELAY 10 SET OUT[13]=0 MOVE C_C[3] 100 DELAY 110 MOVE P1 130 DELAY 140 SET OUT [11]=1 DELAY 10 SET OUT[11]=0 ENDIF IF IN[6]=0 GOTO 1 ENDIF
---	---	---

Figura 4.9. Programa Robot en ACL

4.3. Sistema de supervisión

Un panel de operario, HMI, es el dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina. Tradicionalmente estos sistemas consistían en paneles compuestos por indicadores y comandos, tales como luces pilotos, indicadores digitales y analógicos, registradores, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban con la máquina o proceso. En la actualidad, dado que las máquinas y procesos en general están implementadas con controladores y otros dispositivos electrónicos que dejan disponibles puertas de comunicación, es posible contar con sistemas de HMI bastantes más poderosas y eficaces, además de permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso o máquinas, como las reflejadas en este proyecto [4].

Para interactuar con la planta se cuenta con el panel de operario HMI Siemens OP 177B, este es programado, al igual que el autómatas en TIA portal, usando WinCC. El panel HMI se comunicará con el autómatas a través de Ethernet, estableciéndose las direcciones IP 192.168.5.1 para el autómatas y la dirección 192.168.5.2 para el panel (Figura 4.10).

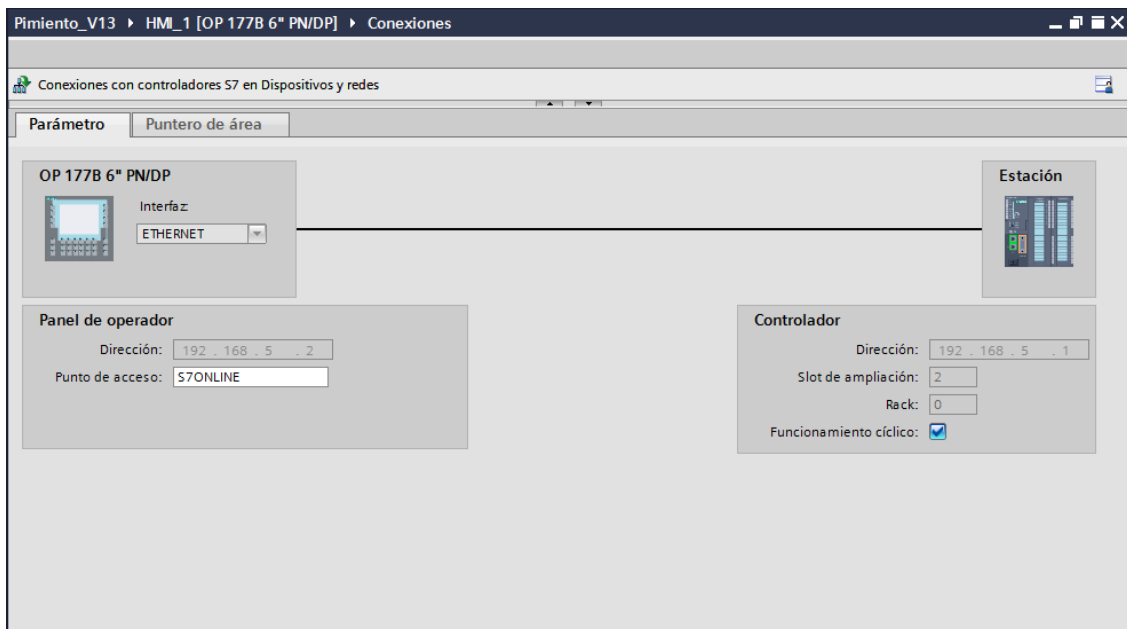


Figura 4.10. Comunicación entre PLC S7-300 y el panel OP 177B

Ethernet ha sido adoptado como sistema de comunicaciones por los principales fabricantes de controladores industriales. Algunos de estos fabricantes han lanzado la oferta tecnológica de usar Ethernet como medio físico y el protocolo TCP/IP como sistema de comunicación con los módulos de Entradas/Salidas distribuidos [21].

Para la pantalla se crean las siguientes pantallas (Figura 4.11), una general (Figura 4.12) que da acceso a las tres secundarias. Primeramente se encuentra la pantalla Start/Stop (Figura 4.13) donde se iniciará el sistema (pulsando Start) o se desactivará (pulsando Stop) la entrada del autómatas 'I' y con acceso a la pantalla general. La siguiente pantalla con la que cuenta este panel, es la pantalla Planta (Figura 4.14), en esta se muestra un dibujo de la planta donde los elementos cambian a color verde si son activados (están actuando sobre la planta), teniendo como elementos que cambian de estado a la cámara cada vez que detecte un color, la cinta principal, el robot, la cinta secundaria con su motor de accionamiento y la caja cuando la operación sea la de reponer caja en cinta principal.

En el caso de la pantalla Planta se asocia la figura de la cámara a las entradas 'VV', 'VR' y 'VA', la de la cinta principal a 'I' ya que el sistema se inicia con la cinta en marcha, la del robot con las salidas 'R1', 'R2', 'R3', 'R4', 'R5', la cinta secundaria con el motor de accionamiento de esta y la caja con la salida 'CA' ya que suceden todos estos eventos a la vez (Figura 4.15).

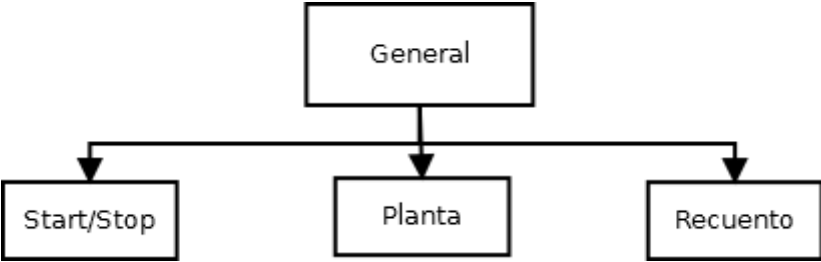


Figura 4.11. Disposición de las pantallas

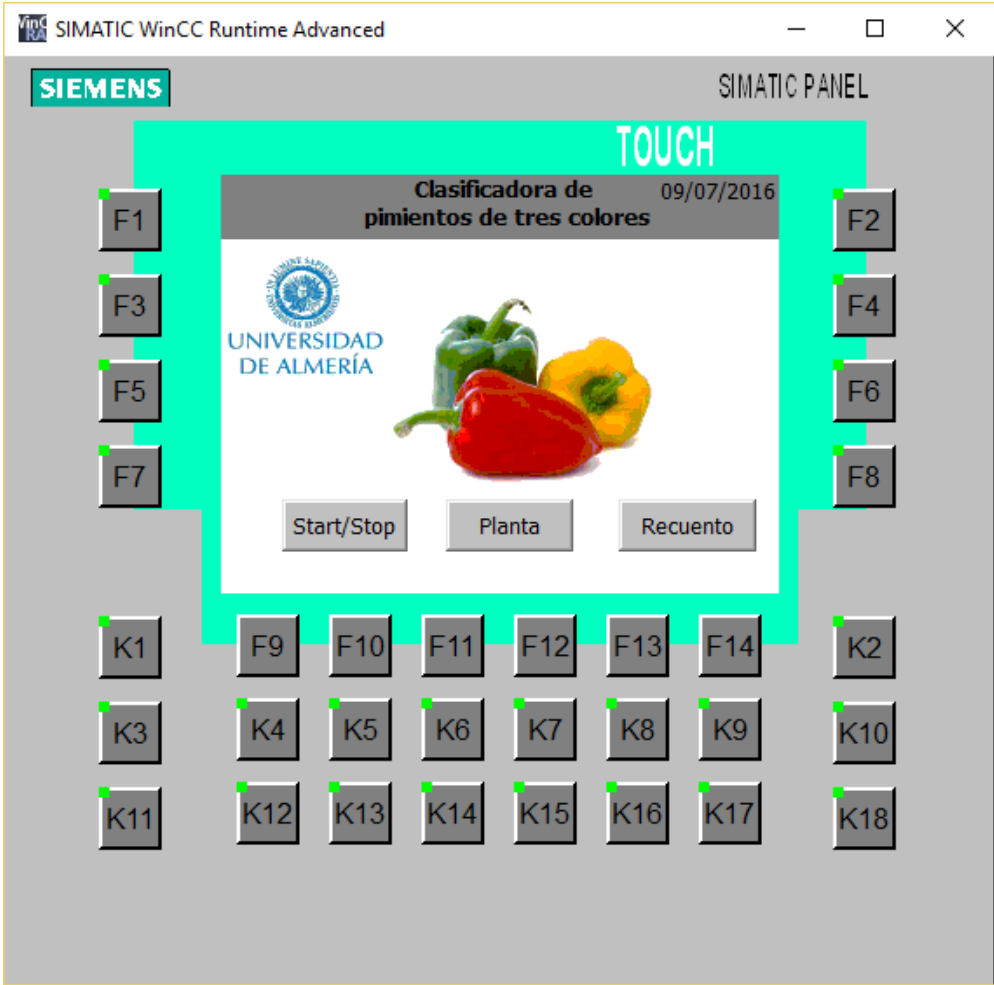


Figura 4.12. Pantalla principal

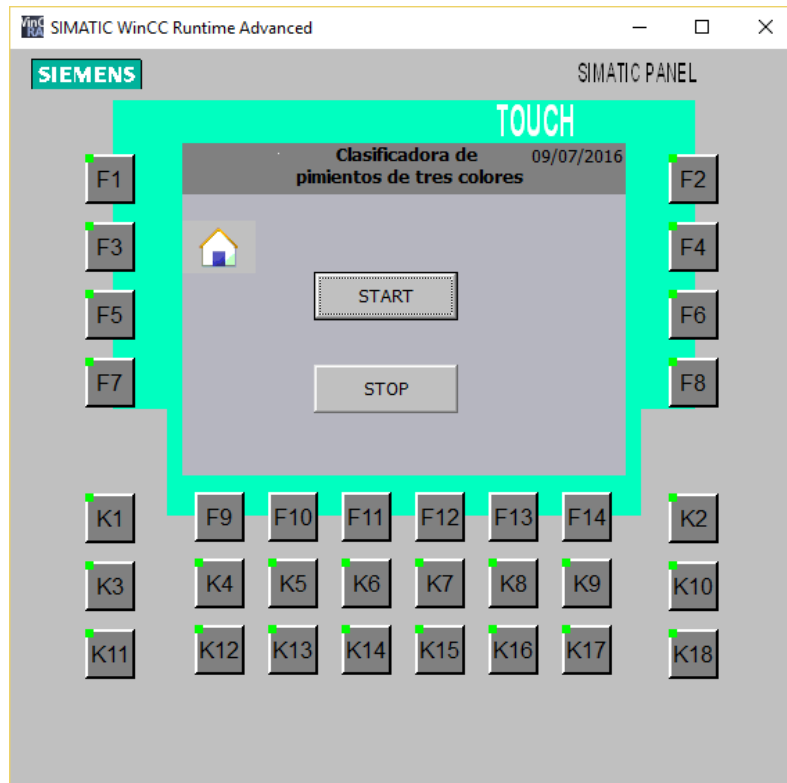


Figura 4.13. Pantalla Start/Stop

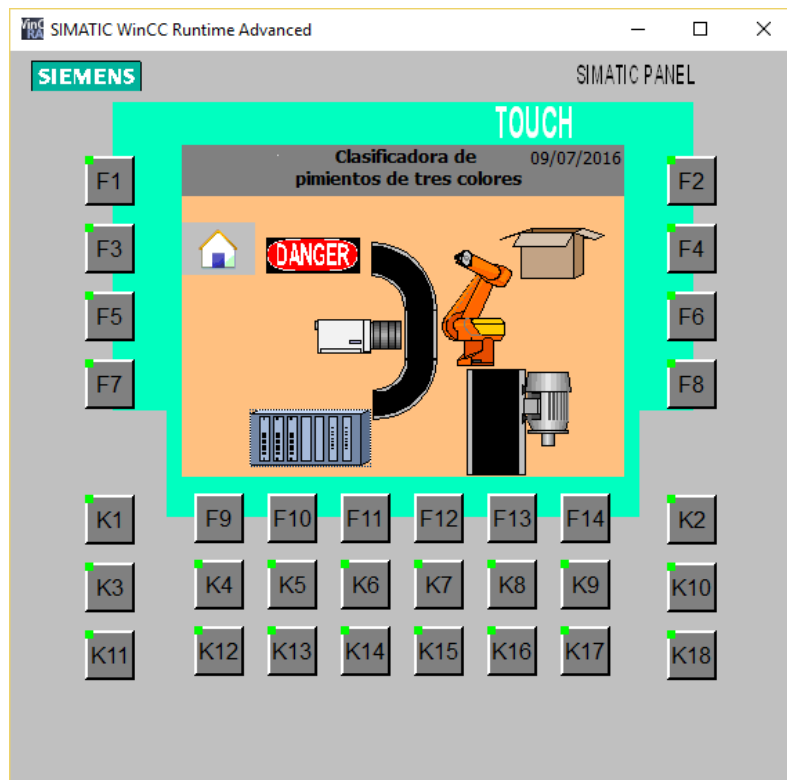


Figura 4.14. Pantalla Planta

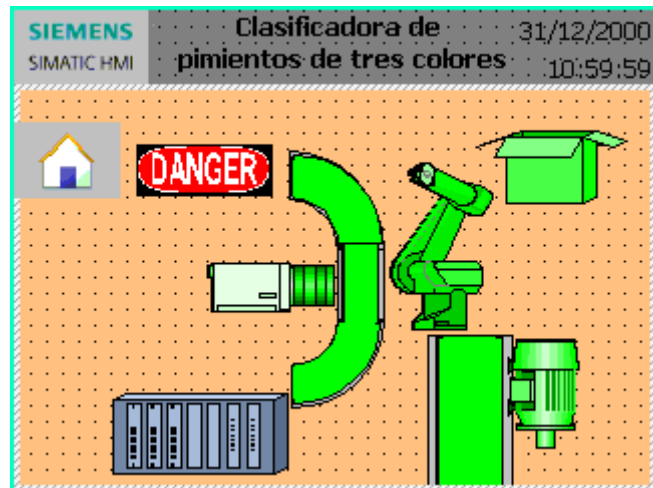


Figura 4.15. Planta Con los elementos funcionando

Por último el panel cuenta con la pantalla Recuento, en esta se muestran los datos de cantidad de producto detectado y empaquetado (Figura 4.16).

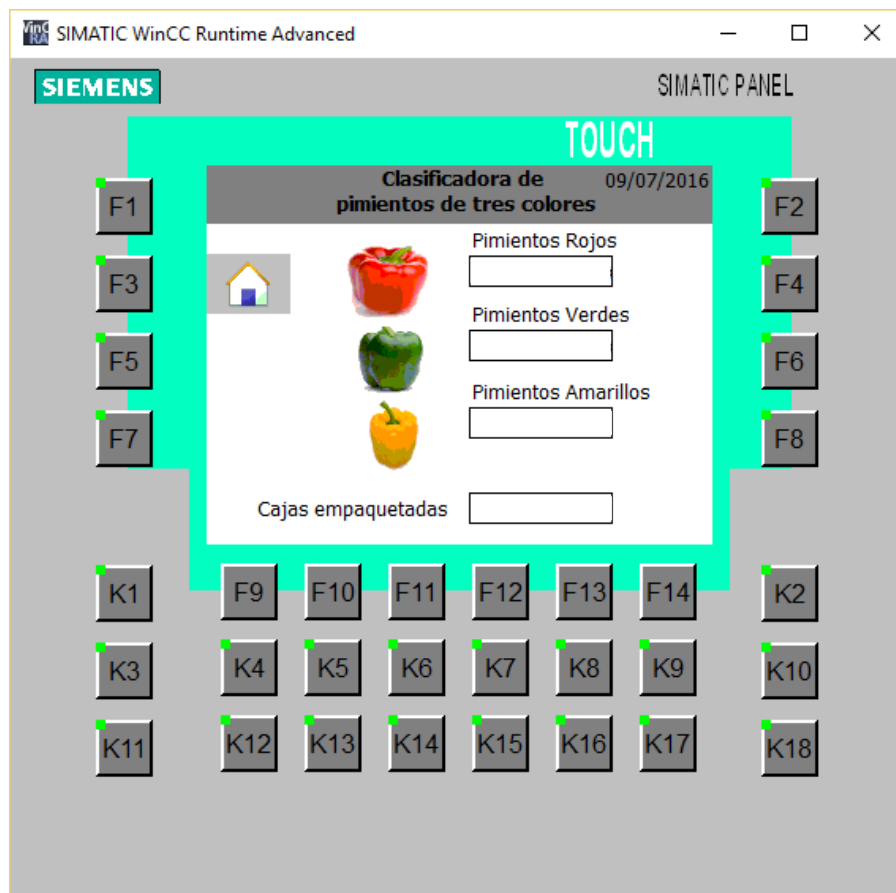


Figura 4.16. Pantalla Recuento

Para crear esta pantalla ha sido necesario crear nuevas variables de recuento (Tabla 4.5) que ejecute el programa principal del autómatas paralelamente al descrito en la sección 4.1. Se crean cuatro contadores uno para pimientos rojos, otro para verdes, otro para amarillos y otro para cajas empaquetadas.

Variable auxiliar para HMI	Nombre	Observaciones
%MW145	NR	Número de pimientos rojos
%MW143	NV	Número de pimientos verdes
%MW141	NA	Número de pimientos amarillos
%MW139	NC	Número de cajas finalizadas

Tabla 4.5. Variables auxiliares para contador

Estas variables son de tipo entero Int, es decir tomará valores enteros mayores o iguales a 0. Cada vez que se active la entrada 'VR' en el caso del color rojo se almacenará a través de un contador CTU en la variable auxiliar NR repitiéndose de manera idéntica para el resto de colores y para las cajas finalizadas siendo la variable a contar la salida del autómatas 'CA' (Figura 4.17).

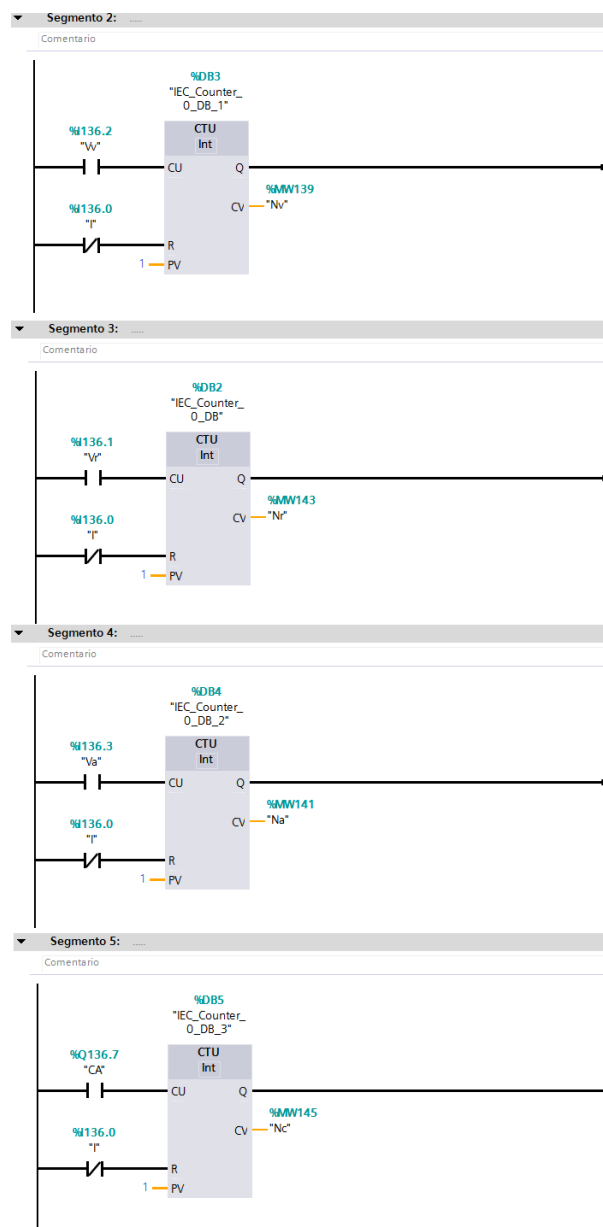


Figura 4.17. Contadores

4.4. Sistema de visión artificial

Se conoce como visión artificial al conjunto de los procesos de obtención, caracterización e interpretación de información de imágenes tomadas del mundo tridimensional, y lo que pretende es interpretar una escena real de forma similar a lo que realiza el ser humano con el sentido de la vista, su cerebro y su propia experiencia. Las estructuras y propiedades del mundo tridimensional que se desean deducir en visión artificial incluyen no sólo sus propiedades geométricas, sino también sus propiedades materiales, como por ejemplo en este proyecto, su color [13].

Las etapas de un sistema de visión artificial se componen de [10].

1. Adquisición de imágenes (Etapa sensorial).
2. Transformación y filtrado de imágenes. (Etapa de procesamiento previo).
3. Aislamiento de objetos de la imagen. (Etapa de segmentación)
4. Calculo de características y reconocimiento (Etapa de reconocimiento automático).
5. Interpretación de la escena (Inteligencia Artificial).

Para detectar los colores y poder enviar las señales de entrada al autómatas se diseña un sistema de visión artificial, este estará compuesto por la cámara USB que se comunicará con el software programado en LabView, a su vez el PC con el software comunicará con un microcontrolador (en este proyecto Arduino UNO) que conmutará relés para activar la entrada correspondiente del autómatas según qué color sea detectado.

- Software.

En LabView con las librerías de Visión y las de comunicación con microcontrolador Arduino se diseña un programa (Figura 4.18) que una vez adquirida la imagen divide en colores primarios esta para poder ser detectados y tratados activando señales del microcontrolador.

El código primeramente activa las comunicaciones con el microcontrolador Arduino UNO, además con el bloque Vision Acquisition a través del puerto USB establece comunicación con la cámara recibiendo la imagen.

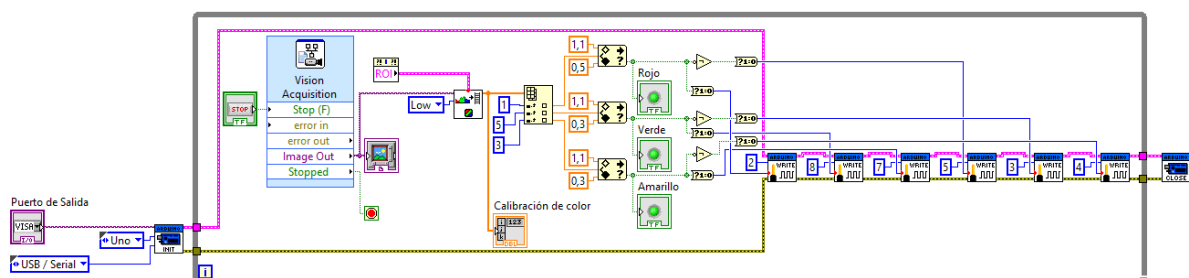


Figura 4.18. Programa de Visión Artificial en LabView

Esta es dividida en 8 umbrales de color (Figura 4.19), estableciéndose un máximo y un mínimo para cada color, es decir una pareja de valores para cada color.

Calibración de color															
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Figura 4.19. En esta matriz se muestran los valores que toma cada umbral.

Seguidamente después de en la práctica observar los valores se establece en el código el lugar de la matriz que ocupa cada color, estos varían según la luz que es muy importante, siendo más efectiva si los pimientos cuando son detectados por la cámara están sometidos a una luz de luminosidad constante.

Tras esto se establecen los valores máximos y mínimos de cada color para activar dicha salida, una vez detectado este se activa en la pantalla de LabView un led correspondiente a este color y a su vez dos salidas del microcontrolador Arduino Uno ,una para un led físico y otro para los relés (más adelante se explica el módulo hardware). Este código es ejecutado hasta que en el panel de supervisión (Figura 4.20) de LabView del PC se ordene la opción paro (STOP)

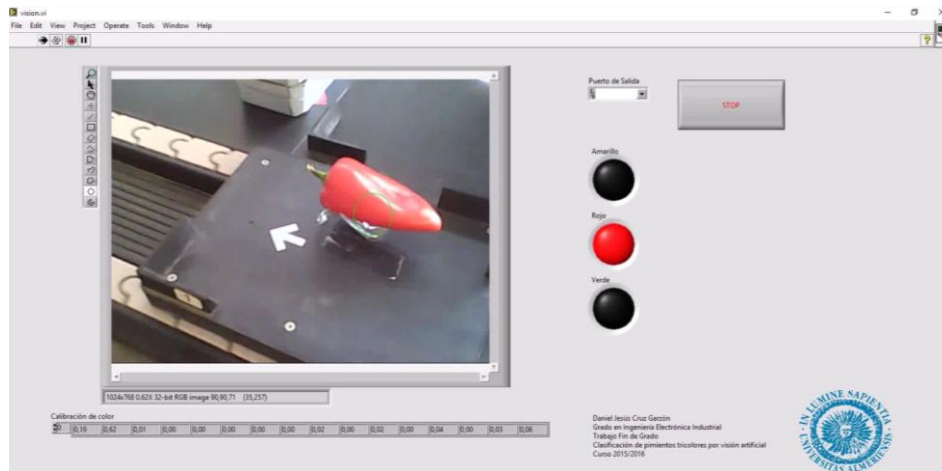


Figura 4.20. Panel de Supervisión de la Visión Artificial

El panel de supervisión (Figura 4.20) consta de una pantalla donde visualizar la imagen que va registrando la cámara, se establece que zona es la que se desea procesar, siendo rodeada por un círculo de color verde. La pantalla también consta de tres leds que se activarán según el color, botón de paro para dejar de ejecutar el código, una barra para seleccionar el puerto de salida donde se encuentra conectado el microcontrolador a través de USB y por último, la barra de calibración de color donde poder visualizar los valores máximos y mínimos para cada color.

- Hardware

El módulo de visión artificial se compone de una parte hardware para trasladar estas señales al autómatas, el microcontrolador funciona con señales de +5V y el PLC S7-300 a +24V por lo tanto hay que diseñar un circuito electrónico que transforme los +5V en +24V dando seguridad al microcontrolador, al PLC y al PC [22].



Figura 4.21. Módulo de Optocopladores y relés

El circuito de los relés (Figura 4.21) consta de una etapa anterior de optocopladores (Figura 4.22) para aislar el PC y el microcontrolador de las peligrosas tensiones para estos del autómata (+24V). Un optocoplador es un componente electrónico que se utiliza como transmisor y receptor óptico (de luz), es decir pueden transmitir de un punto a otro una señal eléctrica sin necesidad de conexión física ni cables (por el aire), mediante una señal luminosa [5].

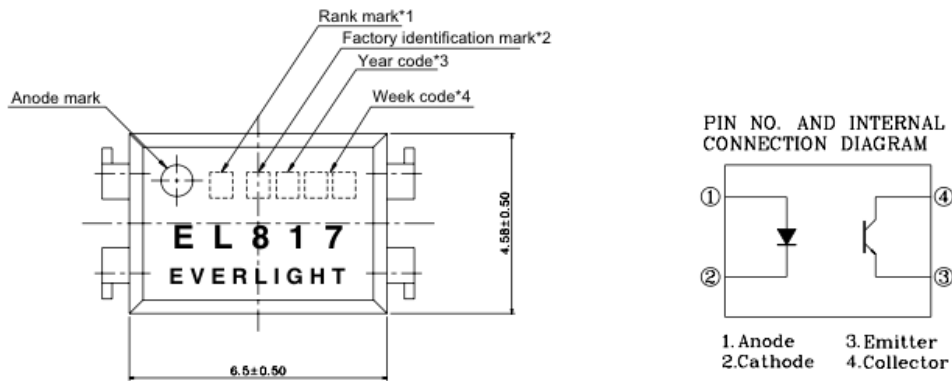


Figura 4.22. Esquema eléctrico de Optocoplador

Por tanto el circuito esquemático (Figura 4.23) consta de un suministro auxiliar de +5V para conmutar los relés estando totalmente aislado el microcontrolador, ya que la única señal que da es luminosa a través de los optocopladores. Los relés estarán conectados con el puerto COM a la entrada del autómata para cada color, NC a nada ya que este será el '0' para dicha entrada y NO a +24V, conectando COM a NO cada vez que este sea activado para cada color, dando a la entrada del autómata la señal de entrada.

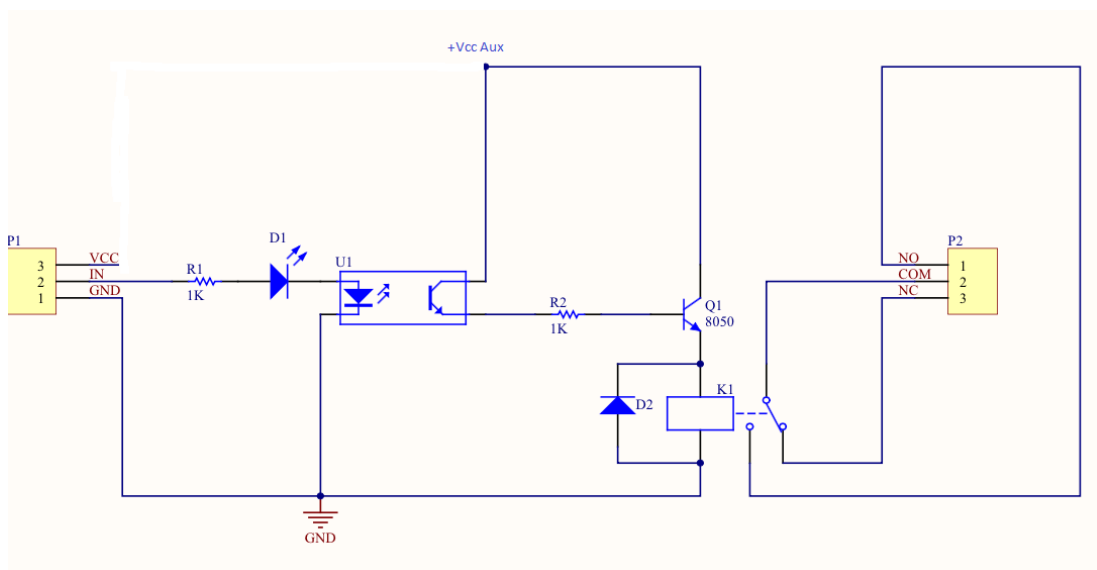


Figura 4.23. Esquema Eléctrico de cada señal de salida de Arduino con relé.

El microcontrolador solo tiene contacto físico con la entrada del optocoplador lo que garantiza la seguridad de este y del PC, ya que se usa una fuente externa de +5V para conmutar los relés cuando el transistor es excitado por la señal de entrada del optocoplador que a su vez es activado por la señal de salida del microcontrolador (Figura 4.24).

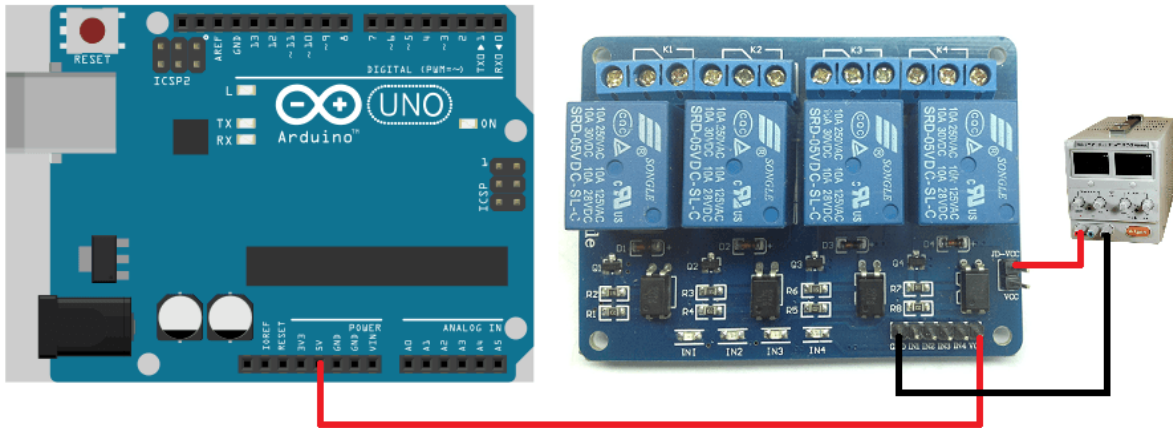


Figura 4.24. Aislamiento del Microcontrolador

Además se incorporan unas nuevas salidas del microcontrolador (Tabla 4.6) para encender unos leds de cada color (Rojo, verde y amarillo) para indicar el color detectado.

Salida de Arduino	Entrada del autómat	Color
2	%I136.1	Rojo
5	Led Rojo	
3	%I136.2	Verde
8	Led Verde	
4	%I136.3	Amarillo
7	Led Amarillo	

Tabla 4.6. Señales de salida del microcontrolador

4.5. Diseño del elemento terminal del robot

Para poder mantener la calidad del producto manipulado (los pimientos) se hace necesario diseñar un elemento terminal que permita esto. En este proyecto se ha optado por la incorporación al robot de un circuito neumático cuyo elemento final es una ventosa que tras realizar el vacío capture el producto sin modificar ninguna propiedad de este.

El esquema propuesto (Figura 4.25) consta de una válvula manual para cortar el suministro del circuito y poder realizar las operaciones de montaje y mantenimiento del resto del circuito, de una electroválvula neumática dejará paso al caudal de aire cuando el autómatas active la salida 'EV' (ver sección 4.1).

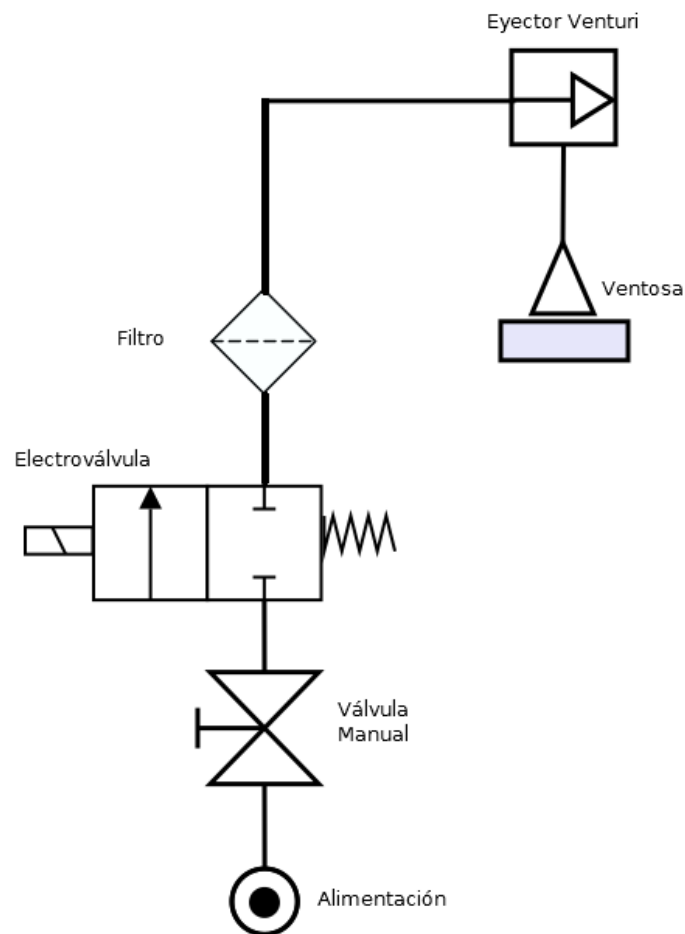


Figura 4.25. Esquema del circuito neumático

Tras la electroválvula (válvula neumática 2/2) hay un filtro para mantener la calidad del aire, este aire comprimido tiene como elemento final un eyector que tras el paso de aire provoca una presión de vacío en la que va conectada la ventosa.

El conducto seleccionado para esta aplicación es de 8mm, la electroválvula es 2/2, normalmente cerrada, es decir, solo abre o cierra el circuito y sin tensión está cerrada, esta es accionada mediante un relé que conmuta a través de la señal del autómatas 'EV'.

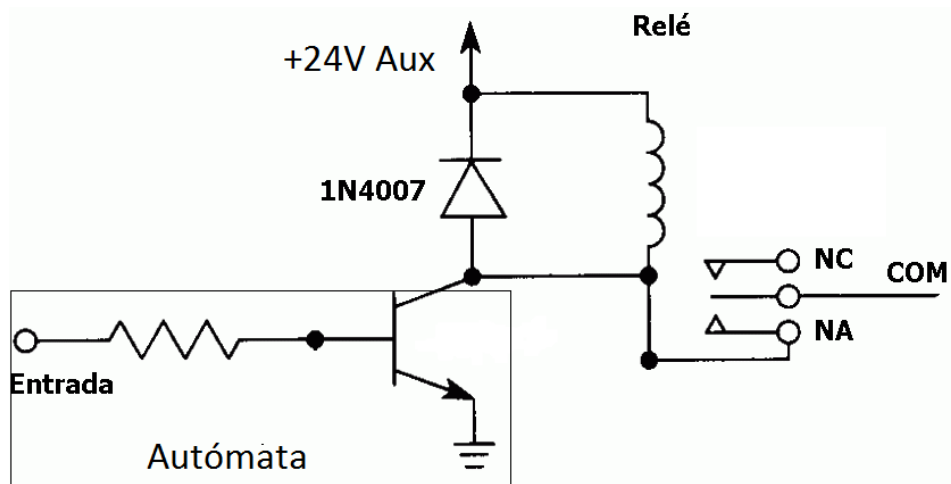


Figura 4.26. Circuito para accionar la electroválvula

En el circuito para accionar la electroválvula (Figura 4.26) cuando la entrada se activa el relé conmuta COM con NA llegando +24V a la electroválvula abriendo la electroválvula a esta tensión, el terminal NC está conectado a tierra. El hecho de usar un relé es que la señal que proporciona el autómata, a pesar de ser +24V esta no tiene potencia como para activar el suministro de aire, por tanto se usa una fuente externa de 24V con suficiente potencia como para abrir el circuito de aire comprimido.

El siguiente elemento es un filtro, que mantiene la calidad del aire reteniendo partículas y agua en su interior. El filtro estándar consta de un separador de agua y un filtro combinado. Si el aire no ha sido deshidratado anteriormente, se recogerá una cantidad considerable de agua y el filtro retendrá impurezas como partículas de polvo y óxido. La separación del agua se produce principalmente por una rotación rápida del aire, provocada por un deflector a la entrada (Figura 4.27). Las partículas más pesadas de suciedad, agua y aceite son expulsadas al impactar contra el vaso del filtro antes de ir a depositarse en el fondo. Entonces, el líquido puede ser purgado por un drenaje de purga manual. La placa separadora crea una zona de calma debajo del torbellino de aire, impidiendo que el líquido separado vuelva a entrar en la corriente de aire [30].

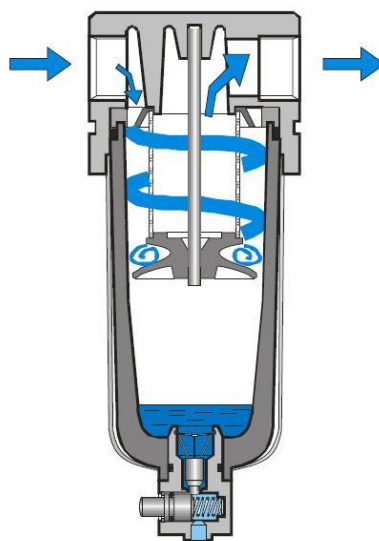


Figura 4.27. Filtro de aire

La electroválvula (Figura 4.28) está normalmente cerrada, cuando esta se activa el émbolo que tapa la entrada de aire baja dejando pasar aire a la salida, cuando esta se desactiva, el muelle inferior devuelve al émbolo a su posición inicial [30].

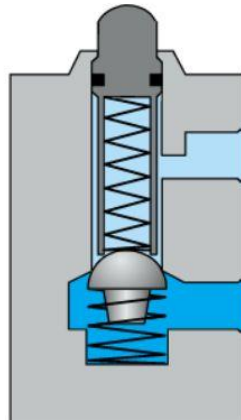


Figura 4.28. Interior de la válvula

El siguiente elemento es el eyector Venturi, este es el encargado de crear el vacío para que la ventosa pueda agarrar los pimientos. Los eyectores (Figura 4.29) son componentes que utilizan la energía cinética de un fluido para producir una depresión. El funcionamiento de estos componentes se basa en el efecto Venturi, que dice que si la velocidad, la densidad y la presión del aire son constantes en la alimentación y se hace pasar este fluido por una tobera con un orificio de pequeño diámetro, a la salida de esta tobera la corriente de fluido circulará con una velocidad muy alta y la presión en esa zona decrecerá (zona del difusor). La gran velocidad del fluido en esta zona arrastra el aire cercano a ella haciendo que entre en el difusor y forme parte de la misma corriente. La relación de la sección del difusor con respecto a la tobera, viene a ser aproximadamente el doble. Si se aísla un cierto volumen (en nuestro caso la ventosa) en contacto con la salida de la tobera y hacemos pasar la corriente aire de alimentación por la tobera y el difusor, se conseguirá extraer el aire contenido en dicho volumen generando, evidentemente, vacío [30].

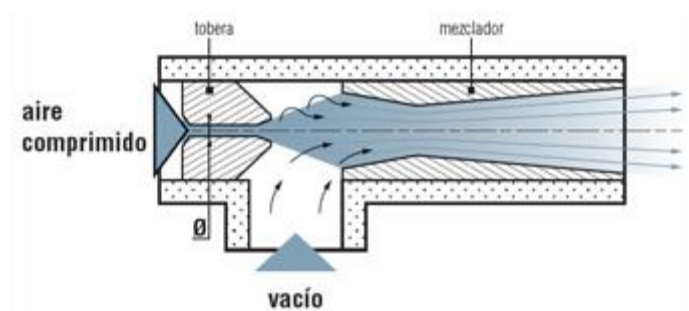


Figura 4.29. Interior Venturi

El último elemento del circuito neumático y a la vez elemento terminal del robot es la ventosa, esta es necesaria que sea de un material y forma que permita mantener la integridad del producto y transporte sin dificultades, ya que se trata de un producto, el pimiento, con superficie irregular y curva [30].

La ventosa con fuelle (Figura 4.30) es la indicada para este tipo de tareas, se usan cuando existe la necesidad de compensar diferencias de nivel. Usando la ventosa con fuelle, con un solo sistema se puede manipular objetos con altura y forma diversa (en el caso expresado en este proyecto, los pimientos). Esta ventosa tolera también pequeños desplazamientos, útil para ligeros movimientos, aunque es poco recomendable para elevaciones verticales (lo que hay que tener en cuenta a la hora de llevarlo a la práctica, evitando movimientos bruscos del robot).

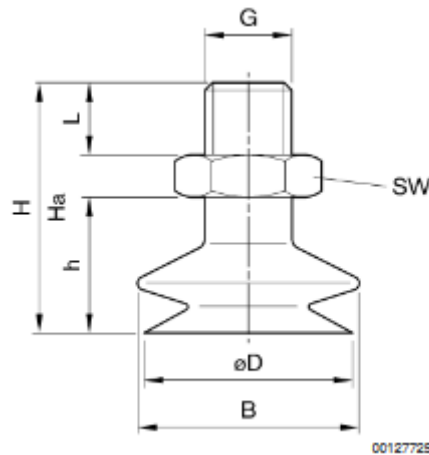


Figura 4.30. Ventosa con fuelle

Usando las tablas (Tabla 4.7) proporcionada por el fabricante, y estimando el peso de los pimientos en torno a 60 g, se toman las especificaciones de la ventosa que hacen falta [3].


	Compressed air connection	external diameter	Holding force*)	Separation force	Volume	Max. curving on object Rmin	Weight	Delivery unit	Part No.
		[mm]	[N]	[N]	[cm ³]	[mm]	[kg]		
	G 1/8	10.4	0.95	3.8	0.23	10	0.005	2	1820415029
	G 1/8	15.6	2.3	6.7	0.75	20	0.006	2	1820415033
	G 1/8	20	5.7	15.2	1.4	25	0.006	1	1820415037
	G 1/4	30	13.6	39.6	4.75	40	0.016	1	1820415041
	G 1/4	38	22.8	64.5	9.25	60	0.019	1	1820415045
	G 1/4	50	51.3	95	26.25	75	0.027	1	1820415049
	G 1/4	74	137.4	218	76	70	0.071	1	1820415053

Tabla 4.7. Especificaciones ventosa

Hay que poner atención en que el área de absorción de la ventosa sea menor que su superficie, de lo contrario se producirá una fuga. Además cuando se eleva una pieza con superficie inclinada, no debe sobrepasar un ángulo de 5°. Las ventosas adecuadas para esta aplicación toleran también pequeños desplazamientos, sin embargo no son recomendables para elevaciones verticales [30]. El tipo de ventosa que presenta más ventajas es la de fuelle, con posibilidad de adaptarse a superficies curvas, teniendo especial cuidado en que los desplazamientos sean suaves para mantener el pimiento agarrado.

4.6 Comunicaciones

En la industria moderna, las comunicaciones de datos entre diferentes sistemas, procesos e instalaciones suponen uno de los pilares fundamentales para que ésta se encuentre en un nivel de competitividad exigida en los procesos productivos actuales. En un sistema de comunicación de datos industrial es tanto más exigente cuanto más cerca del proceso se sitúe. Es necesario llegar a una relación de compromiso entre tres de las principales características que determinan la aplicación de las diferentes redes de comunicación, como son; el volumen de datos, la velocidad de transmisión y la velocidad de respuesta [14].

En este proyecto se cuentan con distintos tipos de comunicaciones dependiendo del nivel de control de la planta (Figura 4.31)

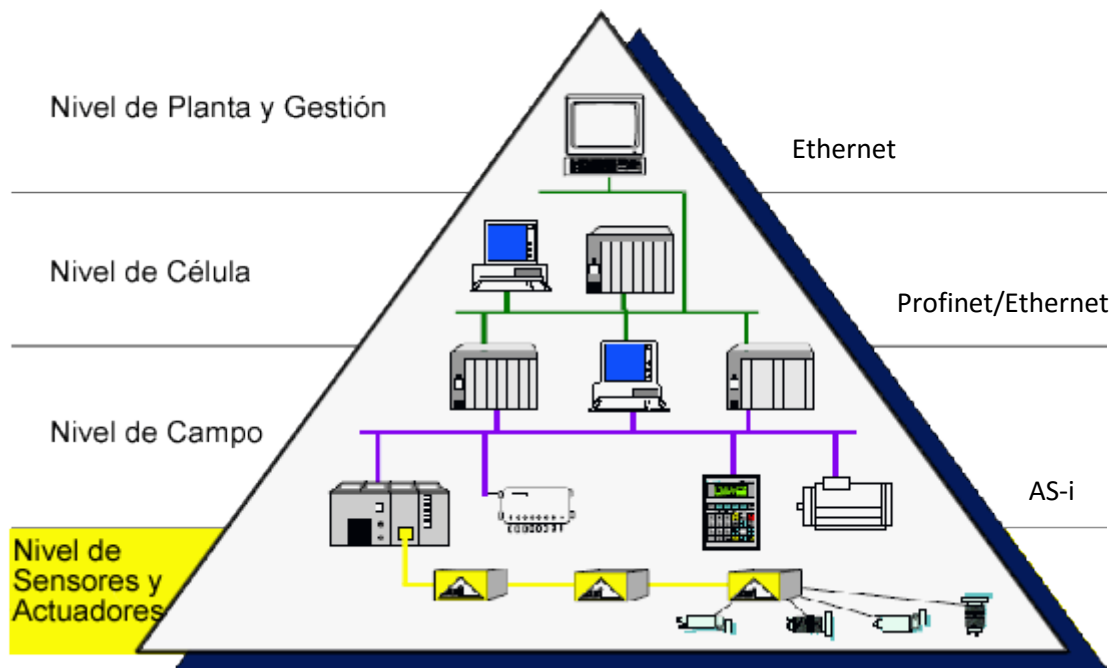


Figura 4.31. Pirámide de comunicaciones industriales

Se han usado tres tipos de comunicaciones distintas (Figura 4.32); USB, Ethernet y entradas y salidas simples a +24Vcc. El sistema de visión artificial se comunica principalmente por USB, la cámara transmite la imagen y el ordenador la procesa y transmite la señal al microcontrolador mediante este protocolo de comunicación. USB es un bus estándar industrial que define los cables, conectores y protocolos usados en un bus para conectar, comunicar y proveer de alimentación eléctrica entre computadoras, periféricos y dispositivos electrónicos [29].

La salida de los relés que conmuta el microcontrolador, las del autómatas hacia las cintas, el variador y entradas y salidas con el robot, son comunicaciones simples de entrada y salida binario a +24V para un '1' lógico o 0V para un '0' lógico. Estas tensiones se usan para garantizar la señal en ambientes industriales donde existen perturbaciones de tipo eléctrico de las señales así como largas distancias entre los dispositivos que pueden provocar una degradación de la señal. El otro medio de comunicación usado es Ethernet Industrial entre el HMI y el autómatas. Actualmente Ethernet es, con una proporción de más del 80%, el número uno en todo el mundo entre las redes LAN. Este sistema permite crear, con Industrial Ethernet, potentes redes de comunicación de gran extensión.

La comunicación PG/OP Son las funciones de comunicación integradas a través de las cuales los PLCs SIMATIC pueden desarrollar la comunicación de datos con equipos HMI. La comunicación PG/OP es soportada por MPI, PROFIBUS e Industrial Ethernet, para ello usa el protocolo TCP/IP definido en el HMI y el autómata (ver sección 4.2) [29].

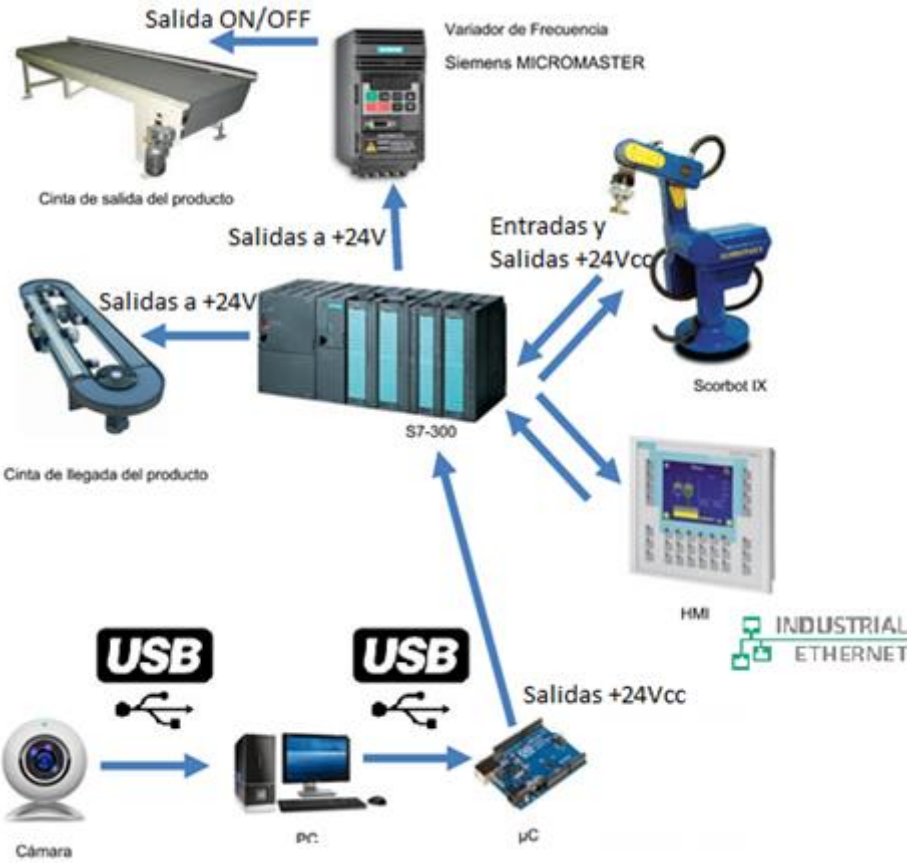


Figura 4.32. Comunicaciones de la planta

5. Resultados

5.1. Elemento terminal del robot

Para comprobar el correcto funcionamiento del elemento terminal del robot se realizaron pruebas de agarre de distintos objetos curvos (Figuras 5.1) y de propios pimientos. Se comprueba que la ventosa seleccionada cumple con creces las expectativas adaptándose a distintos objetos irregulares y mucho más críticos que los pimientos.

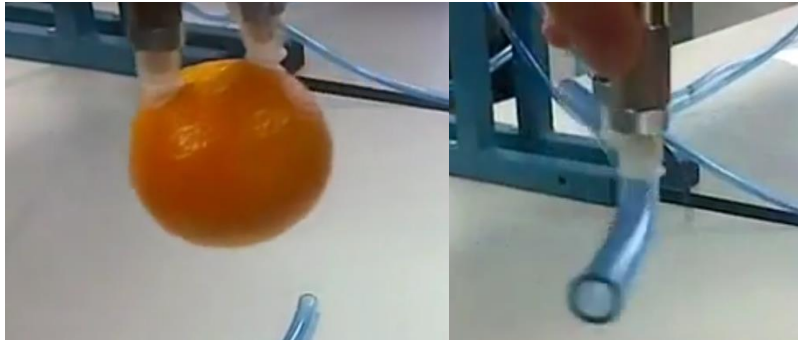


Figura 5.1. Prueba de agarre con una naranja y un tubo de 8mm de diámetro

Los resultados fueron muy satisfactorios pudiendo levantar objetos curvos y pesados vertical y horizontalmente. La instalación dentro de la planta del circuito neumático se instala lo más cercano al robot, aunque la salida del Venturi para la ventosa es un tramo bastante largo para llegar a la muñeca del robot, a pesar de ello, esta no pierde vacío pudiendo realizar la tarea. El circuito con el relé se monta al lado de la electroválvula y encima del Venturi (Figura 5.2)

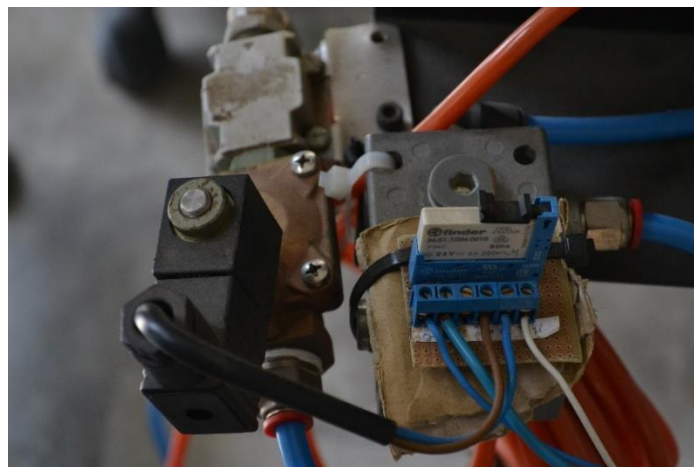


Figura 5.2. Relé conectado a la electroválvula, detrás del relé el Venturi

En el robot se monta el tubo neumático sobre las guías de cable ya existentes en el brazo (Figura 5.4) y se incorpora el nuevo elemento terminal mediante unas pletinas metálicas (Figura 5.5). A la hora de establecer las posiciones del robot se tienen en cuenta, como es lógico, la posición final de la ventosa, y que las trayectorias sean lo menos bruscas posibles para no tirar el producto. En las pruebas realizadas si el pimiento se encontraba en la zona de agarrare definido en el robot agarraba casi el 100% de los pimientos (Figura 5.6), ya que la ventosa podía adaptarse a las superficies irregulares de los pimientos. Se realizaron unas 100 pruebas de agarre en la planta teniendo un éxito de en torno a 98 (siempre que el pimiento se encontrase en la zona de agarre dentro de la caja).



Figura 5.3. En azul el cable neumático, que va desde la base hasta la muñeca



Figura 5.4. Elemento terminal finalizado (ventosa)



Figura 5.5. Pruebas de ventosa con pimientos en la planta

5.2. Sistema de visión artificial

Para comprobar la comunicación entre el microcontrolador y el software en LabView, se realizan pruebas con papel de colores y encendiendo Leds a través de Arduino según el color (Figura 5.7).

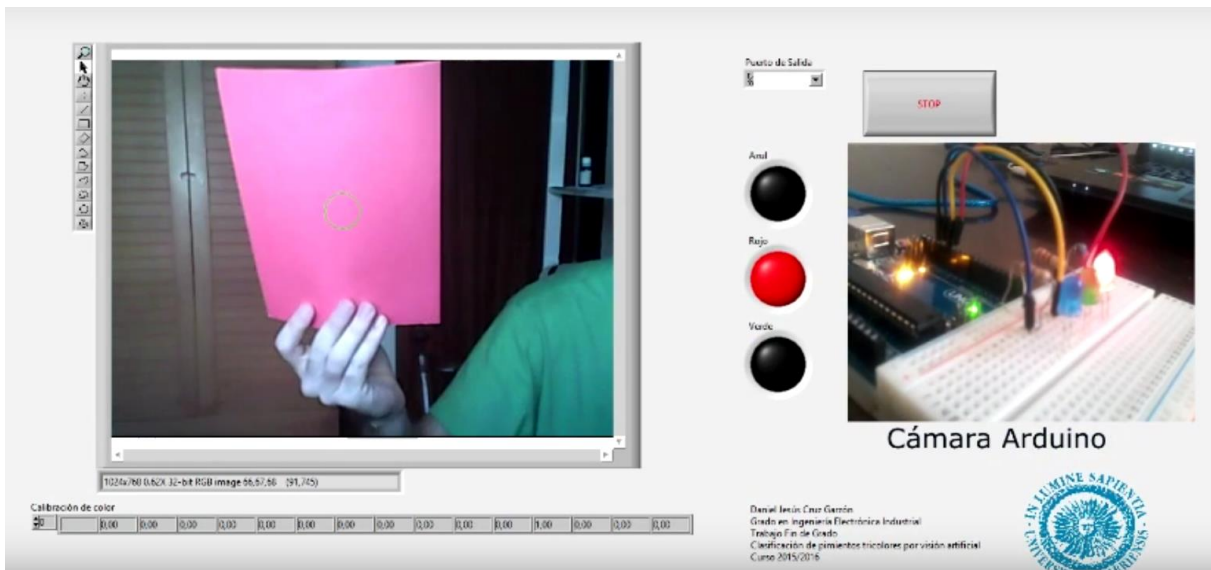


Figura 5.6. Prueba de comunicación: indica el color de la cartulina

Se comprueba el correcto funcionamiento de este. Como se pudo analizar en el apartado 4.4, el microcontrolador conmutará relés para dar la señal al autómatas según el color, todo lo visto en dicho apartado es cableado e instalado en una caja eléctrica para mantener la seguridad de los circuitos (Figura 5.8)

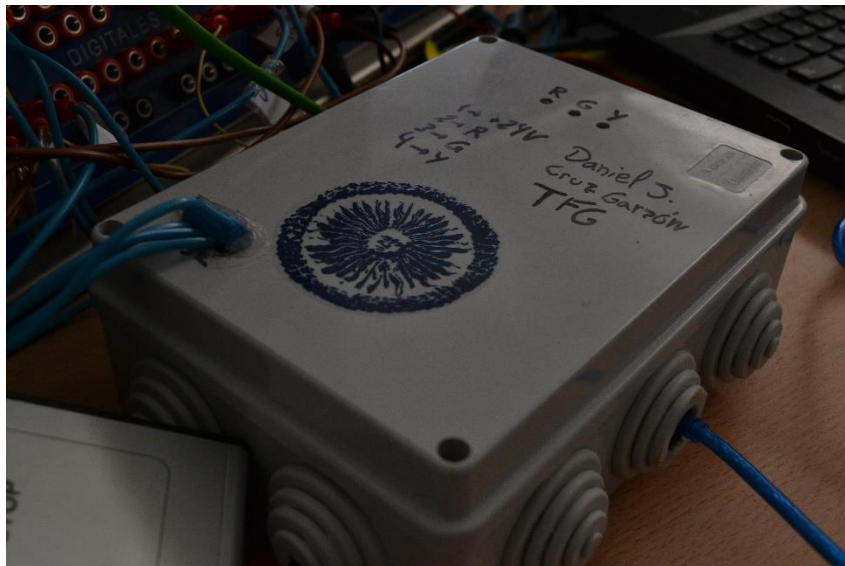


Figura 5.7. Caja con microcontrolador y relés

En el interior (Figura 5.9) se encuentra el microcontrolador, los relés y las conexiones hacia el exterior, teniendo como elementos de salida de la caja, los leds de cada color (R, G, Y), unos bornes de salida para cada color y uno de entrada de +24V para conmutar las entradas al autómatas de cada color. También dispone de una fuente externa de +5V para aislar el circuito (ver sección 4.4) y el cable USB para las comunicaciones con el PC.

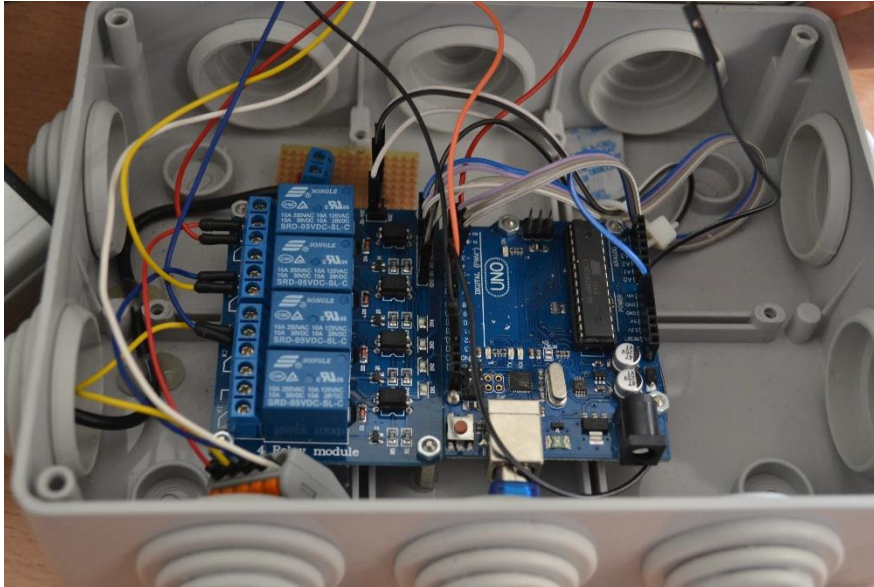


Figura 5.8. Interior del módulo de visión, microcontrolador y relés

Una vez montado todo esto se comprueba su funcionamiento dando señal al autómatas y encendiendo los leds de cada color (Figura 5.10).

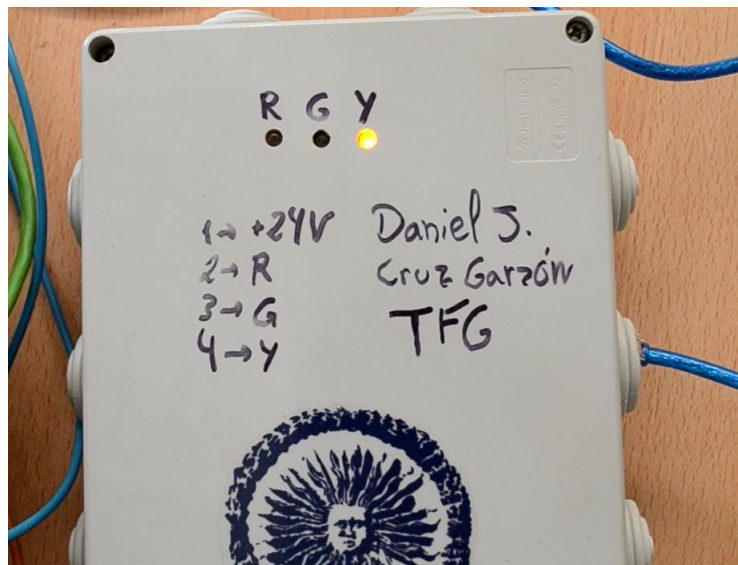


Figura 5.9. Pimiento amarillo detectado

Tanto en las pruebas realizadas de manera independiente y las integradas en la célula el sistema tras calibrar el color, en función de la luminosidad de ese momento, no ha mostrado ningún fallo en la detección, siendo de 100 pruebas realizadas independientemente y en la célula todas correctas. El tiempo desde la detección hasta que el pimiento queda empaquetado es de aproximadamente siete segundos que es lo que tarda el robot en empaquetar. Por otro lado el tiempo que tarda en desechar el pimiento si ya está empaquetado una vez detectado es de poco más de dos segundos.

Por tanto se puede concluir el buen funcionamiento de este prototipo de sistema de visión artificial para la detección de colores.

5.3. Integración del sistema, puesta en marcha y comprobación de funcionamiento

Una vez comprobadas cada una de las partes que integran el sistema se disponen a cablear y conectar todos los módulos entre sí. Se dispone en la planta una zona de supervisión y control al lado de la cinta principal (Figura 57) en esta el operario puede visualizar el estado de la planta interactuar con el panel HMI, visualizar la pantalla de la visión artificial y parar o dar marcha a la cinta principal, además de contar esta con parada de emergencia.



Figura 5.10. Zona de control y supervisión

Se carga el programa diseñado al panel de operario Siemens OP 177B (Figura 58) y se establece la comunicación entre el panel HMI y el PLC S7-300 a través de Ethernet (Figura 59).



Figura 5.11. Panel de operario con programa cargado



Figura 5.12. Comunicación entre HMI y PLC

Se carga el programa diseñado para el robot Scorbot IX y se cablea y establecen comunicaciones de entrada y salida entre el controlador del brazo robótico y el PLC S7-300 (Figura 60).



Figura 5.13. Cableado del controlador del brazo robótico

Se carga el programa diseñado para el autómata Siemens S7-300 y se conectan las entradas y salidas del PLC S7-300 a cada uno de los elementos de la planta (Figura 61).

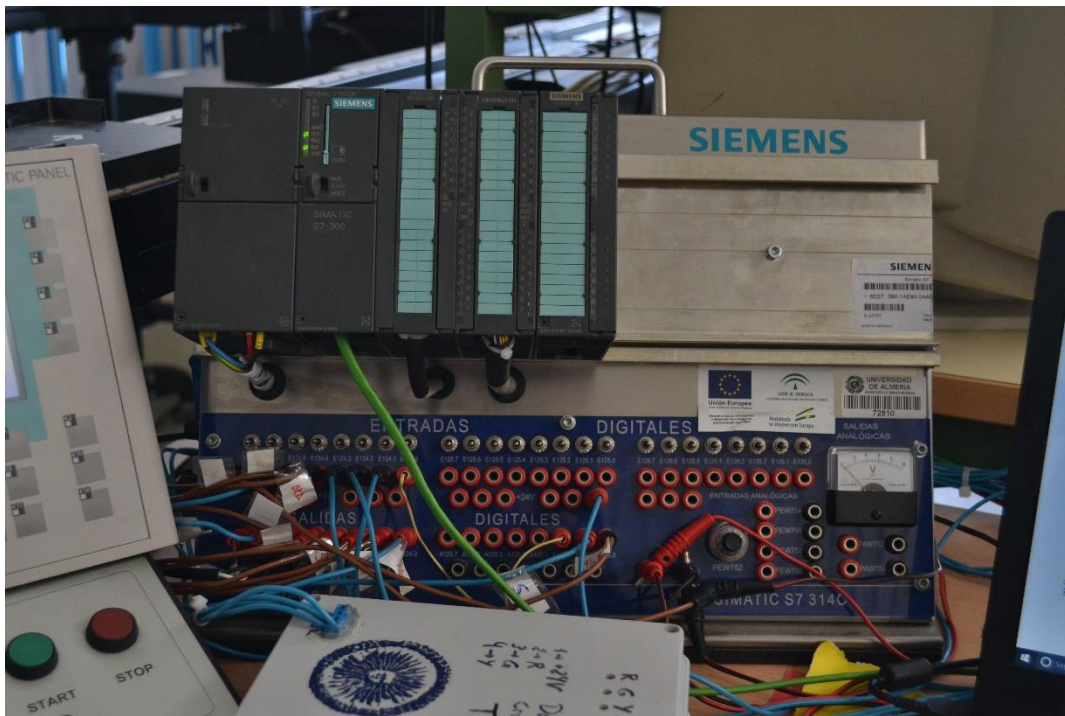


Figura 5.14. PLC S7-300 con todo el cableado y listo para funcionar sobre la planta.

Una vez hecho esto se pone en marcha la planta, empezando a andar la cinta principal con los pimientos en las cajas (Figura 62), estos son detectados por la cámara que está situada enfocando el lugar de parada de los pistones (Figura 63).

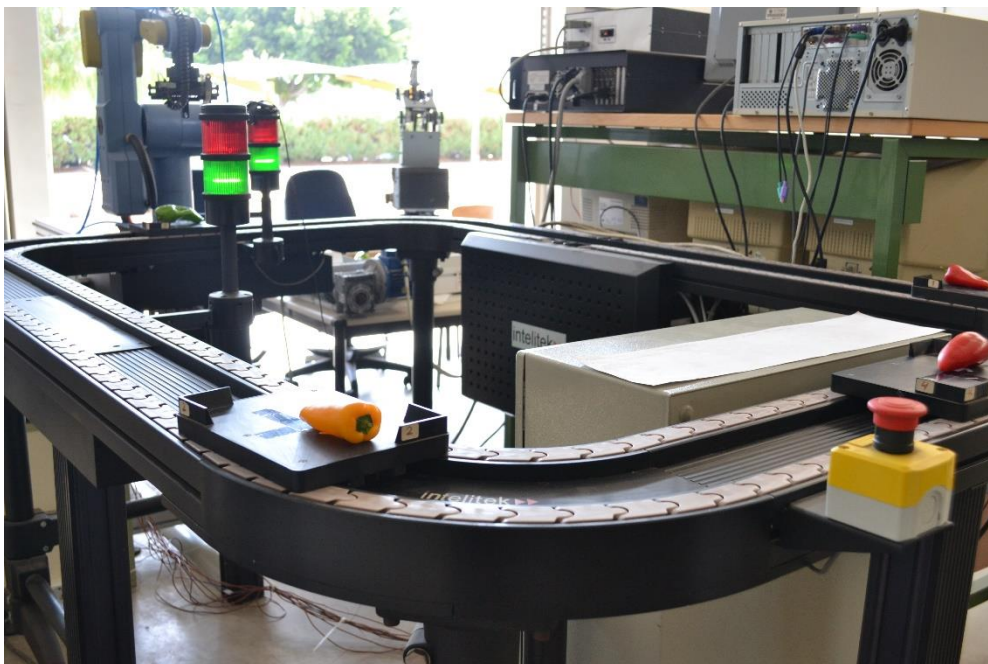


Figura 5.15. Pimientos por la cinta principal



Figura 5.16. Cámara situada en la planta

Se observa un error ya que al llegar los pimiento a la cinta y el autómatas mandar la orden al robot esta no la cumple correctamente, esto se debe a que la señal de entrada del controlador del robot debe ser limitada en el tiempo siendo más parecido a un pulso y no una señal continua en todo lo que ocurre la tarea. Por tanto se modifica el programa del autómatas estableciendo para las señales 'R1', 'R2', 'R3', 'R4' y 'R5' un tiempo de activación de estas de 1s (Figura 64) siendo suficiente para que el robot pueda ejecutar sin problemas la tarea.

▼ Acciones:

Interlock	Evento	Identificador	Acción
	L	- Activar por tiempo limitado	"R1", 100
	S	- Poner a 1	"EV"

Figura 5.17. Temporizador en señales de salida hacia el robot

Una vez realizados estos ajustes y afinar en la posiciones de los elementos de la planta, se comprueba el correcto funcionamiento de la planta clasificando de manera automática los pimientos tricolores. El sistema detecta un color que no tiene (en el primer ciclo la caja de salida está vacía) (Figura 65), una vez detectado el robot lo empaqueta (Figura 66), se repite esto para los tres, si llegase uno que ya está empaquetado el sistema lo descarta. Una vez empaquetados los tres la cinta secundaria o de salida transporta los paquetes finalizados (Figura 67) y el robot repone una nueva caja en esta (Figura 68).

En el enlace <https://www.youtube.com/watch?v=qz6sJ4bR-xg> se puede visualizar todo el ciclo completo de la planta con todas las características de esta.

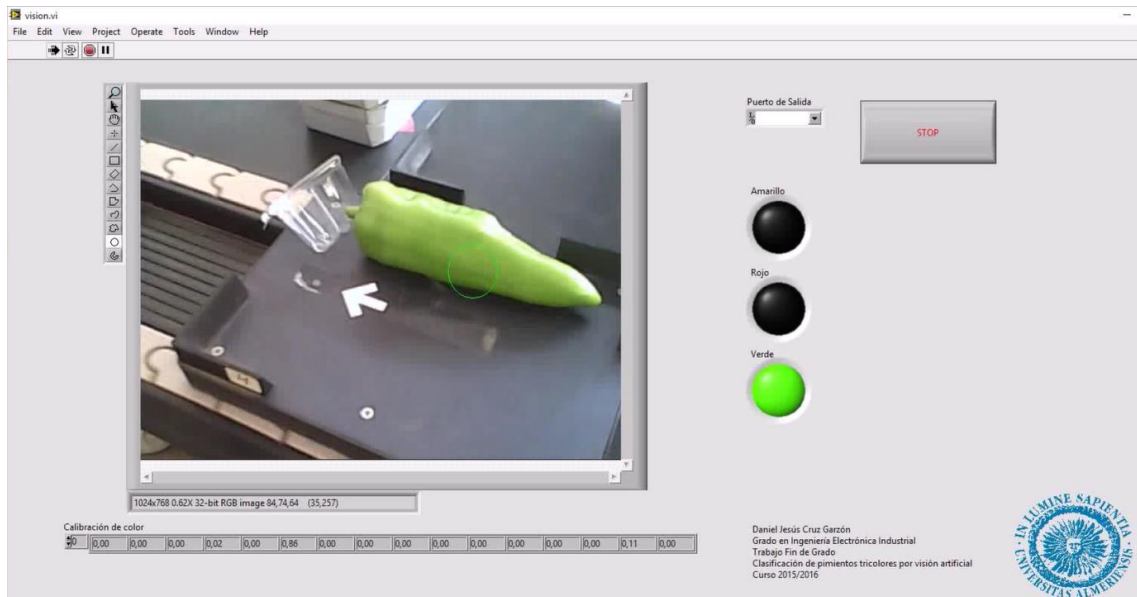


Figura 5.18. Sistema detectando pimiento verde



Figura 5.19. Robot empaquetando pimiento verde

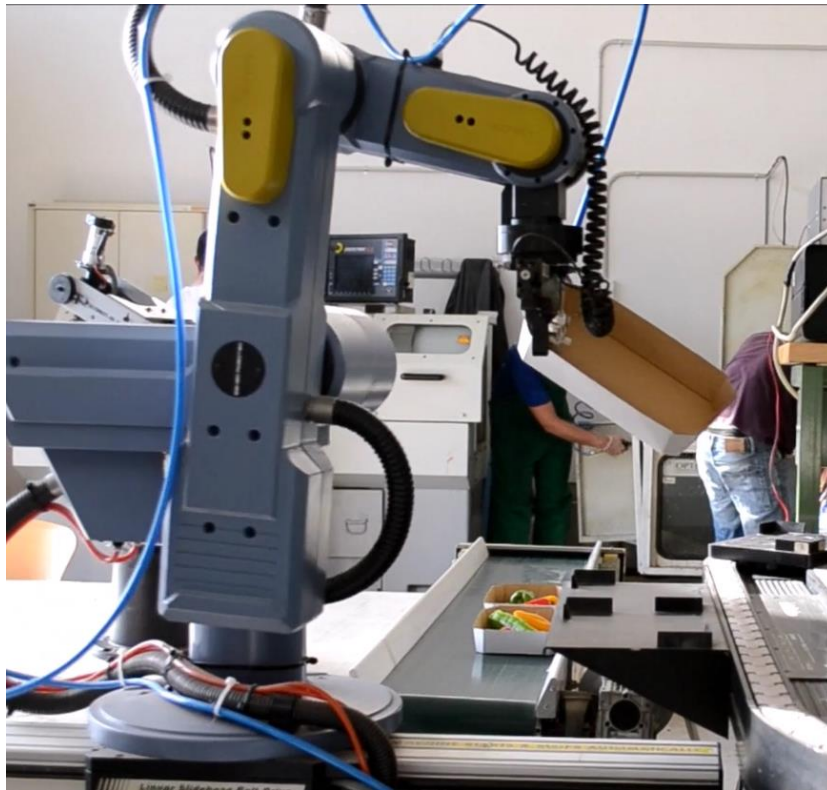


Figura 5.20. Robot reponiendo caja nueva



Figura 5.21. Cajas finalizadas transportadas por la cinta

Mientras en el panel de operario se puede visualizar la planta (Figura 69) y ver el recuento de producto procesado (Figura 70).



Figura 5.22. Pantalla de la planta

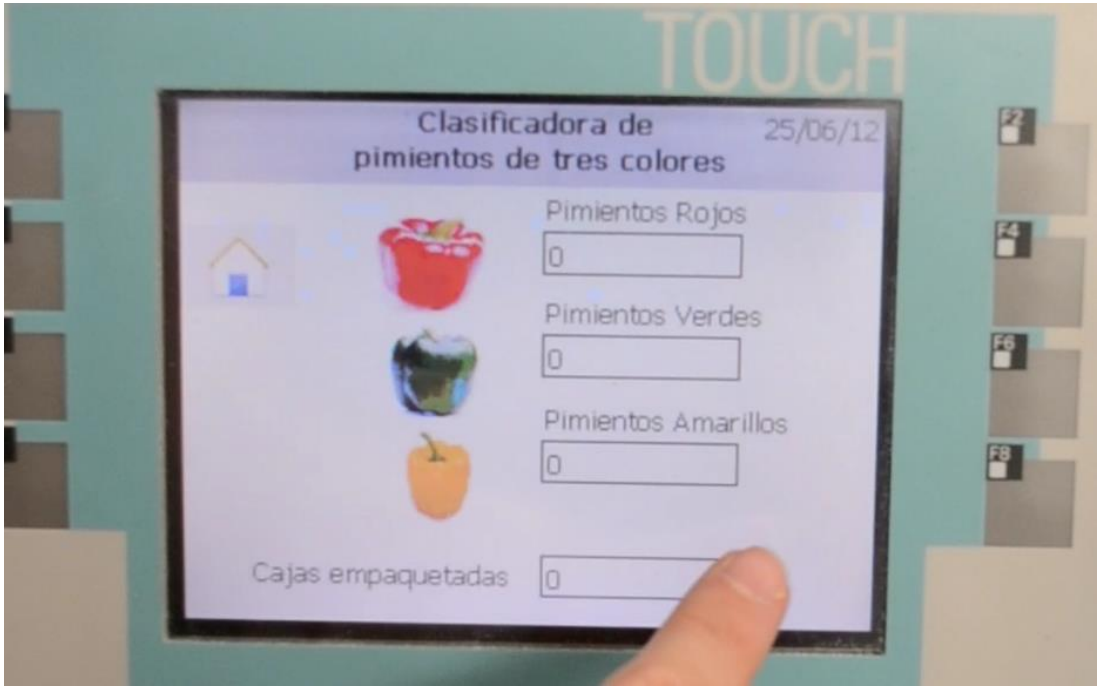


Figura 5.23. Pantalla de recuento

6. Conclusiones y trabajos futuros

La finalidad del presente proyecto era el desarrollo de un sistema robotizado para la clasificación de pimientos tricolores. Dicha meta supone alcanzar distintos objetivos, de los que han sido cumplidos ya que como resultado se ha obtenido una prueba satisfactoria de la planta.

Este proyecto además ha supuesto el desarrollo en distintas áreas de la ingeniería, tales como, el control de procesos secuenciales, robótica, desarrollo de un sistema de visión artificial, electrónica y neumática, siendo un proyecto bastante completo y con necesidad de indagar y buscar soluciones económicas y rápidas ante las distintas fases del proyecto.

Los objetivos que se plantearon para este proyecto fueron:

- Modelado de la planta a nivel general; esto se ha realizado con éxito ya que es el primer paso a iniciar para abordar el proyecto identificando cada una de las partes necesarias para que el objetivo de clasificación y empaquetado resulte satisfactorio. Todo esto centralizado en un modelo de control secuencial en un autómata programable.
- Desarrollo del sistema de visión artificial; realizada y validada en la práctica tras un análisis de distintos métodos para la identificación por color, así como traducir esa detección en señales que el PLC pudiese procesar para la planta, esto se consiguió tras abordar una combinación de software y hardware en un microcontrolador.
- Automatización del transporte del producto y la clasificación, el autómata gestionaba el control de las cintas y el robot, todo dispuesto para realizar el transporte garantizando la calidad del producto, por lo que fue necesario el diseño de un nuevo elemento terminal que no modificase las propiedades de los pimientos. Esto ha supuesto abordar otra disciplina fundamental de la ingeniería como es la neumática.

Estos objetivos se han cumplido con creces, validándose todo en la práctica tanto por cada subsistema por separado como en la planta al completo.

Para el cumplimiento de los objetivos se han seguido distintas fases de desarrollo, una principal fue la formación en los entornos de programación de Siemens para el PLC y el panel HMI y de ACL para el robot, así como en LabView para la visión artificial. Todos estos conocimientos han sido desarrollados durante los estudios de grado, como son el modelado de sistemas secuenciales y su integración en PLCs, el desarrollo de sistemas SCADA, etc...

El desarrollo del sistema de visión artificial ha estado estrechamente relacionado con la parte de electrónica de los estudios, teniendo que usar dispositivos como optocopladores para garantizar la seguridad del PC y del microcontrolador ante señales tan peligrosas para estos como los 24V de entrada y salida del autómata. También relacionado con esto está el propio uso de microcontroladores, y el de actuadores electrónicos, como el caso de la electroválvula.

La programación del robot usando métodos guiados o de aprendizaje de las posiciones de este fueron también estudiadas y analizadas en los estudios universitarios, el robot se situaba manualmente en las posiciones necesarias y eran registradas para la posterior programación en ACL.

La programación de un sistema SCADA en un panel HMI ha supuesto la incorporación de casos teóricos y prácticos estudiados en el grado a un panel real con interacción directamente sobre la planta. Todo

ello sumado al estudio y a la incorporación de formas de comunicación entre los subsistemas, en este caso Ethernet.

El desarrollo del elemento terminal ha estado relacionado con los estudios de mecánica de la rama industrial ya que se optó por un elemento neumático para garantizar la calidad del producto, esto ha supuesto un profundo análisis de distintas alternativas y métodos de agarre así como el análisis de sistemas neumáticos y de generación de vacío.

Todo lo expuesto anteriormente ha sido validado integrando en la práctica numerosas tecnologías del ámbito industrial, lo que ha supuesto la puesta en marcha a la planta en su conjunto, por lo que se puede afirmar que los objetivos y meta del proyecto se han realizado con éxito. Así como justificar que este proyecto ha estado relacionado con varias disciplinas dentro de la ingeniería con una aplicación práctica y útil para la economía local, lo que supone un gran desarrollo profesional para la conclusión de los estudios de grado en ingeniería electrónica industrial.

Sin embargo, este proyecto puede continuar en mejoras sobre la planta, la incorporación de una fase de empaquetado final tipo flow-pack o la mejora en la visión artificial detectando la posición concreta del producto y llevando al robot a una posición muy concreta, variando está en cada producto, pueden ser nuevos retos en los que mejorar la planta.

Así como un sistema de incorporación automática de cajas para empaquetar el producto de salida o la incorporación automática de pimientos a la cinta principal, para su clasificación.

La ingeniería y en este caso la automática permiten crear multitud de cosas y llevar a la práctica un gran número de ideas, el desarrollo de un sistema de clasificación para un producto agrícola desarrollado en este proceso es susceptible de incorporar dichas ideas ya que no es una planta dedicada en su totalidad. Al estar compuesta por sistemas estándar de automatización coordinada por un autómatas programable, ajustando parámetros o reprogramando, con la misma célula se puede clasificar productos hortofrutícolas (en este caso) por tamaño u otros aspectos.

La agricultura en nuestra provincia supone la punta de lanza en nuestra economía, lo que provoca que gran parte de los recursos académicos y tecnológicos vayan a la optimización de todos los procesos que intervienen en ella.

Specifications

The following table gives the specifications of the SCORBOT-ER IX robot arm.

Robot Arm Specifications	
Mechanical Structure	Vertical articulated, enclosed casting
Number of Axes	5 plus gripper
Axis Movement	Axis Range Effective Speed
Axis 1: Base rotation	270° 79°/sec 112°/sec
Axis 2: Shoulder rotation	145° 68°/sec 99°/sec
Axis 3: Elbow rotation	210° 76°/sec 112°/sec
Axis 4: Wrist pitch	196° 87°/sec 133°/sec
Axis 5: Wrist roll	737° 166°/sec
Maximum Operating Radius	691mm (27.2") without gripper
End Effector: options:	Pneumatic Gripper
	Electric DC Servo Gripper
Hard Home	Fixed position on all axes
Feedback	Incremental optical encoders with index pulse
Actuators	DC servo motors
Transmission	Harmonic Drive gears and timing belts
Maximum Payload	2 kg (4.4 lb.), including gripper
Position Repeatability	±0.09mm (0.0035")
Weight	38 kg (83 lb.)
Ambient Operating Temperature	2°–40°C (36°–104°F)

Structure

The SCORBOT-ER IX is a vertical articulated robot, with five revolute joints. With gripper attached, the robot has six degrees of freedom. This design permits the end effector to be positioned and oriented arbitrarily within a large work space.

Figures 2-1 and 2-2 identify the joints and links of the mechanical arm.

Each joint is driven by a permanent magnet DC motor via a Harmonic Drive gear transmission and timing belt.

The movements of the joints are described in the following table:

Axis No.	Joint Name	Motion	Motor No.
1	Base	Rotates the body.	1
2	Shoulder	Raises and lowers the upper arm.	2
3	Elbow	Raises and lowers the forearm.	3
4	Wrist Pitch	Raises and lowers the end effector.	4
5	Wrist Roll	Rotates the end effector.	5

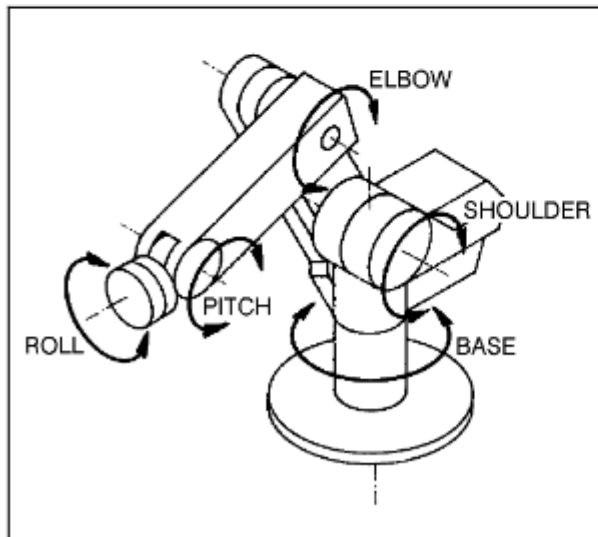


Figure 2-1: SCORBOT-ER IX Joints

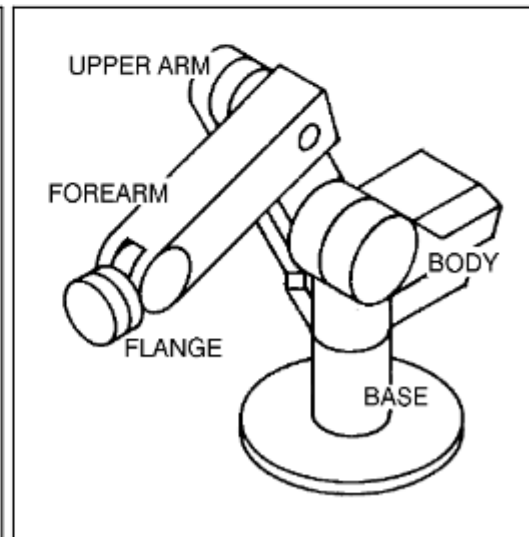


Figure 2-2: SCORBOT-ER IX Links

Work Envelope

The length of the links and the degree of rotation of the joints determine the robot's work envelope. Figure 2-3 shows the dimensions and reach of the SCORBOT-ER IX, while Figure 2-4 gives a top view of the robot's work envelope.

The base of the robot is normally fixed to a stationary work surface. It may, however, be attached to a slidebase, resulting in an extended working range.

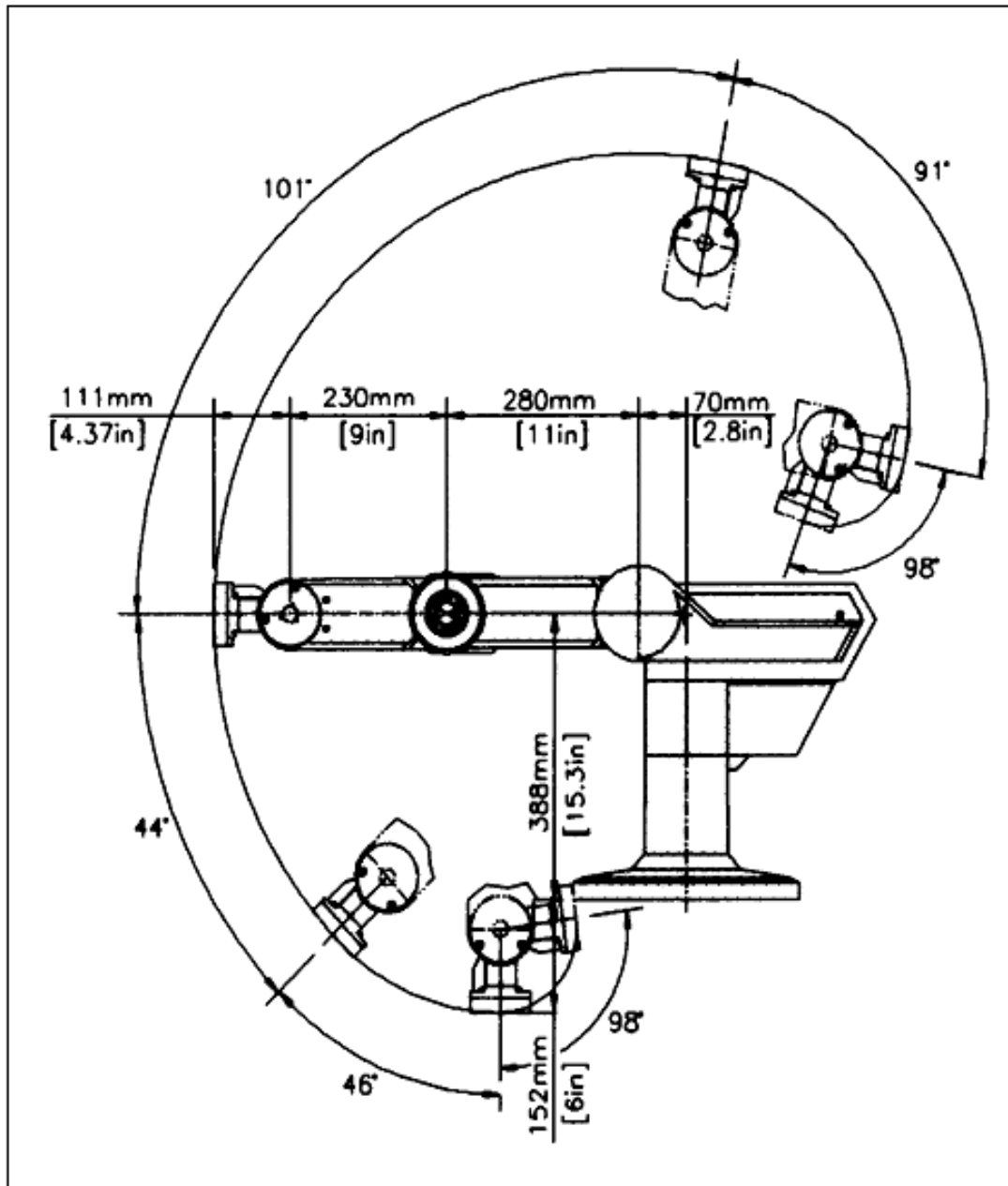


Figure 2-3: Operating Range (Side View)

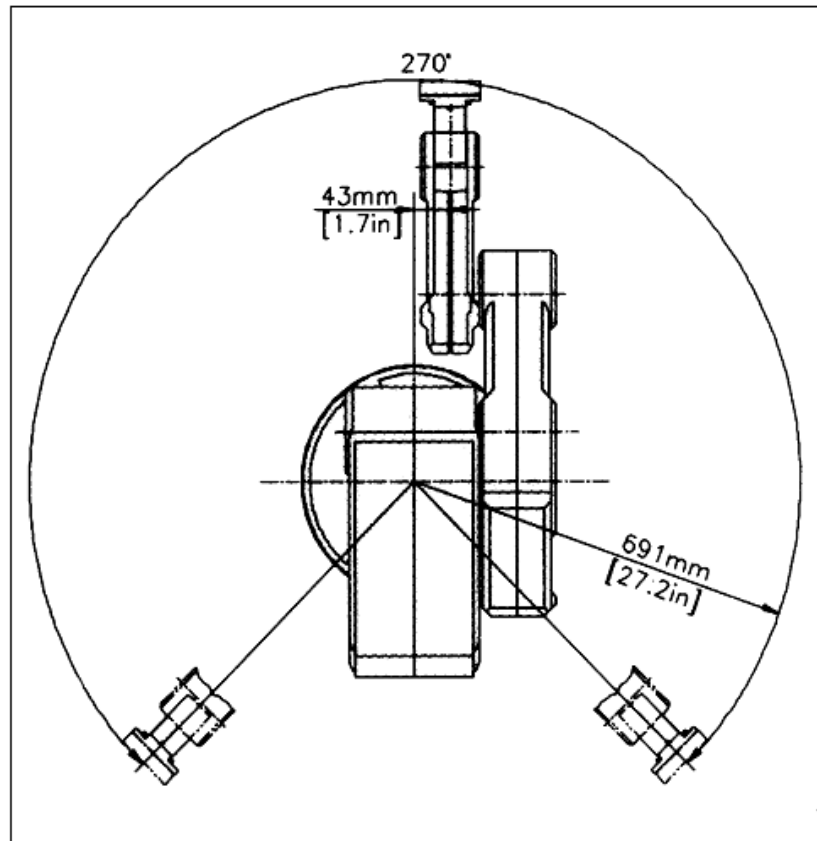


Figure 2-4: Operating Range (Top View)

Datos técnicos del OP 177B

Panel de operador

Peso sin embalaje	aprox. 1000 g
-------------------	---------------

Pantalla

Tipo	LCD-STN
Área activa del display	115,18 mm x 86,38 mm (5,7")
Resolución	320 x 240 puntos de imagen
Colores representables	256 colores en el OP 177B PN/DP 4 colores (blue mode) en el OP 177B DP
Regulación de contraste	sí
Retroiluminación Half Brightness Life Time, típica	CCFL 50 000 h

Unidad de entrada

Tipo	Pantalla táctil analógica resistiva Teclado de membrana
------	--

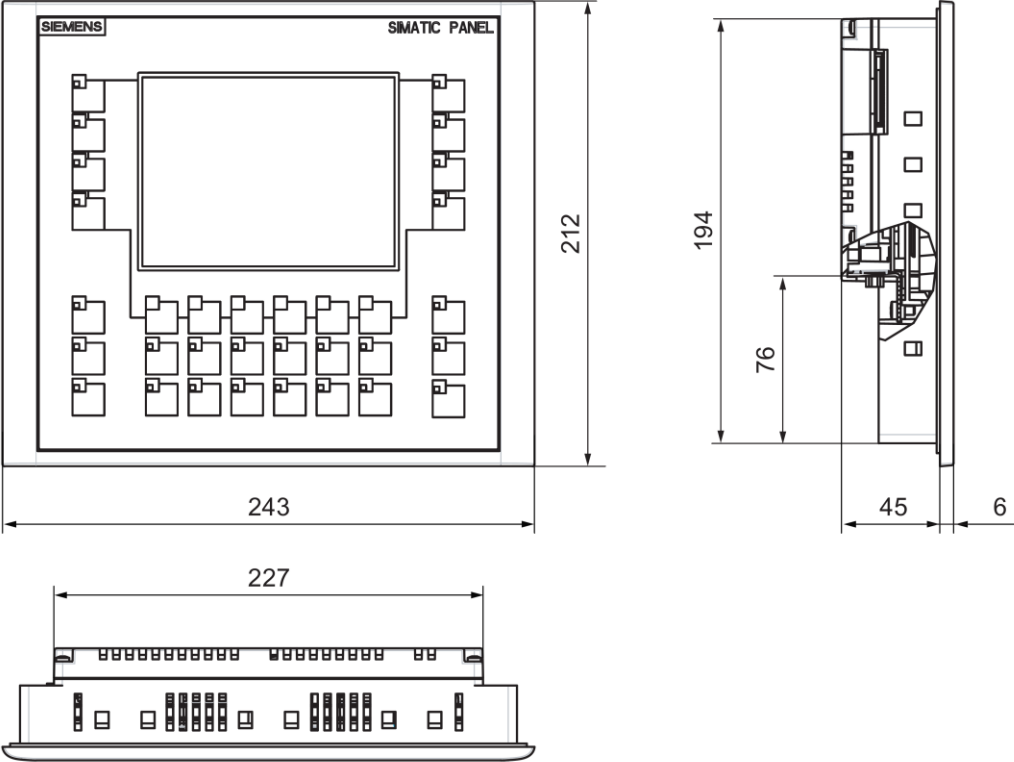
Memoria

Memoria de aplicación	2 Mbytes
-----------------------	----------

Tensión de alimentación

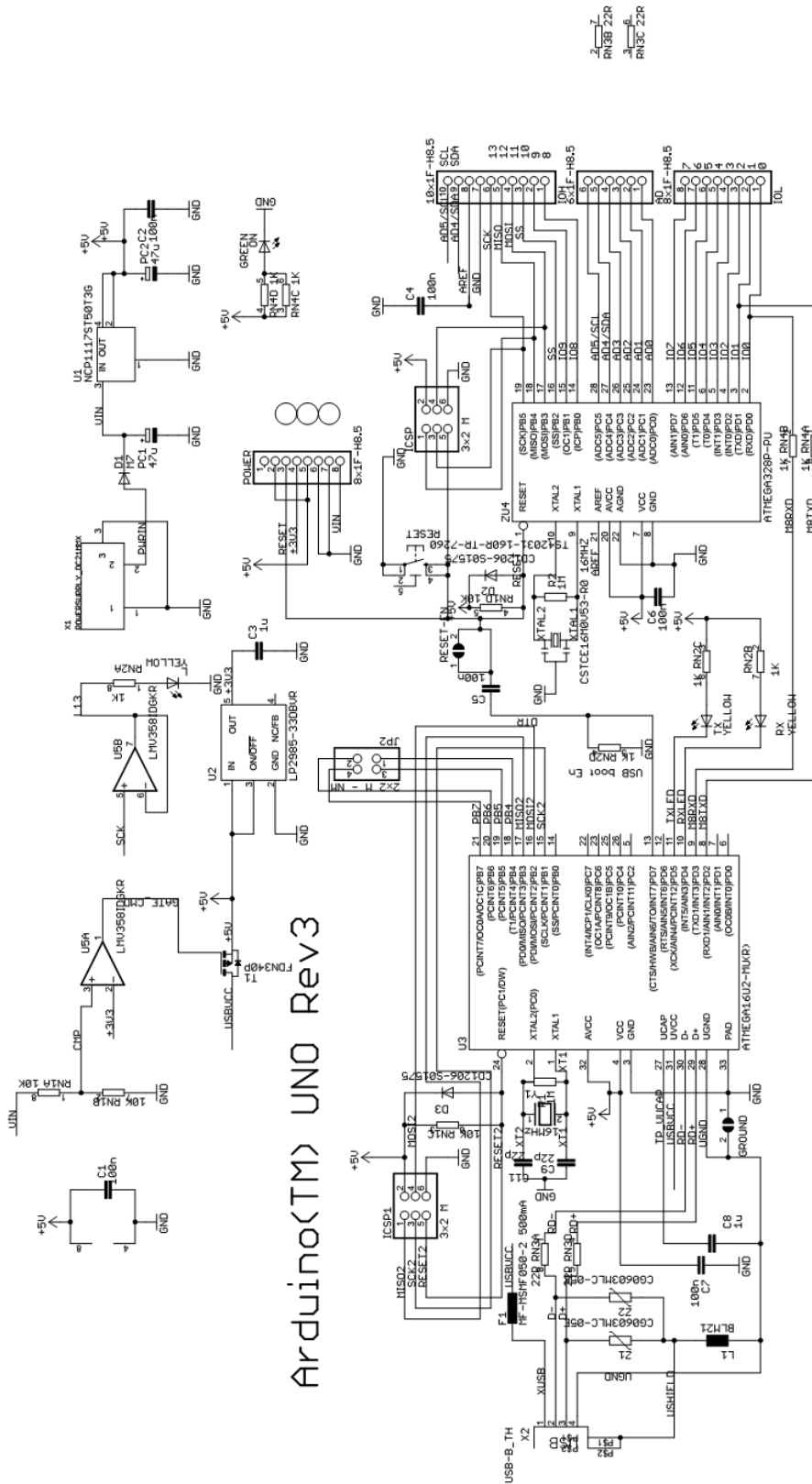
Tensión nominal	+24 V c.c.
Rango admisible	20,4 V a 28,8 V (-15 %, +20 %)
Transitorios, máximo admisible	35 V (500 ms)
Tiempo entre dos transitorios, mínimo	50 s
Consumo de corriente <ul style="list-style-type: none"> Típico Corriente continua máx. Impulso de corriente de conexión I^2t 	<ul style="list-style-type: none"> aprox. 300 mA aprox. 500 mA aprox. 0,5 A²s
Fusible interno	Electrónico

Dibujos a escala del OP 177B



Technical specs

Microcontroller	ATmega328P
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
PWM Digital I/O Pins	6
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Clock Speed	16 MHz
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g



Reference Designs ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS. Arduino DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. Arduino may make changes to specifications and product descriptions at any time, without notice. The Customer must not rely on the absence or characteristics of any features or instructions marked "reserved" or "undefined." Arduino reserves these for future definition and shall have no responsibility whatsoever for conflicts or incompatibilities arising from future changes to them. The product information on the Web Site or Materials is subject to change without notice. Do not finalize a design with this information. ARDUINO is a registered trademark.

Use of the ARDUINO name must be compliant with <http://www.arduino.cc/en/Main/Policy>

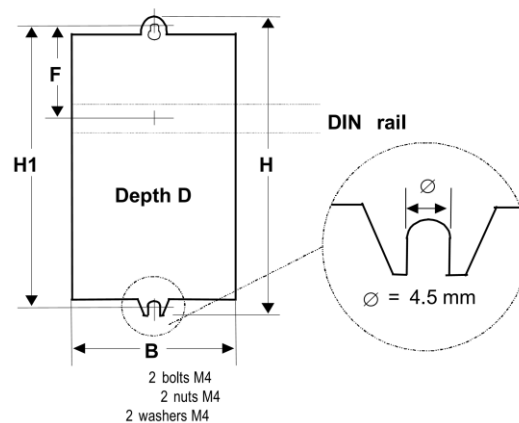
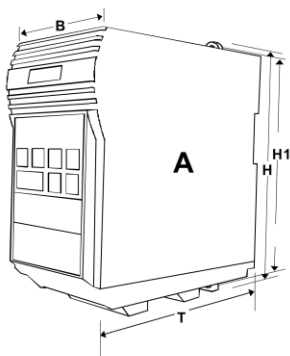
Variador Micromaster

1.2 Technical data

Drive inverter	MICROMASTER	MICROMASTER Vector	MIDIMASTER Vector
Line supply voltage	1-ph. 208 V – 240 V AC $\pm 10\%$ 3-ph. 208 V – 240 V AC $\pm 10\%$ 3-ph. 380 V – 500 V AC $\pm 10\%$		3-ph. 208 V – 240 V AC $\pm 10\%$ 3-ph. 380 V – 500 V AC $\pm 10\%$ 3-ph. 525 V – 575 V AC $\pm 15\%$
1-ph. 230 V AC 3-ph. 230 V AC 3-ph. 400 V AC 3-ph. 575 V AC	120 W – 3.0 kW 120 W – 4.0 kW 370 W – 7.5 kW		5.5 (VT 7,5) kW - 45 (VT 45) kW 11 (VT 15) kW - 75 (VT 90) kW 2.2 (VT 4) kW - 37 (VT 45) kW
Degree of protection	IP20/NEMA1		IP21/NEMA1 or IP56
In conformance with EN 55011, Class A for 1-ph. 230 V AC 3-ph. 230 V AC 3-ph. 400 V AC 3-ph. 575 V AC	Integrated filter External filter Integrated / external filter xxx		xxx Internal / external filter Internal / external filter xxx
In conformance with EN 55011, Class B for 1-ph. 230 V AC 3-ph. 230 V AC 3-ph. 400 V AC 3-ph. 575 V AC	External filter External filter External filter xxx		xxx External filter External filter xxx
Temperature range	0 – 50°C		0 – 40°C
Control technique	V/Hz	Sensorless vector control, FCC, V/Hz	
Overload capability ¹⁾	150% rated output current for 60 s	150% rated output current for 60 s 200% rated output current for 3 s	
Protective functions	Undervoltage, overvoltage, overload, short-circuit, ground fault, motor failure, motor overtemperature, drive inverter overtemperature		
Max. motor cable length	Refer to Section 3		Refer to Section 3
Frequency range	0 - 400 Hz	0 - 650 Hz	0 - 650 Hz
Setpoint resolution	0.05 Hz		
Digital inputs	3, parameterizable (19 functions)	6, parameterizable (24 functions)	
Fixed frequencies	7	8	
Ramp-up/ramp-down times	2		
Relay outputs	1, parameterizable 110 V AC / 0.3 A 30 V DC / 1.0 A	2, parameterizable 240 V AC / 0.8 A 30 V DC / 2 A	
Analog inputs	1	2	
Analog outputs	-	1, parameterizable	2, parameterizable
Serial interfaces	RS485		
Dynamic braking	Compound braking	Braking chopper	External braking module
Internal technology controller	PI		PID

¹⁾ The overload capability refers to the rated output currents of the MICROMASTER and MICROMASTER Vector drives as well as the rated output currents for constant torque operation (CT) of the MIDIMASTER Vector. It is valid for a 5 minute load duty cycle. This means that the drive units can have an overload condition of 50% for a total of 1 minute within a 5 minute period.

Dimensions and weights



— Protección contra inversión de polaridad	Sí
Salidas digitales	
Tensión de carga L+	
— Valor nominal (DC)	24 V
— Protección contra inversión de polaridad	No
Intensidad de entrada	
Consumo (valor nominal)	850 mA
Consumo (en marcha en vacío), típ.	190 mA
Intensidad de cierre, típ.	5 A
I ² t	0,7 A ² ·s
Entradas digitales	
• de la tensión de carga L+ (sin carga), máx.	80 mA
Salidas digitales	
• de la tensión de carga L+, máx.	50 mA
Pérdidas	
Pérdidas, típ.	14 W
Memoria	
Memoria de trabajo	
• integrada	192 kbyte
• ampliable	No
• Tamaño de la memoria no volátil para bloques de datos remanentes	64 kbyte
Memoria de carga	
• enchufable (MMC)	Sí
• enchufable (MMC), máx.	8 Mbyte
• Conservación de datos en MMC (tras última programación), mín.	10 y
Respaldo	
• existente	Sí; garantizado por la MMC (sin mantenimiento)
• sin pila	Sí; Programa y datos
Tiempos de ejecución de la CPU	
para operaciones de bits, típ.	0,06 μs
para operaciones a palabras, típ.	0,12 μs
para aritmética de coma fija, típ.	0,16 μs
para aritmética de coma flotante, típ.	0,59 μs
CPU-bloques	
Nº de bloques (total)	1 024; (DB, FC, FB); la cantidad máxima de bloques cargables puede verse reducida por la MMC utilizada por el usuario.
DB	
• Número, máx.	1 024; Banda numérica: 1 a 16000
• Tamaño, máx.	64 kbyte

FB	
• Número, máx.	1 024; Banda numérica: 0 a 7999
• Tamaño, máx.	64 kbyte
FC	
• Número, máx.	1 024; Banda numérica: 0 a 7999
• Tamaño, máx.	64 kbyte
OB	
• Descripción	Ver Lista de operaciones
• Tamaño, máx.	64 kbyte
• N° de OBs de ciclo libre	1; OB 1
• N° de OBs de alarma horaria	1; OB 10
• N° de OBs de alarma de retardo	2; OB 20, 21
• N° de OBs de alarma cíclica	4; OB 32, 33, 34, 35
• N° de OBs de alarma de proceso	1; OB 40
• N° de OBs de alarmas DPV1	3; OB 55, 56, 57
• N° de OBs de modo isócrono	1; OB 61; sólo para PROFINET
• N° de OBs de arranque	1; OB 100
• N° de OBs de errores asíncronos	6; OB 80, 82, 83, 85, 86, 87 (OB 83 solo para PROFINET IO)
• N° de OBs de errores síncronos	2; OB 121, 122
Profundidad de anidamiento	
• por cada prioridad	16
• adicional, dentro de un OB de error	4
Contadores, temporizadores y su remanencia	
Contadores S7	
• Cantidad	256
Remanencia	
— Configurable	Sí
— Límite inferior	0
— Límite superior	255
— predeterminado	Z 0 a Z 7
Rango de contaje	
— configurable	Sí
— Límite inferior	0
— Límite superior	999
Contadores IEC	
• existente	Sí
• Clase	SFB
• Cantidad	ilimitado (limitado sólo por la memoria de trabajo)
Temporizadores S7	
• Cantidad	256
Remanencia	

— Configurable	Sí
— Límite inferior	0
— Límite superior	255
— predeterminado	sin remanencia
Rango de tiempo	
— Límite inferior	10 ms
— Límite superior	9 990 s
Temporizadores IEC	
• existente	Sí
• Clase	SFB
• Cantidad	ilimitado (limitado sólo por la memoria de trabajo)
Áreas de datos y su remanencia	
Total de área de datos remanente	Todos, máx. 64 kbytes
Marcas	
• Número, máx.	256 byte
• Remanencia disponible	Sí; MB 0 a MB 255
• Remanencia predeterminada	MB 0 a MB 15
• N° de marcas de ciclo	8; 1 byte de marcas
Bloques de datos	
• Número, máx.	1 024; Banda numérica: 1 a 16000
• Tamaño, máx.	64 kbyte
• Remanencia configurable	Sí; ajustando apropiadamente la propiedad de volatilidad del DB
• Remanencia predeterminada	Sí
Datos locales	
• por cada prioridad, máx.	32 kbyte; máx. 2048 bytes por bloque
Área de direcciones	
Área de direcciones de periferia	
• Entradas	2 048 byte
• Salidas	2 048 byte
de ellas, descentralizadas	
— Entradas	2 003 byte
— Salidas	2 010 byte
Imagen del proceso	
• Entradas	2 048 byte
• Salidas	2 048 byte
• Entradas, configurables	2 048 byte
• Salidas, configurables	2 048 byte
• Entradas, predeterminado	256 byte
• Salidas, predeterminado	256 byte
Direcciones predeterminadas de los canales integrados	
— Entradas digitales	136.0 a 138.7

— Salidas digitales	136.0 a 137.7
— Entradas analógicas	800 a 809
— Salidas analógicas	800 a 803
Imágenes de subproceso	
• N° de imágenes de subproceso, máx.	1; en PROFINET IO la longitud de los datos útiles está limitada a 1600 bytes
Canales digitales	
• Entradas	16 048
— de las cuales centralizadas	1 016
• Salidas	16 096
— de las cuales centralizadas	1 008
Canales analógicos	
• Entradas	1 006
— de las cuales centralizadas	253
• Salidas	1 007
— de las cuales centralizadas	250
Configuración del hardware	
Número de aparatos de ampliación, máx.	3
N° de maestros DP	
• integrada	1
• vía CP	4
N° de FM y CP utilizables (recomendación)	
• FM	8
• CP PaP	8
• CP, LAN	10
Bastidores	
• Bastidores, máx.	4
• Módulos por bastidor, máx.	8; en el bastidor 3, máx. 7
Hora	
Reloj	
• Reloj de hardware (en tiempo real)	Sí
• respaldado y sincronizable	Sí
• Duración del respaldo	6 wk; a 40 °C de temperatura ambiente
• Desviación diaria, máx.	10 s; típ.: 2 s
• Comportamiento del reloj tras RED CON	El reloj continúa funcionando tras el corte de alimentación
• Comportamiento del reloj tras agotamiento de batería	El reloj continúa corriendo con la hora a la que se produjo la RED DES
Contador de horas de funcionamiento	
• Cantidad	1
• Número/banda numérica	0
• Rango de valores	0 a 2 ³¹ horas (si se usa el SFC 101)

Ventosa

Gripper and vacuum technology → Vacuum suction grippers

Bellow suction gripper 1.5 bellows, Series BSG

► F = 0.95 - 137.4 N ► external diameter: 10.4 - 74 mm ► external thread ► heat resistant



00121325

Ambient temperature min./max. -30 °C / +180 °C
 Min./max. temporary ambient temperature (<30 s) -50 °C / +220 °C
 Hardness according to standard ISO 7619-1:2004 55 ± 5 Shore A
 Abrasion value according to DIN 53516 ISO 4649:2002 180-200 mm³

Materials:
 Connector Aluminum
 Vacuum Fluoromethyl silicone

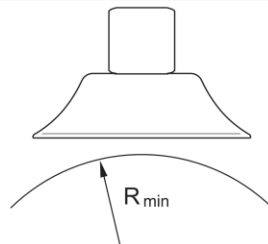
Technical Remarks

- To be used on uneven, sensitive, and smooth to slightly rough surfaces.

	Compressed air connection	external diameter	Holding force*)	Separation force	Volume	Max. curving on object Rmin	Weight	Delivery unit	Part No.
		[mm]	[N]	[N]	[cm ³]	[mm]	[kg]		
	G 1/8	10.4	0.95	3.8	0.23	10	0.005	2	1820415029
	G 1/8	15.6	2.3	6.7	0.75	20	0.006	2	1820415033
	G 1/8	20	5.7	15.2	1.4	25	0.006	1	1820415037
	G 1/4	30	13.6	39.6	4.75	40	0.016	1	1820415041
	G 1/4	38	22.8	64.5	9.25	60	0.019	1	1820415045
	G 1/4	50	51.3	95	26.25	75	0.027	1	1820415049
	G 1/4	74	137.4	218	76	70	0.071	1	1820415053

*) Theoretical value at 60% vacuum level, without safety factor

Max. curving on object Rmin

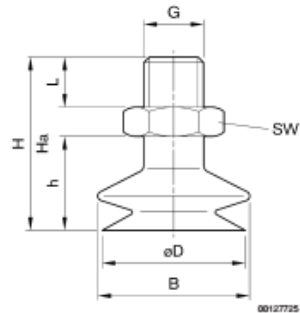


00132217

Bellow suction gripper 1.5 bellows, Series BSG

► F = 0.95 - 137.4 N ► external diameter: 10.4 - 74 mm ► external thread ► heat resistant

Dimensions



Part No.	ØD	G	Ha*)	H	h	B	SW	L				
1820415029	10.4	G 1/8	25.5	29.5	16	12	14	7.5				
1820415033	15.6	G 1/8	25.5	32.5	19	17	14	7.5				
1820415037	20	G 1/8	27.5	32.5	19	24	14	7.5				
1820415041	30	G 1/4	33	42	27	36	17	11				
1820415045	38	G 1/4	33	43	28	46	17	11				
1820415049	50	G 1/4	37	49	34	59	17	11				
1820415053	74	G 1/4	50	64	47	83	21	11				

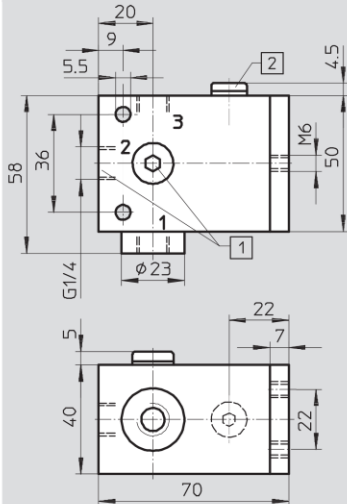
*) Height for vacuum operation

Vacuum generators VAD/VAK

Technical data

Dimensions

VAK-1/4



- 1 Alternative connection 2
- 2 Connection for additional reservoir
- 1 Compressed air connection
- 2 Vacuum port
- 3 Exhaust

Response time [s] as a function of vacuum [bar] at 6 bar operating pressure and 1 l volume

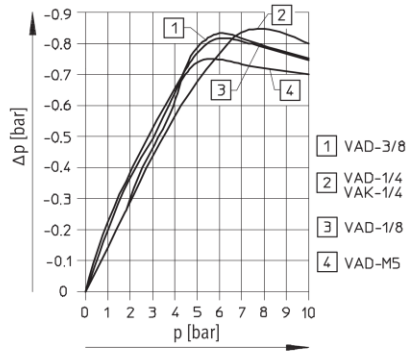
Type	Vacuum			
	0.2	0.4	0.6	0.8
VAD-M5				
Evacuation	1.3	3.53	8.18	26.6 ¹⁾
Air supply	2.8	3.8	4.65	5.45
VAD-1/8				
Evacuation	0.51	1.38	3.41	11.67
Air supply	0.89	1.3	1.64	1.98
VAD-1/4				
Evacuation	0.29	0.745	1.69	4.04 ¹⁾
Air supply	0.61	0.89	1.12	1.32
VAD-3/8				
Evacuation	0.142	0.35	0.817	2.72
Air supply	0.265	0.372	0.46	0.536 ¹⁾
VAK-1/4				
Evacuation	0.29	0.745	1.69	4.04 ¹⁾
Air supply	0.61	0.89	1.12	1.32

1) At 0.75 bar vacuum.

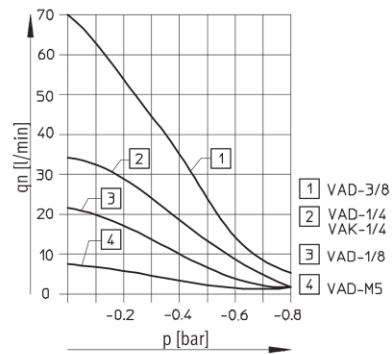
Ordering data

Pneumatic connection	Part No.	Type
Without ejector pulse		
M5	19 293	VAD-M5
G1/8	14 015	VAD-1/8
G1/4	9 394	VAD-1/4
G3/8	19 294	VAD-3/8
With ejector pulse		
G1/4	6 890	VAK-1/4

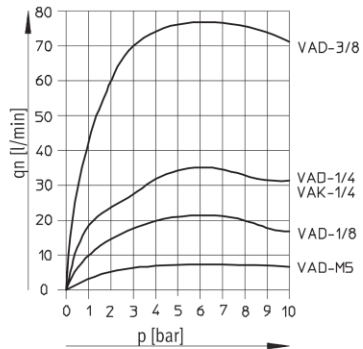
Vacuum Δp as a function of operating pressure p



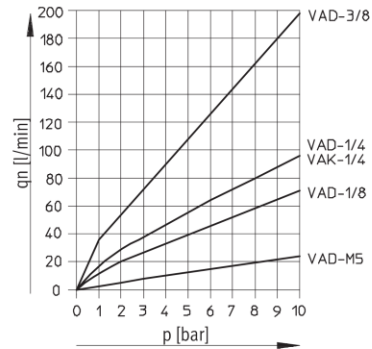
Suction capacity q_n as a function of vacuum p



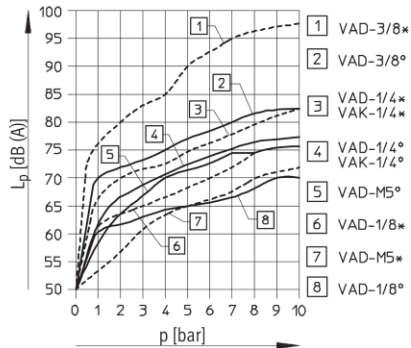
Suction capacity q_n as a function of operating pressure p



Air consumption q_n as a function of operating pressure p



Noise level L_p as a function of operating pressure p



* = without silencer; ° = with silencer

Cintas transportadoras

El bastidor de cinta transportadora se construye de aluminio negro anodizado y extruido. Una doble cadena flexible mueve los rieles internos y externos y mueve la carga (palés) por fricción. Debido al concepto modular, puede crearse una amplia variedad de tamaños de cintas transportadoras.

Para maximizar la eficiencia de la cinta transportadora de partes del sistema CIM, los palés no se retiran de la cinta transportadora. En lugar de ello, los palés transportan plantillas de partes (soportes) que se cargan y descargan en cada estación mediante robots y manipuladores. Los palés, por lo tanto, están libres para transportar partes y materiales hacia y desde cualquier estación CIM. Los códigos magnéticos incrustados en la parte inferior de los palés facilitan el seguimiento.

Diseño y construcción:

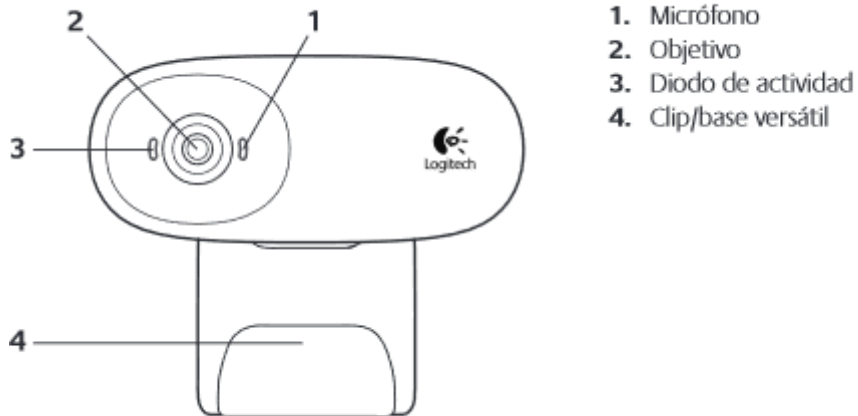
- Dimensiones mínimas de la cinta transportadora: 1,40 m x 3,44 m (55" x 135") = aproximadamente 10 m de longitud total.
- Longitud total máxima de la cinta transportadora: 25 m
- Giros máximos de la cinta transportadora: 6
- Rieles de la cinta transportadora contruidos en aluminio negro anodizado extruido con ranuras constantes para la colocación de hardware adicional.
- Cinta transportadora impulsada por un único motor 220/380 V CA, trifásica, 0,25kv/0,325 hp
- El control de inicio/apagado desconecta la alimentación del motor de transmisión, con un disyuntor de sobrecarga de seguridad con sensibilidad ajustable.
- Las estaciones de cinta transportadora (dispositivos de parada de palés; consulte #021136): los ensamblados para detener los palés que transportan partes o plantillas; cada estación es un módulo en sí, que incluye conectores eléctricos y aéreos, y un sistema de seguimiento integral de palés.

Seguridad

- El sistema de cinta transportadora tiene certificación de cumplimiento de seguridad CE.

Tipo de estación	Paquete
Tamaño de la cinta transportadora: 2040 mm x 1400 mm	CNV-2040x1400
Tamaño de la cinta transportadora: 3440 mm x 1400 mm	CNV-3440x1400
Tamaño de la cinta transportadora: 4840 mm x 1400 mm	CNV-4840x1400
Tamaño de la cinta transportadora: 6240 mm x 700 mm	CNV-6240x700

Cámara C170



- Videoconferencias (640 x 480 píxeles) con sistema recomendado
- Captura de vídeo: hasta 1024 x 768 píxeles
- Tecnología Logitech Fluid Crystal™ 3*
- Fotografías: hasta 5 megapíxeles (mejora por software)
- Micrófono integrado con reducción del ruido
- Se recomienda certificación USB 2.0 de alta velocidad
- Clips universales que se acoplan a monitores CRT, LCD y portátiles

PC Lenovo G710

DESCRIPCIÓN	LENOVO G710
Procesador	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Procesador Intel® Core™ i7-4702MQ ◦ Procesador Intel® Core™ i5-4200M ◦ Procesador Intel® Core™ i3-4100M ◦ Procesador Intel® Core™ i3-4000M ◦ Procesador Intel® Pentium® 3550M
Sistema operativo	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Windows 8 Pro ◦ Windows 8
Gráficos	Gráficos hasta NVIDIA® GeForce® GT 720M de 2 GB
Memoria	DDR3 de hasta 16 GB a 1600 MHz, 2 ranuras SODIMM (1 x 2 GB/2 x 2 GB/1 x 4 GB/1 x 2 GB + 1 x 4 GB/2 x 4 GB/1 x 8 GB/2 x 8 GB)
Comunicaciones integradas	802.11 b/g/n, Bluetooth® 4.0, LAN 10/100 Mbps
Dimensiones	418 mm x 278 mm x 36,8 mm (16,45" x 10,94" x 1,44")
Pantalla/resolución	Pantalla panorámica 16:9 de alta definición (1600 x 900) de 17,3" y 220 nits
Sonido	Altavoces estéreo integrados con certificación Dolby® Advanced Audio™
Peso (neto)	2,9 kg (6,39 lb)
Conectores	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 1 USB 3.0, 2 USB 2.0 ◦ Lector de tarjetas 2 en 1 (SD/MMC) ◦ Toma de audio 2 en 1 (auriculares y micrófono) ◦ HDMI ◦ RJ45 ◦ Conector VGA
Unidad de disco duro	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Almacenamiento en disco duro de hasta 1 TB [320 GB/500 GB/750 GB/1 TB (5400 rpm)] ◦ SSHD de hasta 1 TB con unidad flash NAND de 8 GB integrada
Batería	**Hasta 5 horas

Bibliografía

- [1] Arduino; <https://www.arduino.cc/>; (última visita 10/02/2016)
- [2] Barrientos, A.; Peñín, L.F.; Balaguer, C.; Aracil, R.; 2006; Fundamentos de Robótica; McGrawHill; 439pp; Madrid (España)
- [3] Bellow suction gripper 1.5 bellows, Series BSG data sheets” Bosh Rexroth AG Company, Berlin (Alemania)
- [4] Cobo, R.; 2013; El ABC de la automatización; Asociación de la industria eléctrica-electrónica; 1pp; Santiago de Chile (Chile)
- [5] “EL817 Data Sheets” EverLight Electronics; 2004; 1pp; New Taipei (Taiwan)
- [6] Eshed Robotec; 1995; ACL Advanced Control Language; versions 1.43, F.44, 9pp.; Derry (EEUU)
- [7] Eshed Robotec; 1999; SCORBOT-ER IX User’s Manual; 2nd Edition, 15-16pp; Derry (EEUU)
- [8] Festo; Vacuum generators VAD/VAK; 2008; 7-9pp; Esslingen am Neckar (Alemania)
- [9] Flores, F.; Rodríguez, F.; Bienvenido, J.F.; 1999; Reconocimiento de colores y formas en procesos de recolección y postrecolección de productos hortícolas, III Congreso de usuarios de Matlab, Proc., pp- 427-431, Madrid (España).
- [10] García, N.M.; Almonacid, M.; Salterén, R.J.; Puerto, R.; 2000; Autómatas programables: teoría y práctica, Ed. Universidad Miguel Hernández; 321 pp; Elche (España)
- [11] García Vázquez, C.A.; Gil Mena, A.J.; Llorens Iborra, F.; Mañas Sánchez, C.J.; Martín García, J.A.; 1999; Autómatas Programables Programación y Aplicación Industrial; Ed. Universidad de Cádiz 216pp; Cádiz (España)
- [12] Gómez-Allende, D.; 1993; Reconocimiento de formas y visión artificial; Ra-Ma; 235pp, Madrid (España)
- [13] González, R.C.; Woods, R.E.; 1996; Tratamiento digital de imágenes; Ed. Addison-Wesley; 773pp; Massachusetts (EEUU)
- [14] Guerrero, V.; Yuste, R.L.; Martínez, L.; 2012; Comunicaciones industriales; marcombo ediciones técnicas; 254-263pp; Barcelona (España)
- [15] Intelitek; Sistemas CIM y FMS; 2013; 11pp; Madrid (España)
- [16]Lenovo; Especificaciones técnicas PC C710; http://shop.lenovo.com/es/es/laptops/lenovo/g-series/g710/#tab-especificaciones_t%C3%A9cnicas; (última visita 10/08/2016)
- [17] Logitech; Getting started with Logitech Webcam C170; 39pp; Madrid (España)
- [18] “Micromaster and MIDI Master data sheets”, Siemens, 1996; Berlín (Alemania)
- [19] Molina J, 2002; El papel de la agricultura intensiva en la economía de la provincia de Almería; Instituto de Estudios de Cajamar, 10pp; Almería (España)

- [20] National Instruments; LabView Vision Development; <http://www.ni.com/labview/vision/esa/> (última visita 10/02/2016)
- [21] Piedrafita, R.; 2004; Ingeniería de la Automatización Industrial; Ra-Ma; 18-384pp, Madrid (España)
- [22] "Relay ISO9002 data sheets", Songle Relay, 2001; 1-3pp; Zhejiang (China)
- [23] Rodríguez, F.; Berenguel, M.; 2005; Control y Robótica en Agricultura; Universidad de Almería, 354pp; Almería (España)
- [24] Shoham, M.; 1982; Fundamentos de robótica; Ed. Eshed Robotec; 179pp; Derry (EEUU)
- [25] Siemens; SIMATIC S7-300, CPU 314C-2PN/DP; 2016; 327-331pp; Berlín (Alemania)
- [26] Siemens; SCADA Systems SIMATIC WinCC; www.siemens.com/WinCC (Última visita 09/02/2016)
- [27] Siemens AG; 2012; Simatic Step 7 en el Totally Integrated Automation Portal; 2pp; Berlín (Alemania)
- [28] Siemens; SIMATIC HMI Panel de operador instrucciones de servicio; 2008; 337-331; Madrid (España)
- [29] Simson L. G.; USB deserves more support; 1995; (última visita 21/07/2016); http://simson.net/clips/1999/99.Globe.05-20.USB_deserves_more_support+.shtml
- [30] SMC International Training; 2005; Neumática; Thomson Paraninfo; 65-216pp; Madrid (España)
- [31] Universidad de Málaga; Espacio Europeo de Educación Superior, Proceso Bolonia; <http://www.infouma.uma.es> (última visita 07 de Julio de 2016)

La agricultura es uno de los pilares fundamentales de la economía andaluza y más concretamente la almeriense, las tareas de postrecolección son fundamentales para garantizar la calidad de los productos al consumidor. En este marco se encuentra el presente proyecto donde el objetivo que se propone es la automatización de una planta para la detección y clasificación de pimientos tricolores. El trabajo ha consistido en la implementación de un sistema de visión artificial para la detección de color, la programación de un brazo robótico para la manipulación del producto y el diseño de un nuevo elemento terminal para no dañar el producto; la programación de un autómata programable para gestionar las entradas y salidas del sistema y el diseño de un interfaz hombre máquina (HMI). Los resultados obtenidos tras la realización de este proyecto es la clasificación por color mediante visión artificial y posteriormente su empaquetado que se realiza de manera automática garantizando la calidad del producto.

Agriculture is one of the mainstays of the regional economy, postharvest tasks are essential to ensure the quality of consumer products. This project has the objective: the automation of a plant for the detection and classification of three colour peppers. The work has involved the implementation of an artificial vision system for detecting colour, programming a robotic arm for product handling and design of a new terminal element to avoid damaging the product; programming a programmable controller for managing the inputs and outputs of the system and the design of a man machine interface (HMI). The results obtained after the completion of this project is color sorting machine vision and subsequently its packaging that is done automatically ensuring product quality.

