



“Implementación de un medidor de peso mediante el uso de PLC S7-1200 y módulo Siwarex WP231, para el monitoreo de la dosificadora de granos Indumak DG1000 del área de enfundado de la Empresa Cereales la Pradera.”

Taípe Chariguaman, Luis Fernando

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Electrónica mención Instrumentación y Aviónica

Monografía, previo a la obtención de título de Tecnólogo en Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica

Ing. Proaño Cañizares, Zahira Alexandra

Latacunga, 14 de julio del 2021



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **“Implementación de un medidor de peso mediante el uso de plc S7-1200 y módulo Siwarex wp231, para el monitoreo de la dosificadora de granos Indumak dg1000 del área de enfundado de la empresa cereales la pradera.”** Fue realizado por el señor **Taipe Chariguaman, Luis Fernando** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad, por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 14 de julio 2021

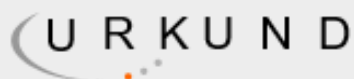


Firmado electrónicamente por:
**ZAHIRA ALEXANDRA
PROAÑO CAÑIZARES**

Ing. Proaño Cañizares, Zahira Alexandra

C.C.: 0502272131

REPORTE DE VERIFICACION



Urkund Analysis Result

Analysed Document: Monografia_Taipe_Luis.docx (D112135009)

Submitted: 9/6/2021 5:24:00 PM

Submitted By: jc.altamiranoc@uta.edu.ec Significance: 4 %

Sources included in the report:

MONOGRAFÍA_ARAUJO_ROBINSON.pdf (D110657263) https://blog.infranetworking.com/tipos-de-servidores-web/#Servidores_web_mas_utilizadosCAMSA. <https://www.hydraulicspneumatics.com/hp-en-espanol/article/21886595/principiosingenieriles-bsicos-motores-hidraulicos>Suh, <https://docplayer.es/80824766-Sistema-de-monitoreo-y-control-para-la-dosificacion-ymezclado-de-liquididos-de-baja-densidad-basado-en-una-plataforma-de-microautomatizacionsiemens.html> <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3467/1/T-ESPEL-0630.pdf> <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6232/1/04%20MEL%20022%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf> <https://docplayer.es/61352983-Escuela-superior-politecnica-de-chimborazo-facultad-demecanica-escuela-de-ingenieria-de-mantenimiento.html> <https://docplayer.es/37149377-Universidad-politecnica-salesiana-sede-guayaquil-facultad-deingenierias-carrera-ingenieria-electronica.html> <https://docplayer.es/85592507-Instituto-tecnologico-superior-aeronautico-carrera-deelectronica-mencion-instrumentacion-avionica.html> <https://docplayer.es/80276066-Universidad-tecnica-del-norte.html> <https://1library.co/document/qmj8417q-implementacion-automatico-monitoreo-controladoralimentos-balanceados-avicola-morenita.html> <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4361/1/M-ESPEL-0004.pdf> <http://157.100.241.244/bitstream/47000/1624/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-2018-040.pdf> Instances

where selected sources appear:

18



FORMA AUTENTICADA POR:
ZAHIRA ALEXANDRA
PROAÑO CAÑIZARES

.....
Ing. Proaño Cañizares, Zahira Alexandra

C.C.: 0502272131



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Taipe Chariguaman, Luis Fernando**, con cedula de ciudadanía N° 0550360739, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“implementación de un medidor de peso mediante el uso de plc S7-1200 y módulo Siwarex wp231, para el monitoreo de la dosificadora de granos Indumak dg1000 del área de enfundado de la empresa cereales la pradera.”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 14 de julio 2021

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Luis Fernando Chariguaman', is positioned above a horizontal dotted line.

Taipe Chariguaman, Luis Fernando

C.C.: 0550360739



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Taipe Chariguaman, Luis Fernando**, con cedula de ciudadanía N° 0550360739, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía:
“Implementación de un medidor de peso mediante el uso de plc S7-1200 y módulo Siwaxex wp231, para el monitoreo de la dosificadora de granos Indumak dg1000 del área de enfundado de la empresa cereales la pradera.” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 14 de julio 2021



.....
Taipe Chariguaman Luis Fernando

C.C.: 0550360739

DEDICATORIA

A mi familia, por todo el apoyo.

A la empresa Cereales La Pradera, por la oportunidad de realizar el proyecto siendo los principales colaboradores y beneficiarios.

Al Alma Mater ESPE-UGT por los conocimientos brindados.

Luis Fernando Taipe Chariguaman

AGRADECIMIENTO

A mis padres, los pilares fundamentales en mi vida que siempre estuvieron apoyándome.

A la empresa Cereales La Pradera, por brindarme los recursos y herramientas para llevar a cabo el proyecto.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-UGT, por los conocimientos y herramientas compartidos a lo largo de la carrera.

Luis Fernando Taipe Chariguaman

Tabla de contenido

Carátula.....	1
Certificación.....	2
Reporte de verificación.....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Tabla de contenido.....	8
Índice de tablas.....	11
Índice de figuras.....	12
Resumen.....	14
Abstract.....	15
Introducción.....	16
Tema.....	16
Antecedentes.....	16
Planteamiento del problema.....	17
Justificación.....	17
Objetivos.....	18
<i>Objetivo general</i>	18
<i>Objetivos específicos</i>	18
Alcance.....	18
Marco Teórico.....	20
Máquinas empaquetadoras.....	20
<i>Empacadoras Manuales</i>	20
<i>Empacadoras semiautomáticas</i>	21
<i>Empacadoras automáticas</i>	21
Sistema de dosificación.....	22
<i>Dosificación volumétrica</i>	22

<i>Dosificación mediante tornillo sin fin</i>	23
<i>Dosificación por peso</i>	24
Procesos Automatizados.....	24
<i>Sistema de Control</i>	25
<i>Elementos Primarios de Control</i>	26
<i>Sensores</i>	26
<i>Acondicionamiento de señal de los sensores</i>	29
<i>Elementos finales de control</i>	29
<i>Actuadores</i>	30
<i>Válvulas de Control</i>	33
Electroneumática.....	36
<i>Elementos de Retención</i>	36
<i>Convertidor de señal</i>	37
<i>Cilindros neumáticos</i>	38
<i>Electroválvulas</i>	38
Controlador.....	39
Autómata Programable.....	39
<i>Arquitectura del autómata programable</i>	40
Lenguajes de Programación.....	40
Interfaz de usuario Humano Máquina.....	43
<i>Funciones</i>	43
<i>Servidor web</i>	43
Capítulo iii.....	45
Desarrollo del tema.....	45
Introducción.....	45
Selección de Hardware.....	45
<i>Sensor de pesaje CB-067 5K</i>	45
<i>Módulo de pesaje Siwarex WP231</i>	47
<i>Controlador PLC Simatic S7-1200</i>	48
<i>Touch panel KTP700</i>	50
Programación TIA portal.....	51
<i>Creación de nuevo proyecto en software TIA portal</i>	51
<i>Agregar dispositivos en el proyecto</i>	51
<i>Agregar módulo de pesaje al proyecto</i>	52
<i>Agregar Touch Panel KTP700</i>	53
<i>Asignación de dirección IP a los dispositivos</i>	53
<i>Configuración de módulo Siwarex WP231</i>	54
<i>Desarrollo del programa en el software Tia Portal</i>	58
<i>Programación de interfaz HMI en el software TIA Portal</i>	67
Desarrollo de estructura.....	75
<i>Tablero de control</i>	75
<i>Diseño de estructura y acople de sensor</i>	77

<i>Acople de la celda de carga y final de carrera</i>	78
<i>Acople de la estructura y pistón expulsador</i>	78
<i>Conexión y cableado de tablero de control</i>	79
<i>Conexión de PLC y módulo de pesaje Siwarex WP231</i>	79
Conclusiones y recomendaciones	83
Conclusiones	83
Recomendaciones	85
Bibliografía	86
Anexos	94

Índice de tablas

Tabla 1	<i>Características técnicas de celda de carga CB-067</i>	46
Tabla 2	<i>Características técnicas del módulo de pesaje Siwarex WP231</i>	48
Tabla 3	<i>Características técnicas del controlador PLC s7-1200</i>	49
Tabla 4	<i>Datos técnicos de Touch panel KTP700</i>	50
Tabla 5	<i>Colores de cable para conexión</i>	79

Índice de figuras

Figura 1 <i>Empacadora Manual</i>	20
Figura 2 <i>Empacadora Automática</i>	21
Figura 3 <i>Empaquetadora Automática</i>	22
Figura 4 <i>Dosificación Volumétrica</i>	23
Figura 5 <i>Dosificación Mediante Tornillo Sin Fin</i>	23
Figura 6 <i>Dosificación por Peso</i>	24
Figura 7 <i>Sistema de control de lazo cerrado</i>	25
Figura 8 <i>Sistema de control a lazo abierto</i>	26
Figura 9 <i>Sensor de presión</i>	27
Figura 10 <i>Celda de carga tipo viga al corte</i>	28
Figura 11 <i>Sensor final de carrera</i>	29
Figura 12 <i>Cilindro hidráulico</i>	30
Figura 13 <i>Motor hidráulico</i>	31
Figura 14 <i>Válvula de control</i>	33
Figura 15 <i>Válvula de compuerta</i>	34
Figura 16 <i>Válvula de globo</i>	34
Figura 17 <i>Válvula de tres vías</i>	35
Figura 18 <i>Válvula de bola</i>	36
Figura 19 <i>Pulsadores electroneumáticos</i>	37
Figura 20 <i>Convertidor de señal neumático-eléctrico</i>	37
Figura 21 <i>Cilindro neumático</i>	38
Figura 22 <i>Electroválvula 3/2 servo pilotada</i>	39
Figura 23 <i>Arquitectura de un autómata programable</i>	40
Figura 24 <i>Partes de la norma IEC 61131-3</i>	41
Figura 25 <i>Celda de Carga CB-067</i>	46
Figura 26 <i>Módulo electrónico de pesaje Siwarex WP231</i>	47
Figura 27 <i>Vista Frontal de PLC S7-1200</i>	49
Figura 28 <i>Vista de Touch Panel KTP700</i>	50
Figura 29 <i>Creación de nuevo proyecto TIA portal v13</i>	51
Figura 30 <i>Agregar dispositivo (PLC) al proyecto</i>	52
Figura 31 <i>Selección del módulo electrónico de pesaje Siwarex WP231</i>	52
Figura 32 <i>Selección de HMI KTP700</i>	53
Figura 33 <i>Asignación de dirección IP para PLC S7-1200</i>	54
Figura 34 <i>Asignación de dirección IP para HMI KTP700</i>	54
Figura 35 <i>Apertura de la librería de módulo Siwarex</i>	55
Figura 36 <i>Buzones de comando</i>	56
Figura 37 <i>Bloque de programa de lenguaje de programación SCL</i>	57
Figura 38 <i>Configuración de parámetros del módulo Siwarex</i>	58
Figura 39 <i>Programación del primer segmento</i>	59
Figura 40 <i>Creación del segundo segmento</i>	59
Figura 41 <i>Instrucciones para acondicionamiento de señal</i>	60
Figura 42 <i>Acondicionamiento de final de carrera</i>	61
Figura 43 <i>Segmento para comparación de pesos</i>	62
Figura 44 <i>Salidas digitales del PLC</i>	63
Figura 45 <i>Salidas digitales del PLC</i>	63

Figura 46	<i>Desarrollo de “DATA LOG”</i>	64
Figura 47	<i>Desarrollo de bloque de datos y parámetros para el “DATA LOG”</i>	64
Figura 48	<i>Instrucción “OPEN DATA LOG”</i>	65
Figura 49	<i>Instrucciones MOVE para nombre de registro</i>	65
Figura 50	<i>Instrucciones “MOVE” para mover el peso de producto</i>	66
Figura 51	<i>Bloque de datos con nombre peso y tara de productos</i>	66
Figura 52	<i>Programación de imágenes para el HMI</i>	67
Figura 53	<i>Ventana principal de HMI</i>	68
Figura 54	<i>Direccionamiento del campo E/S con la variable</i>	68
Figura 55	<i>Asignación de variable al indicador de peso</i>	69
Figura 56	<i>Asignación de variable a la barra de peso</i>	69
Figura 57	<i>Programación de luz indicadora de peso en rango</i>	70
Figura 58	<i>Programación de luz indicadora de +/-peso</i>	70
Figura 59	<i>Programación de tecla de función para navegación entre ventanas</i>	71
Figura 60	<i>Ventana de productos de 500 gramos</i>	72
Figura 61	<i>Programación de apariencia de los botones de producto</i>	72
Figura 62	<i>Programación de evento del botón</i>	73
Figura 63	<i>Programación de botón crear</i>	73
Figura 64	<i>Ventana de varios productos</i>	74
Figura 65	<i>Ventana de calibración y salidas de PLC</i>	75
Figura 66	<i>Diseño de tablero y estructura de pesaje</i>	75
Figura 67	<i>Diseño del tablero de control</i>	76
Figura 68	<i>Diseño del tablero de control</i>	76
Figura 69	<i>Diseño de estructura de pesaje</i>	77
Figura 70	<i>Diseño de estructura de pesaje</i>	78
Figura 71	<i>Conexión de PLC S7-1200</i>	80
Figura 72	<i>Diagrama de conexión de celda de carga en el módulo</i>	81
Figura 73	<i>Vista interna del conexionado del tablero de control</i>	81
Figura 74	<i>Montaje de tablero de control y estructura de pesaje</i>	82

Resumen

El presente proyecto detalla la implementación de un sistema de pesaje para controlar el peso de las fundas de granos antes de ser empacadas en pacas de 25. El proceso inicia cuando la funda se ubica en la estructura de la balanza, si el peso es 500g, la funda será dirigida a una banda transportadora mediante la activación de un pistón neumático denominado expulsador. Si el peso no está dentro del rango permitido, un segundo pistón neumático, denominado rechazador, forzará a la funda para que sea rechazada antes de que toque la banda transportadora. Para que el sensor de peso detecte el peso de la funda, se diseñó una estructura mecánica tal que impida el contacto con las mangueras neumáticas o los cables de la mordaza de la enfundadora, y provoque que el peso aumente y por ende el peso mostrado en el HMI no sería el real. La señal del sensor de peso es recibida en el PLC a través del módulo Siwarex WP231. Adicionalmente, un HMI mostrará el peso de la funda, si está dentro del rango enciende una luz indicadora de color verde, mientras que si está fuera de rango enciende una luz indicadora de color roja. El proceso incluye un paro de emergencia que detiene el proceso en cualquier instante.

Palabras clave:

- **INTERFAZ HMI**
- **CELDA DE CARGA**
- **SIWAREX WP231**
- **MONITOREO**
- **INDUMAK DG1000**

Abstract

This project details the implementation of a weighing system to control the weight of grain bags before they are packed. The process starts when the sleeve is placed on the scale structure, if the weight is 500g, the sleeve will be directed to a conveyor belt by activating a pneumatic piston called ejector. If the weight is not within the allowable range, a second pneumatic piston, called a rejector, will force the case to be rejected before it touches the conveyor belt. In order for the weight sensor to detect the weight of the sleeve, a mechanical structure was designed to prevent contact with the pneumatic hoses or the sleeving machine jaw cables, causing the weight to increase and therefore the weight displayed to be different from the actual weight. The signal from the weight sensor is received in the PLC through the Siwarex WP231 module. Additionally, an HMI will display the weight of the casing, if it is within range it lights up a green indicator light, while if it is out of range it lights up a red indicator light. The process includes an emergency stop that stops the process at any instant.

Key Words:

- **HMI INTERFACE**
- **LOAD CELL**
- **SIWAREX WP231**
- **MONITORING**
- **INDUMAK DG1000**

Capítulo i

1. Introducción

1.1 Tema

Implementación de un medidor de peso mediante el uso de plc s7-1200 y módulo Siwarex wp231, para el monitoreo de la dosificadora de granos Indumak DG1000 del área de enfundado de la empresa Cereales La Pradera.

1.2 Antecedentes

La fábrica Cereales La Pradera en el área de enfundado, cuenta con máquinas dosificadoras y empaquetadoras, dentro de las cuales se encuentra la empaquetadora de marca INDUMAK DG 1000, misma que posee un dosificador volumétrico el cual mide el peso dependiendo de algunos factores tales como: la altura a la que se encuentre los vasos telescópicos, diferencias granulométricas del producto y la velocidad de giro del motorreductor del revólver.

Debido al cambio de producto y los factores mencionados el peso del enfundado varía, por lo que, el operador encargado tiene que estar en constante control del peso, la tarea del operador consiste en tomar el producto empaquetado de la banda transportadora y llevarlo hacia la báscula electrónica para comprobar que el peso este dentro del rango requerido, adicional esta información es adquirida de forma manual para su registro.

El proceso no posee un interfaz para monitoreo de peso, tampoco tecnología para registro de información, tal como Ethernet de oficina o un Web Server que facilite el acceso al historial del producto empaquetado.

1.3 Planteamiento del problema

En la actualidad la empaquetadora INDUMAK DG1000 del área de enfundado de la Empresa Cereales La Pradera, posee un dosificador volumétrico el mismo que presenta variación de peso en el producto empaquetado, debido a la diferencia granulométrica del producto, altura de vasos telescópicos y velocidad de giro del motorreductor del revólver, en consecuencia, el peso sale del rango requerido, adicional no existe un registro digital del peso del producto empaquetado. Este proceso se califica como deficiente pues no es lo suficiente para realizar un monitoreo constante de peso del producto empaquetado, además, los datos son tomados de forma manual para llevar el registro del producto.

1.4 Justificación

Debido a la necesidad de la empresa, se realiza una investigación de la tecnología de pesaje automatizado, monitorización y digitalización de la información para la empaquetadora Indumak DG1000, mejorando así el sistema de pesaje del producto empaquetado, registro de datos con protocolos de tecnología de información digital y facilitando la visualización del peso en una interfaz HMI, permitiendo así llevar un control de la producción y calidad del producto.

Este proyecto servirá como un referente para la futura implementación de medidores de peso en las máquinas empaquetadoras con las que cuenta la empresa en el área de enfundados.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Implementar un medidor de peso mediante el uso de PLC S7-1200 y módulo Siwarex WP231, para el monitoreo de la dosificadora de granos Indumak DG1000 del área de enfundado de la empresa Cereales La Pradera.

1.5.2 Objetivos específicos

- Establecer información referente sistemas de pesaje, módulos electrónicos, para conexión con PLC S7-1200.
- Desarrollar el programa e interfaz HMI para la visualización de peso del producto empaquetado, mediante el uso de una Simatic Touch Panel.
- Crear un Web Server usando características técnicas del controlador PLC, para un fácil acceso a datos almacenado de la dosificadora.
- Elaborar un manual de usuario para el uso y mantenimiento del sistema de pesaje y tablero de control, mediante el uso de las especificaciones técnicas de los dispositivos.

1.6 Alcance

El presente proyecto tiene como finalidad la implementación de un medidor de peso mediante el uso de módulo electrónico de pesaje Siwarex WP231 y PLC S7-1200, mismo que, está dirigido hacia el área de enfundado de la empresa Cereales La Pradera permitiendo realizar el monitoreo constante de peso del producto empaquetado y llevar un registro digital de la máquina Indumak DG1000.

Con este proyecto se tendrán mejoras en el pesaje de producto empaquetado y registro de datos, mejorando la producción y calidad, además el proyecto es un referente para una futura aplicación.

Capítulo ii

2. Marco Teórico

Hoy en día las máquinas empaquetadoras se han desarrollado incrementalmente de acuerdo al avance tecnológico y mecánico, ya sea en su construcción y funcionamiento como en la capacidad de producción. Cumplen un papel primordial dentro de la línea industrial alimenticia, ya que son las encargadas de realizar la presentación y producción final del producto que será lanzado a mercado para el consumo cotidiano.

2.1 Máquinas empaquetadoras

Las máquinas empacadoras se utilizan para envasar granos o polvos, en la actualidad existen 3 sistemas de empackado reconocidos en la industria de tipo manual, semiautomático, automático.

2.1.1 *Empacadoras Manuales*

Son de uso generalmente domestico que sirve para empacar productos en fundas ya formadas. Para este proceso se utilizaban selladores manuales, de las primeras lanzadas en el mercado, con un sistema básico de calentamiento por resistencia, y transferencia de calor (Herrera & Lumbres, 2018).

Figura 1

Empacadora Manual



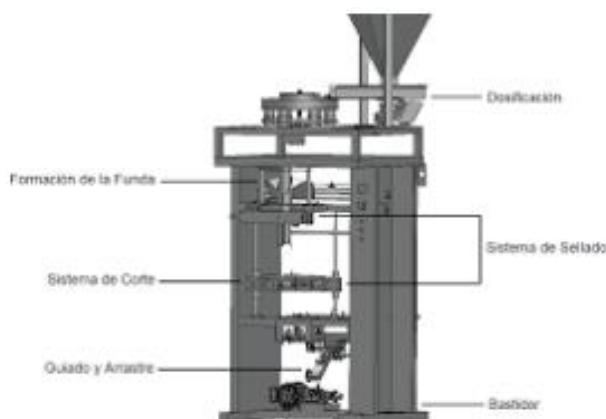
Nota. El gráfico muestra un ejemplo de producto empacado de forma manual. Tomado de (Iza & Medina, 2013).

2.1.2 *Empacadoras semiautomáticas.*

Con las máquinas empacadoras semiautomáticas se logra concentrar en un solo operador, las tareas de dosificación y empaque, lográndose producciones aceptables, dependiendo del tipo de producto, dosis y habilidad del operador (Moreno, 2010).

Como su nombre lo indica, algunos procesos se realizan de forma manual y otros de forma automática. Incorpora un formador de bolsa y el arrastre de lámina de empaque puede ser automático (Herrera & Lumbres, 2018).

Figura 2
Empacadora Automática



Nota. En la imagen se muestra una máquina con un proceso de dosificación automática y sellado manual que son usados en proceso de empaque semiautomático. Tomado de (Iza & Medina, 2013).

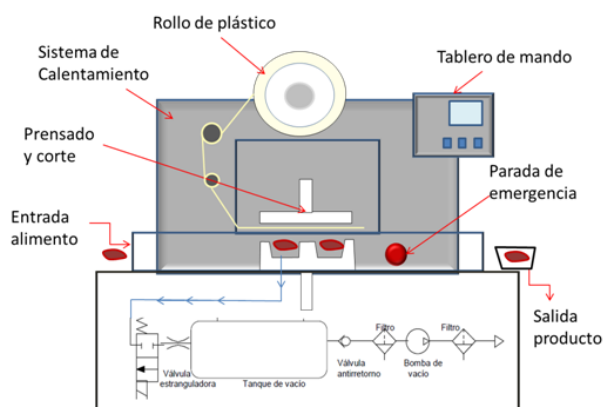
2.1.3 *Empacadoras automáticas*

Son máquinas que combinan sistemas mecánicos, neumáticos y electrónicos para la producción elevada de empaques. Además, permiten adaptar equipos para la presentación y calidad del producto como son codificadores o impresoras, detectores de metales, elevadores, citas transportadoras, etc. (Moreno, 2010).

Las máquinas empacadoras automáticas necesitan la asistencia de un operador, únicamente para el control de la máquina, reduciendo así los costos por mano de obra.

Son máquinas ideales para grandes productores y empresas que necesitan un elevado volumen de producción (Herrera & Lumbres, 2018).

Figura 3
Empaquetadora Automática



Nota. La imagen muestra una máquina de empaquetado automático con un sistema de dosificación y sellado automático. Tomado de (Iza & Medina, 2013).

2.2 Sistema de dosificación

El sistema de dosificación permite la correcta distribución de materia prima en cantidades y secuencias temporales exactas y medir de manera más concreta y precisa mejorando la rentabilidad de la empresa.

2.2.1 Dosificación volumétrica

Consiste de una tolva que acumula el producto a envasar y un número determinado de vasos telescópicos que contendrán la cantidad de producto que se ubicara en un envase. La tolva puede ser alimentada por una persona o por elevador (Vescovo, 2009).

Estos dosificadores de pueden usar para trabajos de forma semiautomática o directamente colocados en envasadoras automáticas, su uso es muy recomendable para polvos de fácil deslizamiento, granos, entre otros (Moreno, 2010).

Figura 4
Dosificación Volumétrica

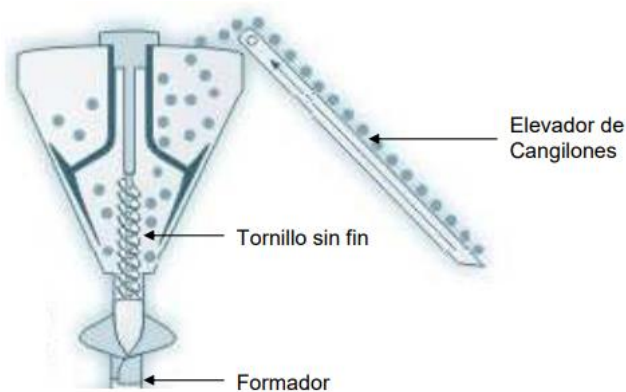


Nota. En la figura se muestra la estructura de un dosificador volumétrico. Tomado de (Iza & Medina, 2013).

2.2.2 Dosificación mediante tornillo sin fin.

Dentro de la tolva se encuentra un tornillo sin fin que es controlado por la envasadora. Dependiendo del tipo de producto a dosificar y el gramaje del envase se ajusta la cantidad de vueltas que el tornillo girara (Vescovo, 2009).

Figura 5
Dosificación Mediante Tornillo Sin Fin

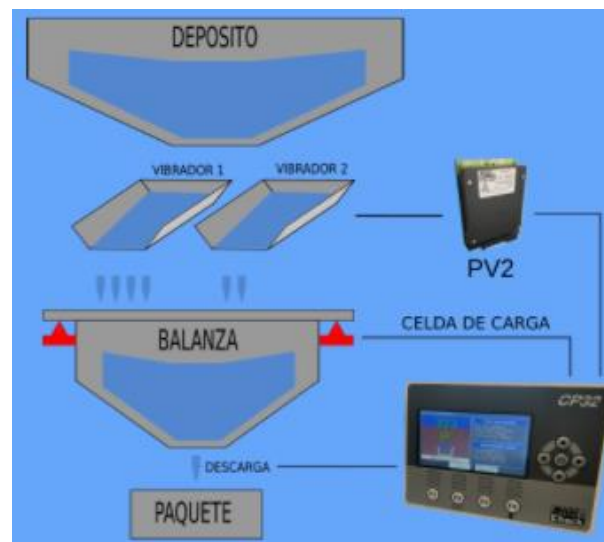


Nota. En la figura se observa la estructura de un dosificador con tronillo sin fin. Tomado de (Iza & Medina, 2013).

2.2.3 Dosificación por peso.

Son ideales para trabajar con cualquier producto sólido, polvo o snack de forma irregulares. Poseen alimentador a la celda de carga de forma vibratoria, lo que evita la rotura del producto. El control del peso se realiza de forma digital (Moreno, 2010).

Figura 6
Dosificación por Peso



Nota. En la figura se muestra un sistema dosificador por peso. Tomado de (Iza & Medina, 2013).

2.3 Procesos Automatizados

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de dispositivos tecnológicos, esto ayuda a las empresas en su camino hacia la transformación digital. En el procedimiento se integran sistemas computarizados y sistemas electromecánicos destinados a ejecutar tareas de la cadena de producción o encargarse del control de otras maquinarias (Solé, 2005).

2.3.1 Sistema de Control

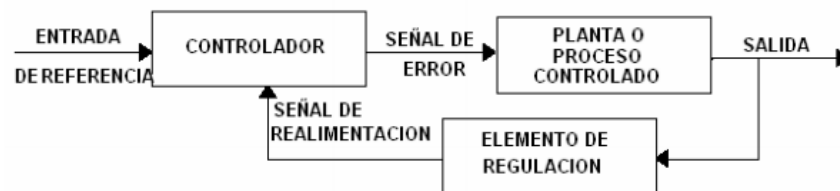
Es un conjunto de elementos físicos conectados entre sí, de tal manera que se puedan operar, dirigir o regular, asimismo o a diferentes sistemas. Se comandan, operan, dirigen o controlan dinámicamente (Perez, 2007).

a. Lazo Cerrado

En el sistema de control de lazo cerrado, la salida o señal inspeccionada, debe ser realimentada y comparada con la entrada de referencia, y se enviará la señal u operación de control, proporcional a la diferencia de la entrada y salida a través del sistema, para reducir el error y que se corrija la salida (Perez, 2007).

Figura 7

Sistema de control de lazo cerrado



Nota. En la figura se muestra la relación de entrada-salida de un sistema de control a lazo cerrado. Tomado de (Perez, 2007).

b. Lazo abierto

Un sistema de control de lazo abierto muy a diferencia del sistema de lazo cerrado, no necesita que la salida se mida y tampoco que sea realimentada para ser comparada con la entrada. En estos sistemas de control la salida no tiene efecto en la señal o acción de control (Perez, 2007).

Figura 8

Sistema de control a lazo abierto



Nota. En la figura se muestra la forma de implementación de un sistema de control a lazo abierto. Tomado de (Perez, 2007).

Un sistema control lo comprenden los elementos primarios de control, el controlador y los elementos finales de control.

2.3.2 Elementos Primarios de Control

Los instrumentos de medición y control son parcialmente complejos y su función se basa en las diferentes clasificaciones que existen de acuerdo a sus ventajas y limitaciones (Solé, 2005).

2.3.3 Sensores

El sensor es un dispositivo electrónico que detecta y responde a algún tipo de entrada del entorno físico y transforma las señales de salida en una pantalla visible para el operador, convierte la variable de salida, en otra variable manejable tal como desplazamiento, presión, voltaje, que se usa para comparar la salida con la señal de entrada de referencia (Salazar C. , 2020).

a. Sensores de temperatura

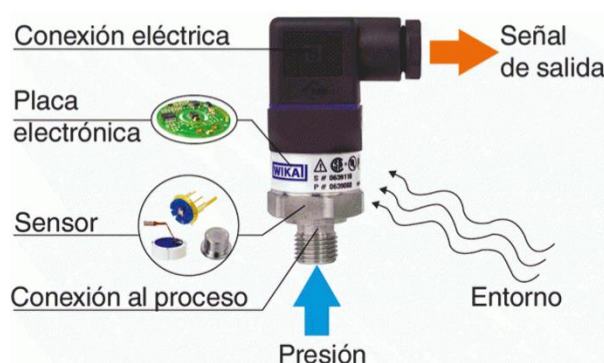
Son dispositivos que recopilan información de la temperatura en el ambiente, animales, personas y transforma los datos obtenidos de manera que sea entendida por otro dispositivo. Son resistentes a la intemperie y son ideales para la medición continua de la temperatura en el aire, agua y suelo (Salazar C. , 2020).

b. Sensores de presión

Son instrumentos que captan la presión y la convierte en una señal eléctrica donde la cantidad depende de la presión aplicada. Se utilizan para medir otras variables, como el flujo del fluido/gas, la velocidad, nivel de agua y la altitud (Salazar C. , 2020).

Figura 9

Sensor de presión



Nota. En la imagen se observa las partes de un sensor de presión. Tomado de (Nolla, 2020).

c. Sensores de peso

Los sensores de fuerza, o células de carga, son dispositivos que permiten obtener una señal eléctrica proporcional a la fuerza que se aplica sobre ellos. Estos transductores se presentan en múltiples formatos (Mapro, 2011).

c.1. Celdas de carga

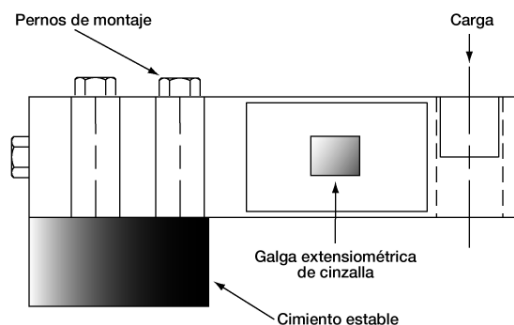
Una celda de carga es un transductor utilizado para convertir una fuerza en una señal eléctrica. Esta conversión empieza a partir de un dispositivo mecánico, es decir, la fuerza que se desea medir, deforma la galga extensiométrica. Y por medio de medidores de deformación (galgas) obtenemos una señal eléctrica con la cual podemos obtener el valor de la fuerza.

c.2. Celda de carga tipo viga

La celda de carga tipo viga al corte está diseñada para básculas de bajo perfil y aplicaciones de procesamiento. La cavidad de la galga extensiométrica de la celda viga al corte contiene un diafragma delgado de metal sobre el cual las galgas extensiométricas están montadas (Global Weighing System, 2018).

Figura 10

Celda de carga tipo viga al corte

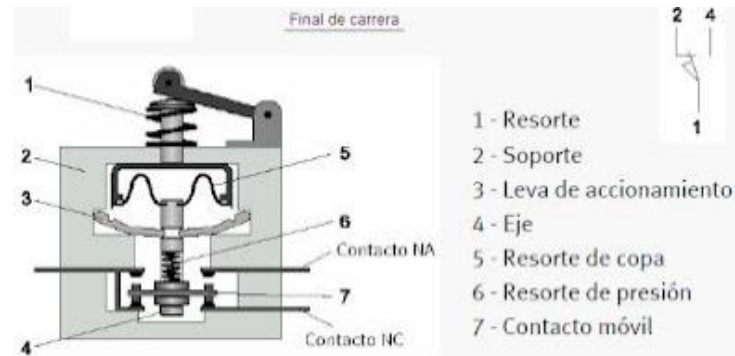


Nota. La imagen muestra el montaje de una celda de carga tipo viga, para su correcto uso uno de sus extremos se debe colocar de forma fija y en el otro extremo se aplica la fuerza. Tomado de (Global Weighing System, 2018).

d. Sensor final de carrera

Un final de carrera o interruptor de posición, es un sensor que detecta la posición de un elemento móvil mediante accionamiento mecánico, sensores de contacto que necesitan estar en contacto con el objeto para detectar la llegada de un elemento (Novelec, 2020).

Son dispositivos electromecánicos que constan de un accionador vinculado mecánicamente a un conjunto de contactos. Cuando un objeto entra en contacto con el accionador el dispositivo opera los contactos para cerrar o abrir una conexión eléctrica (Rockwell Automation, 2020).

Figura 11*Sensor final de carrera*

Nota. Tomado de (Rincon, 2011).

2.3.4 Acondicionamiento de señal de los sensores

Es un proceso en el cual se adquieren datos precisos. Los sensores tienen un acondicionador de señal interno que permite convertir una señal de entrada en otra señal de salida. El acondicionador de señal tiene como finalidad amplificar la señal y convertirla en otra señal fácil de leer y compatible con fines de adquisición de datos o de control de una máquina industrial. Este tipo de instrumentos cumple además con otras funciones tales como linealización, amplificación, filtrado, interfaces, evaluación y funciones inteligentes (HBM, 2018).

2.3.5 Elementos finales de control

Son mecanismos que transforman el valor de una variable que ha sido manejada como respuesta a una señal de salida desde un dispositivo de control automático; es decir, se encarga de operar una característica del proceso según la orden del supervisor (Torres, 2011).

2.3.6 Actuadores

Los actuadores son elementos capaces de producir una fuerza desde líquidos, energía eléctrica y gaseosa. El actuador toma la orden de un regulador o controlador y da una salida adecuada para activar un dispositivo final de control que son las válvulas (Tapia & Narvaez, 2006).

Existen tres tipos de actuadores:

- Hidráulicos
- Neumáticos
- Eléctricos

a. Actuadores hidráulicos

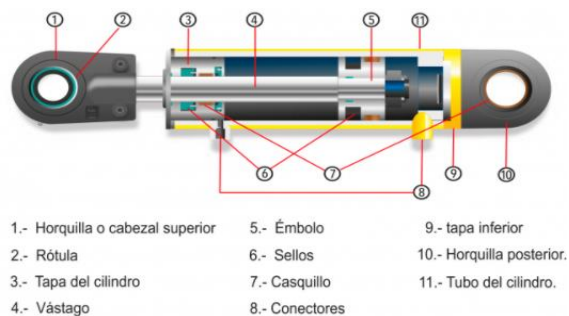
Son los que tienen más antigüedad, son clasificados de acuerdo a la forma de operación, funcionan en base a fluidos a presión (Tapia & Narvaez, 2006).

b. Cilindro hidráulico

Los cilindros hidráulicos consiguen la energía de un fluido hidráulico presurizado, generalmente aceite, y consisten básicamente en dos piezas: Un cilindro y un pistón conectado a un vástago (Neumatica, 2019).

Figura 12

Cilindro hidráulico



Nota. En la imagen se muestra las partes de un cilindro hidráulico. Tomado de (CAMSA, 2020).

- **Cilindro de efecto simple:** La barra está en uno de los extremos del pistón, el cual se contrae mediante resortes o por la gravedad. La carga puede colocarse solo en un extremo del cilindro (Tapia & Narvaez, 2006).
- **Cilindro de doble efecto:** La carga se coloca indistintamente en ambos lados del cilindro. Genera un impulso horizontal debido a la diferencia de presión entre los extremos del pistón (Tapia & Narvaez, 2006).

c. Motor hidráulico

Los motores hidráulicos transforman energía cinética del fluido en energía mecánica rotativa, la cual generalmente es aplicada a una carga mediante un eje (Solorzano, 2016).

Figura 13

Motor hidráulico



Nota. En la figura 13 se muestra las partes de un motor hidráulico. Tomado de (Noriega, 2019).

- **Motor de engranaje:** El aceite a presión va desde la entrada, actúa sobre la cara dentada de cada engranaje generando torque en dirección de la flecha. La estructura del motor es simple, es muy recomendable su uso en operaciones a alta velocidad (Tapia & Narvaez, 2006).

- **Motor con pistón eje inclinado:** El aceite a presión fluye desde la entrada, empuja el pistón contra la brida y la fuerza resultante en la dirección radial hace que el eje y el bloque del cilindro giren hacia la flecha. Es muy conveniente para usos de alta presión y alta velocidad (Tapia & Narvaez, 2006).

d. Actuadores Neumáticos

Son mecanismos que convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico. El rango de compresión es mayor y tienen poca viscosidad (Tapia & Narvaez, 2006).

- **Cremallera:** Transforman un movimiento lineal en un movimiento rotacional y no superan los 360.
- **Rotativos de paletas:** Son elementos motrices destinados a proporcionar un giro limitado en un eje de salida. La presión del aire actúa directamente sobre una o dos palas imprimiendo un movimiento de giro. Estos no superan los 270° y los de paleta doble no superan los 90° (Tapia & Narvaez, 2006).

e. Actuadores Eléctricos

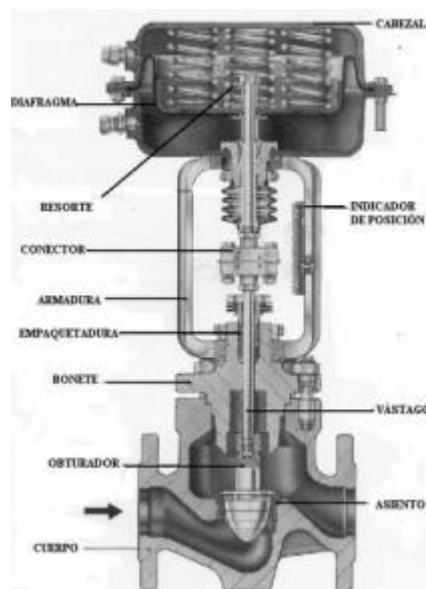
La estructura de un actuador eléctrico es simple en comparación de los actuadores hidráulicos y neumáticos, sólo se requieren de energía eléctrica como fuente de poder. Se utilizan cables eléctricos para transmitir electricidad y señales, es altamente versátil y no hay restricciones en relación a la distancia entre la fuente de poder y el actuador (Tapia & Narvaez, 2006).

2.3.7 Válvulas de Control

Su función es variar el flujo de material o energía a un proceso de control, cambiando el valor de la variable de medida, comportándose como un orificio de área variable. Las válvulas pueden ser modeladas siguiendo una dinámica de segundo orden. Para válvulas pequeñas o de tamaño medio, la dinámica es tan rápida que se consideran procesos de primer orden (Torres, 2011).

Figura 14

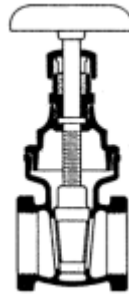
Válvula de control



Nota. En la imagen se muestra las partes de una válvula de control. Tomado de (Torres, 2011).

a. Válvulas de compuerta

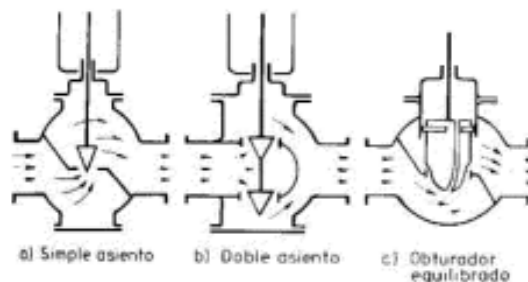
La válvula de compuerta es de vueltas múltiples, en la cual se cierra el orificio con un disco vertical de cara plana que se desliza en ángulos rectos sobre el asiento (Tapia & Narvaez, 2006).

Figura 15*Válvula de compuerta*

Nota. En la imagen se muestra una válvula de compuerta. Tomado de (Tapia & Narvaez, 2006).

b. Válvula de globo

La válvula de globo es adecuada para utilizarse en una amplia variedad de aplicaciones, desde el control de caudal hasta el control abierto-cerrado (On-Off). Cuando el tapón de la válvula está en contacto firme con el asiento, la válvula está cerrada. Cuando el tapón de la válvula está alejado del asiento, la válvula está abierta (Torres, 2011).

Figura 16*Válvula de globo*

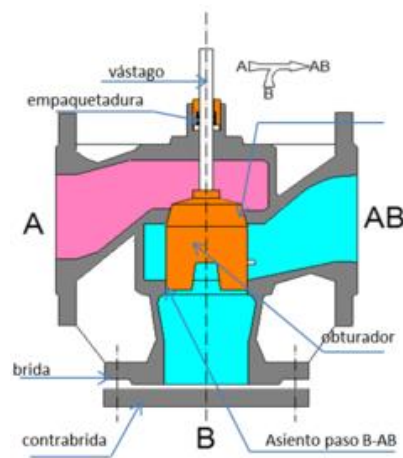
Nota. En la figura 16 se muestra los tipos de válvulas de globo. Tomado de (Torres, 2011).

c. Válvula de tres vías

Es una válvula mezcladora de fluidos o divide un flujo de entrada en dos de salida. Se emplean normalmente en el control de temperatura de intercambiadores de calor, facilitando un control muy rápido de la temperatura, gracias a que el fluido de calefacción puede derivar, a través de la válvula, sin pasar por el intercambiador (Torres, 2011).

Figura 17

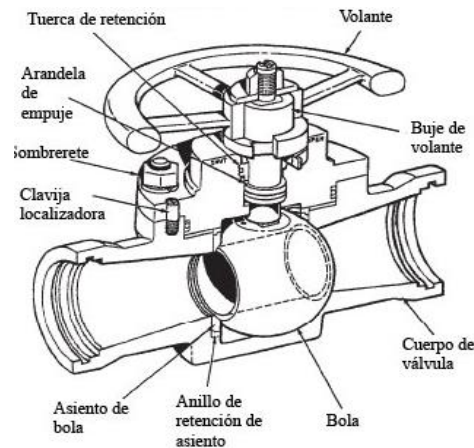
Válvula de tres vías



Nota. En la figura 17 se muestra las partes de una válvula de tres vías. Tomado de (Torres, 2011).

d. Válvulas de bola

Las válvulas de bola son de $\frac{1}{4}$ de vuelta, en las cuales una bola taladrada gira entre asientos elásticos, lo cual permite la circulación directa en la posición abierta y corta el paso cuando se gira la bola 90° y cierra el conducto (Torres, 2011).

Figura 18*Válvula de bola*

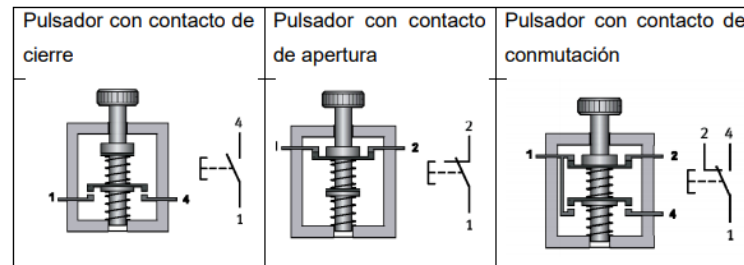
Nota. En la imagen se muestra las partes de la válvula de bola. Tomado de (Noriega, 2019).

2.4 Electroneumática

La Electroneumática es considerada una transición entre la neumática y los autómatas programables, que partió de la técnica neumática y se fusionó con los nuevos avances en electricidad y electrónica. El uso de los sistemas electroneumáticos en la industria aporta mayor seguridad y resultados, en comparación a los sistemas puramente neumáticos (Guerrero, 2013).

2.4.1 Elementos de Retención

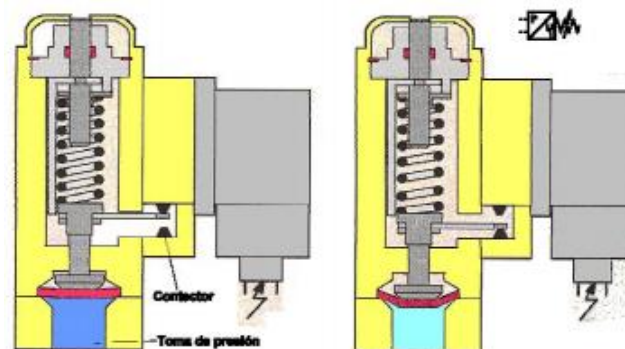
Estos elementos son empleados generalmente para generar la señal de inicio o paro del sistema. Las señales son introducidas desde diferentes puntos con distintos tipos y tiempos de accionamiento (Guerrero, 2013).

Figura 19*Pulsadores electroneumáticos*

Nota. En la imagen se muestra los tipos de contactos de un pulsador. Tomado de (Guerrero, 2013).

2.4.2 Convertidor de señal

Transformar una señal neumática en señal eléctrica. El funcionamiento de este tipo de convertidor es simple: cuando la fuerza de presión vence la fuerza del muelle tarado mediante un tornillo, se realiza un contacto eléctrico (Guerrero, 2013).

Figura 20*Convertidor de señal neumático-eléctrico*

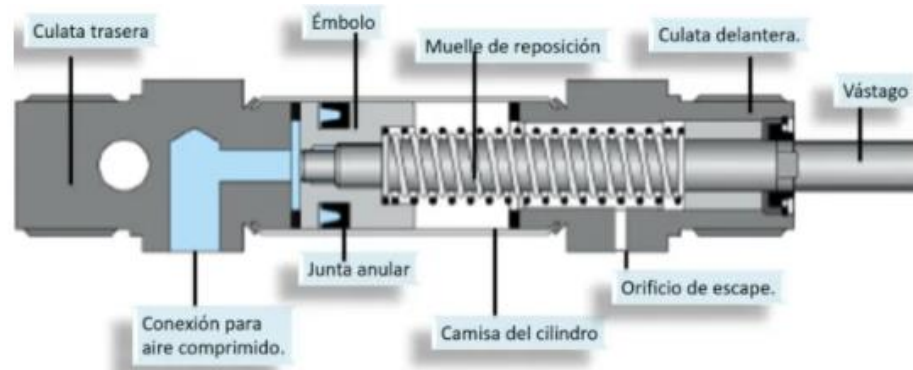
Nota. En la imagen se muestra un convertidor de señal neumático-eléctrico y sus partes. Tomado de (Guerrero, 2013).

2.4.3 Cilindros neumáticos

Un cilindro neumático es un actuador que funciona generalmente con aire comprimido hasta un máximo de 12 bar para generar un movimiento lineal o giratorio. Se distingue entre cilindros de simple efecto y de doble efecto (Festo Automation, 2021).

Figura 21

Cilindro neumático



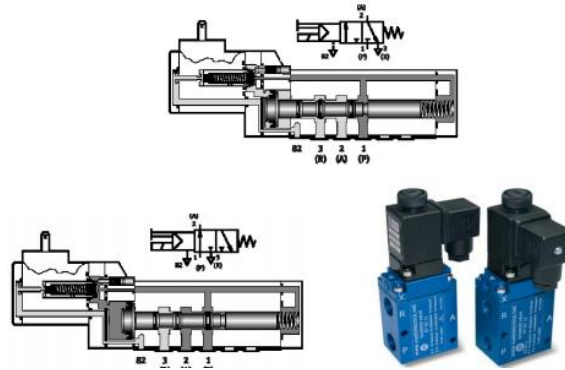
Nota. En la imagen se muestra las partes de un cilindro neumático. Tomado de (BlogSEAS, 2015).

2.4.4 Electroválvulas

Las electroválvulas son los dispositivos que realizan la conversión de energía eléctrica proveniente de los relés a energía neumática, que se transmite a los actuadores o a otra válvula neumática. La aplicación de corriente eléctrica en el solenoide genera una fuerza electromagnética que mueve a la armadura conectada a la leva de la válvula. Cuando la corriente eléctrica es desconectada, desaparece el campo magnético y el muelle que está presionando al núcleo o armadura le hace recuperar su posición inicial (Guerrero, 2013).

Figura 22

Electroválvula 3/2 servo pilotada



Nota. En la figura 22 se muestra el accionamiento de una electroválvula 3/2 servo pilotada. Tomado de (Guerrero, 2013).

2.5 Controlador

Los controladores son aquellos que forman parte de todo tipo de dispositivos que se encuentran en el entorno, son muy importantes en los procesos industriales modernos, donde se utilizan para regular distintas variables según el proceso que se desee controlar. Un controlador está sujeto a diferentes requerimientos como nivel porcentual, tiempo de estabilización, error (Pardo, 2021).

2.6 Autómata Programable

Un autómata programable industrial (API) es un dispositivo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial procesos secuenciales. El autómata programable también se conoce como PLC, por sus siglas en inglés Programmable Logic Controller. Tal y como se resume en la definición, se trata de un computador especial, tanto en el software como en el hardware. En el software, porque se programa en un lenguaje especial diseñado específicamente para generar de forma sencilla el programa que implementa el algoritmo

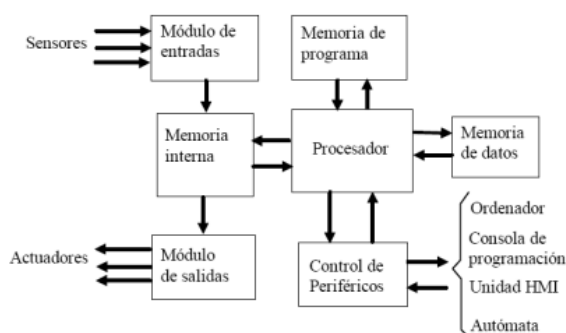
de control de procesos secuenciales (de sistemas de eventos discretos), y porque el algoritmo de control programado es ejecutado de forma periódica en un ciclo temporal que es lo bastante breve como para poder controlar los procesos en tiempo real (Sanchis, Romero, & Ariño, 2010).

2.6.1 Arquitectura del autómata programable

Tiene un procesador es el que ejecuta el programa almacenado en la memoria de programa. La memoria de programa y la de datos están físicamente separadas, constituyendo una arquitectura tipo Harvard. Además, la memoria de datos está separada en dos tipos, que en la figura 23 se denominan memoria de datos y memoria interna. También dispone de periféricos para comunicar con otros dispositivos, como pantallas táctiles, ordenadores u otros autómatas (Sanchis, Romero, & Ariño, 2010).

Figura 23

Arquitectura de un autómata programable



Nota. En la imagen muestra de la arquitectura de un autómata programable. Tomado de (Sanchis, Romero, & Ariño, 2010).

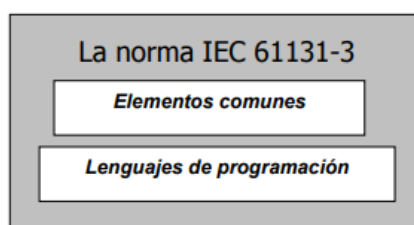
2.7 Lenguajes de Programación

El lenguaje de programación más utilizado en los autómatas programables es el diagrama de contactos (Ladder Diagram o diagrama de escalera). Está basado en los automatismos cableados por medio de contactores, que fueron los primeros en

implementarse. Gráficamente se representan dos líneas verticales largas separadas, de forma que la de la izquierda representa tensión y la de la derecha, masa. La norma IEC 61131-3 surgió con el objetivo de establecer una sintaxis de programación estándar que permitiera programar un automatismo sin necesidad de recurrir a la sintaxis específica de ningún fabricante (Sanchis, Romero, & Ariño, 2010).

Figura 24

Partes de la norma IEC 61131-3



Nota. En la imagen se muestra los elementos que conforman la norma IEC 61131-3. Tomado de (Sanchis, Romero, & Ariño, 2010).

El estándar IEC 61131-3 contempla seis lenguajes diferentes, tres basados en gráfico y tres basados en texto.

a. Lenguajes basados en gráfico

- **Diagrama de contactos o de escalera:** Es muy similar al de cualquier autómeta, aunque hay diferencias. Por ejemplo, el lenguaje de Omron utiliza solo contactos NA o NC, mientras la norma IEC 61131-3 admite además contactos de flanco de subida o de bajada que se activan solo durante un ciclo de scan cuando la variable asociada cambia de 0 a 1 o de 1 a 0 (Sanchis, Romero, & Ariño, 2010).
- **Diagrama de bloque de funciones:** Dispone de cuatro tipos de elementos gráficos que se combinan para la creación de un programa. Estos elementos son: conexiones, elementos de control de ejecución, elementos

para llamada a funciones y los conectores. No se incluyen otros elementos gráficos como contactos y bobinas que sí aparecen en los diagramas de contactos (Sanchis, Romero, & Ariño, 2010).

- **Diagrama secuencial de funciones (modo gráfico):** Permite descomponer programas complejos en unidades más simples y definir la forma en que se realizan las transiciones entre estas unidades. Su apariencia es similar a la de los diagramas de Grafcet (Sanchis, Romero, & Ariño, 2010).

b. Lenguajes basados en texto

- **Lista de instrucciones.** Es similar a un lenguaje ensamblador. En general, los programas creados con otros lenguajes, gráficos o de texto, son traducidos a listas de instrucciones en el proceso de compilación (Sanchis, Romero, & Ariño, 2010).
- **Texto estructurado.** Es un lenguaje de programación de alto nivel que ofrece un amplio rango de instrucciones que simplifican la realización de operaciones complejas (Sanchis, Romero, & Ariño, 2010).
- **Diagrama secuencial de funciones (modo texto).** Una de las diferencias fundamentales del estándar IEC 61131-3 respecto de los sistemas de programación tradicionales de API es que la declaración de variables se hace de la misma manera que en los lenguajes de programación de alto nivel (C, Pascal, Java, etc.), es decir, que el programador no tiene que especificar la dirección de cada variable (Sanchis, Romero, & Ariño, 2010).

2.8 Interfaz de usuario Humano Máquina

Los periféricos más utilizados que son las unidades HMI (Human Machine Interface). Son unidades que disponen de un teclado y una pantalla (que puede ser bastante grande), o bien únicamente de una pantalla táctil. Se utilizan para mostrar al operador el estado del proceso y permitir la introducción de consignas (órdenes de marcha, de paro, cambio de parámetros de funcionamiento, etc.). Estas unidades contienen un procesador y una memoria no volátil en la que se programa la aplicación de interfaz con el usuario (Sanchis, Romero, & Ariño, 2010).

2.8.1 Funciones

Según Salichs (2012), un HMI permite entre otras funciones las siguientes:

- **Monitorización.**

Esta función permite obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos pueden ser números, texto o gráficos fáciles de interpretar.

- **Históricos.**

Esta función permite mostrar y almacenar datos del proceso industrial a una determinada frecuencia. Gracias a esta función los datos almacenados se analizarán con fines de optimización y corrección de procesos.

- **Alarmas.**

Esta función permite reconocer y reportar eventos fuera de serie dentro del proceso industrial. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control preestablecidos.

2.8.2 Servidor web

Es un software que se instala, corre, procesa y trabaja usando el modelo cliente servidor. Permite alquilar almacenamiento en servidores para alojar archivos, además se

encarga de remitir archivos por los protocolos HTTP y HTTPS hacia otra máquina que solicita información (Borges, 2018).

Según Borges (2018), a nivel de software existe diferentes servidores web para diferentes tipos de necesidades, entre los más conocidos tenemos:

- Apache
- Nginx
- LiteSpeed
- Microsoft IIS
- Lighttpd
- Caddy
- GWS
- Cherokee
- NodeJS
- Sun Java System Web Server

Capítulo iii

3. Desarrollo del tema

3.1 Introducción

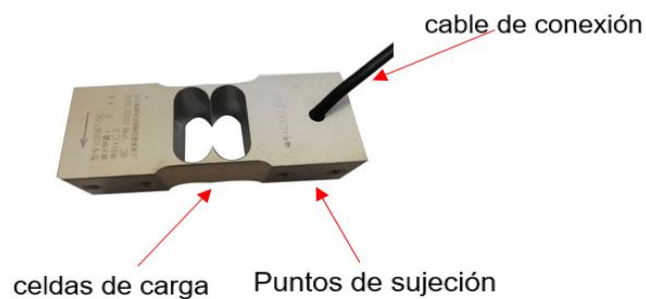
En este capítulo se detalla la implementación de un sistema de pesaje para controlar el peso de las fundas de granos antes de ser empacadas en pacas de 25. El proceso inicia cuando la funda se ubica en la estructura de la balanza, si el peso es 500g, la funda será dirigida a una banda transportadora mediante la activación de un pistón neumático. Si el peso no está dentro del rango permitido, un segundo pistón neumático forzará a la funda para que sea rechazada antes de que toque la banda transportadora. Adicionalmente, un HMI mostrará el peso de la funda, si está dentro del rango se enciende una luz indicadora de color verde, mientras que si está fuera de rango se encenderá una luz indicadora de color roja.

El proceso deberá incluir un paro de emergencia, luces indicadoras, una pantalla Touch Panel KTP700, un PLC S7-1200 y un módulo Siwarex WP231.

3.2 Selección de Hardware

3.2.1 *Sensor de pesaje CB-067 5K*

El rango máximo en el que trabajará el medidor de peso es de 4Kg, siendo el resultado del acople del platillo de la balanza con el sensor, más el producto empaquetado. Por tanto se seleccionó el sensor de pesaje especial CB-067 5K como se observa en la figura 8, es utilizado dentro de las balanzas multicabezal, y en la tabla 1 se describen las características técnicas.

Figura 25*Celda de Carga CB-067*

Nota. Celda de carga especial a 4 hilos. Tomado de (Sentel, 2018).

a. Características Técnicas**Tabla 1***Características técnicas de celda de carga CB-067*

Celda de Carga CB-067	
Características Principales	
Rango	5 kg.
Límite de sobrecarga	200% RC
Sensibilidad	2 mV/V \pm 0.2 mV/V
No linealidad	0.015% RO
Recuperación lenta	0.02% RO / 20 min
Voltaje de excitación recomendado	Por debajo de 12 V
Voltaje de excitación	20 V
Salida cero	\pm 0.1 mV / V
Impedancia de salida	420 Ω (+30,-20) Ω
Temperatura de funcionamiento	-10 $^{\circ}$ C ~ 50 $^{\circ}$ C

Celda de Carga CB-067

Cable	cp 3.2, 4 cable blindado de 40 cm
Nivel de protección	IP64
Vida fatigada	1000000 veces
Área de carga	400 mm* 400 mm

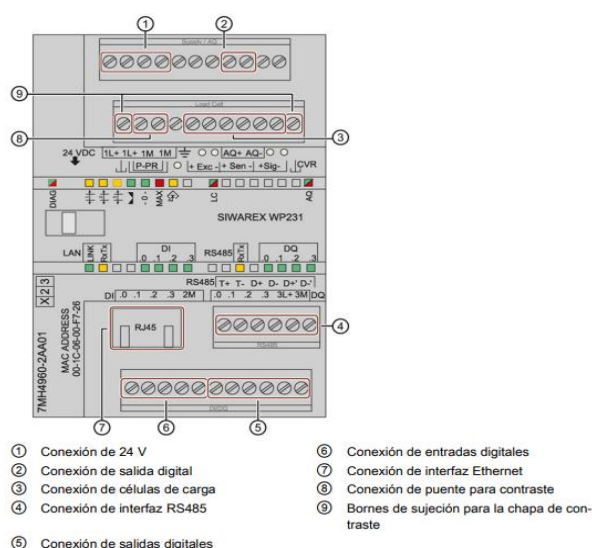
Nota. Esta tabla detalla las características eléctricas y mecánicas de las celdas de carga. Tomado de (Sentel, 2018).

3.2.2 Módulo de pesaje Siwarex WP231

El aspecto más importante al implementar el proyecto es la rapidez de pesaje del producto empaquetado, por tanto, se seleccionó el módulo electrónico de pesaje SIWAREX WP231, este dispositivo acondiciona la señal enviada desde la celda de carga, adicional permite conectarse al PLC Simatic S7-1200 y ofrece todas las prestaciones de un sistema de automatismo moderno.

Figura 26

Módulo electrónico de pesaje Siwarex WP231



Nota. En la imagen se muestra las conexiones del módulo Siwarex WP231. Tomado de (SIEMENS, 2020).

b. Características Técnicas

Tabla 2

Características técnicas del módulo de pesaje Siwarex WP231

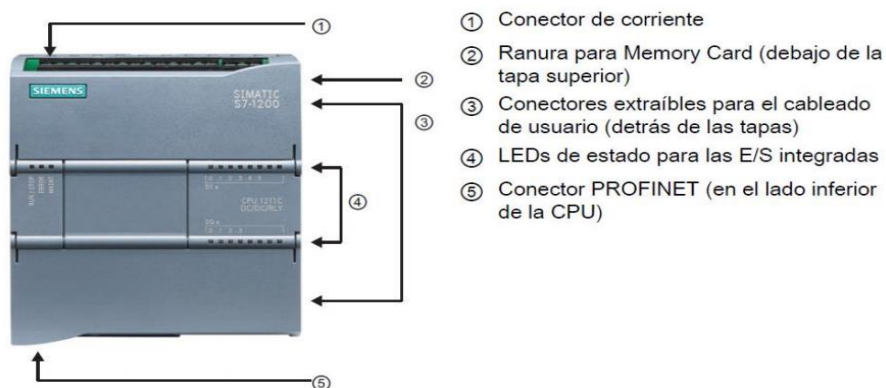
Modulo electrónico de pesaje Siwarex WP231	
Tensión nominal	24 V DC
Consumo máx.	200 mA @ 24 V DC
Consumo del bus de fondo S7-1200	Típ. 3 mA
Rango de medición	± 2 mV/V
Longitud de cable máxima caja de conexión	1000 m (3280 ft)
Rango de tensión en modo común	0...5 V
Protección contra cortocircuitos y sobrecarga	Si
Conexión	6 hilos 4 hilos

Nota. Tomada de (SIEMENS, 2019)

3.2.3 Controlador PLC Simatic S7-1200.

El dispositivo electrónico básico ahorra espacio gracias a su diseño especialmente compacto, utiliza dos entradas digitales, para el paro de emergencia y el sensor final de carrera, la red PROFINET es utilizada para la comunicación entre HMI y el PLC, y la conexión con el módulo Siwarex WP231 es a través de un bus de datos periféricos, todo esto ayuda a que el sistema sea eficiente y al momento de realizar todo el proceso el controlador SIMATIC S7-1200 haga el control del pesaje de la empaquetadora y así el producto final tenga el peso y características deseadas.

Figura 27
Vista Frontal de PLC S7-1200



Nota. Tomada de (Espino, 2019).

c. Características Técnicas

Tabla 3

Características técnicas del controlador PLC s7-1200

Controlador PLC S7-1200	
Designación de tipo de producto	CPU 1214 AC/DC/Relais
Paquete de programación	Step / V17 o superior
Tensión de alimentación	120-230 V AC
Alimentación de sensores	24 VDC
Entradas digitales	14 DI
Salidas digitales	10 Relé
Entradas analógicas	2 AI
Interfaz	Profinet
Grado de protección IP	20
Dimensiones	110*100*75

3.2.4 Touch panel KTP700.

Para implementar el HMI se seleccionó el dispositivo táctil KTP700, con teclas funcionales táctiles programables, a través de la red PROFINET se realiza la conexión entre el PLC y la pantalla táctil, con el programa TIA PORTAL se ejecuta las diferentes configuraciones y en WIN CC para obtener cuatro ventanas donde esta detallado los diferentes productos y pesos donde el usuario puede elegir y seleccionar de manera rápida el producto que será empaquetado.

Figura 28

Vista de Touch Panel KTP700



Nota. Tomada de (AUTOMATION 24, 2021).

d. Características Técnicas

Tabla 4

Datos técnicos de Touch panel KTP700.

Touch panel KTP700.	
Diseño	KTP700 BASICO
Tamaño de pantalla	7 pulgadas
Numero de teclas de función	8
Interfaces	PROFINET ETHERNET, USB
Tensión de alimentación	24 V CC
Rango de voltaje admisible	19.2 V a 28.8 V CC
Consumo actual	230 mA

Touch panel KTP700.	
Grado de protección	IP65
Software de configuración	STEP 7 BASIC, WINCC Basic (TIA PORTAL)

Nota. En esta tabla se detallan las características eléctricas y el software de programación de la Touch Panel KTP700. Tomada de (AUTOMATION 24, 2021).

3.3 Programación TIA portal

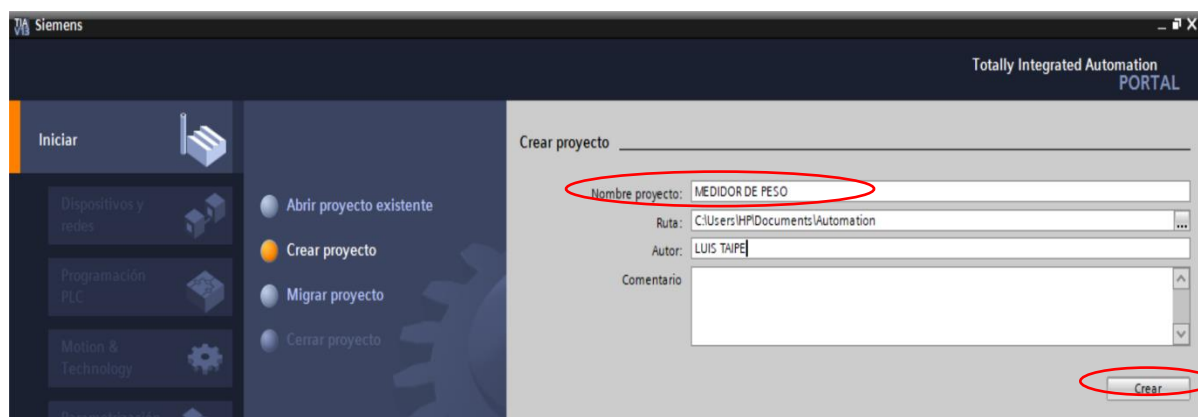
Para el desarrollo del programa se utilizó TIA Portal V13 SP1, puesto que, el firmware del módulo de pesaje Siwarex WP231 es compatible con esta versión.

3.3.1 Creación de nuevo proyecto en software TIA portal

Una vez abierto el software TIA portal V13, se asigna un nombre al proyecto nuevo y clic en crear como se observa en la figura 29.

Figura 29

Creación de nuevo proyecto TIA portal v13



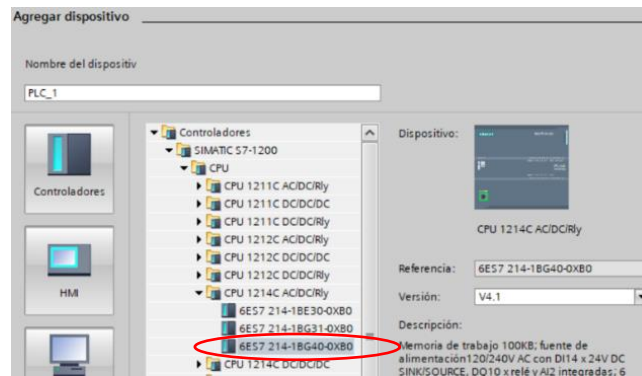
Nota. En esta ventana se pone el nombre del proyecto y la ruta donde se guarda el proyecto.

3.3.2 Agregar dispositivos en el proyecto

Para agregar un dispositivo se selecciona “agregar dispositivos”, luego clic en “controladores” donde se desplazan las versiones de controladores (PLC), a continuación,

SIMATIC S7-1200 se asigna en la “CPU 1214C AC/DC/Rly” con la referencia “6ES7 214-1BG40-0XB0” como se muestra en la figura 30.

Figura 30
Agregar dispositivo (PLC) al proyecto

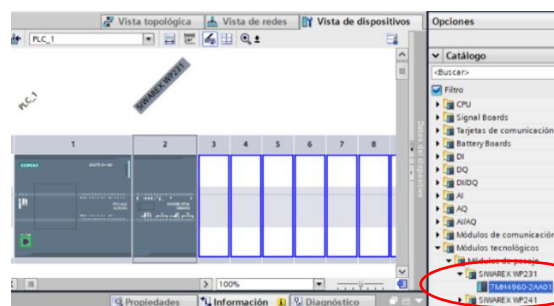


Nota. Seleccionamos el controlador PLC S7-1200 verificando las características técnicas.

3.3.3 Agregar módulo de pesaje al proyecto

Para agregar el módulo electrónico de pesaje se elige la opción “catálogo de software”, se selecciona en “módulos tecnológicos”, a continuación, “módulos de pesaje” seguidamente en “Siwarex WP231” con referencia “7MH4960-2AA01” se selecciona y arrastra hasta la ventana “vista de dispositivos” como se observa en la figura 31.

Figura 31
Selección del módulo electrónico de pesaje Siwarex WP231



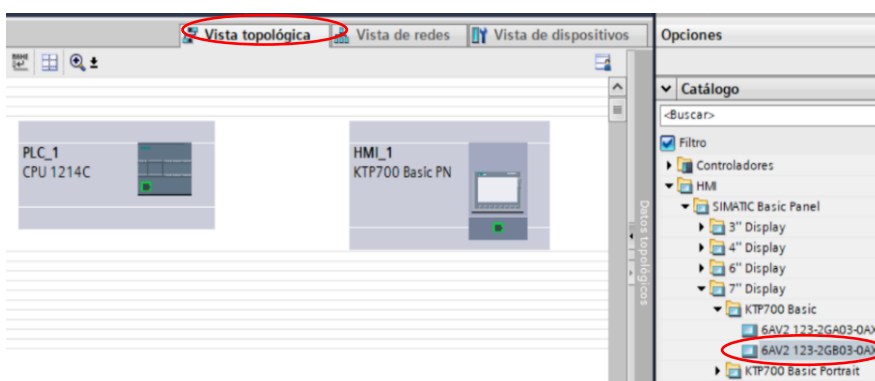
Nota. El módulo de pesaje se integra junto al PLC S7-1200 en la vista de dispositivos.

3.3.4 Agregar Touch Panel KTP700

Una vez agregado de módulo de pesaje Siwarex WP231, dar clic en “vista topológica” para agregar la HMI KTP700, seleccionar en HMI, luego en “Simatic Basic Panel”, a continuación 7” Display, seguidamente en “KTP700 Basic” con referencia “6AV2 123-2GB03-0AX0”, seleccionar y arrastrar hasta la ventana “vista Topológica” como se muestra en la figura 32.

Figura 32

Selección de HMI KTP700

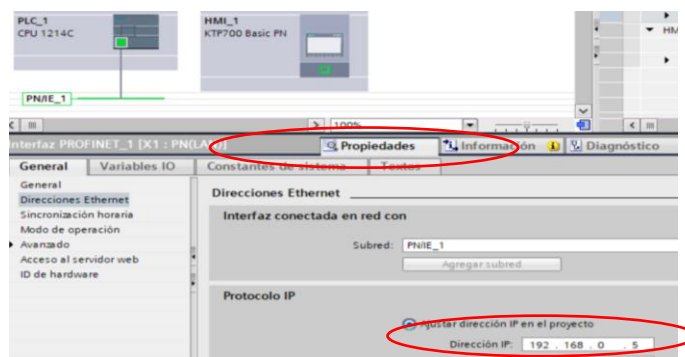


Nota. Vista topológica del proyecto agregados el PLC S7-1200 y la Simatic Touch Panel KTP700.

3.3.5 Asignación de dirección IP a los dispositivos

Para la asignación de dirección IP asignar el PLC, dar clic en “propiedades” luego en “general”, a continuación, en “Direcciones Ethernet”, seleccionar en “Interfaz conectada en red con” y se agrega subred PN/IE_1, para finalizar, en “Protocolo IP” cambiar la dirección IP del PLC como se observa en la figura 33.

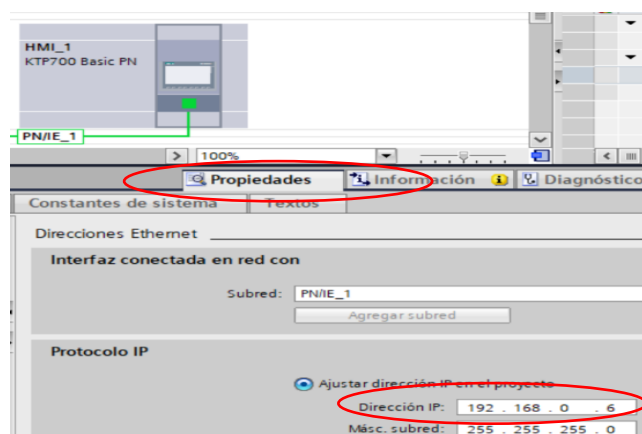
Figura 33
Asignación de dirección IP para PLC S7-1200



Nota. Asignación de la dirección IP del controlador

Una vez cambiado la IP del PLC conectamos la subred PN/IE_1 del PLC con el HMI y el procedimiento para cambiar la IP del MHI es similar al PLC como se observa en la figura 34.

Figura 34
Asignación de dirección IP para HMI KTP700



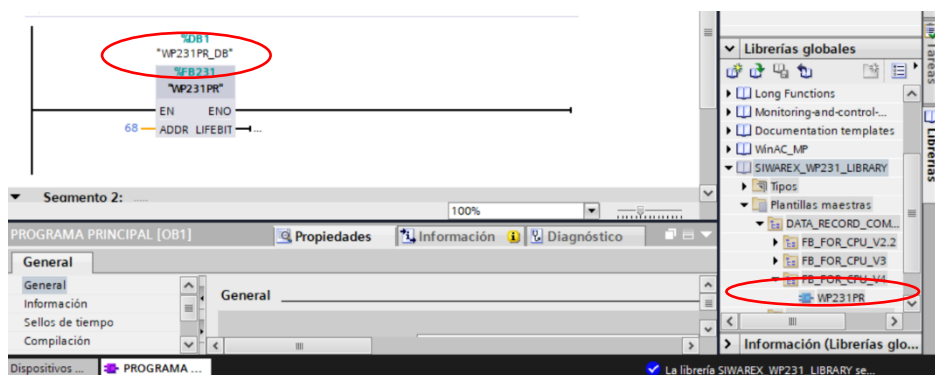
Nota. Esta imagen muestra cómo se cambió de la dirección IP de la Touch panel HMI.

3.3.6 Configuración de módulo Siwarex WP231

El módulo Siwarex requiere de una librería especial para la comunicación, el mismo se encuentra en el soporte técnico de la página de Siemens. Una vez descargada se debe cargar en librerías globales del proyecto de TIA Portal como se muestra en la

figura 35, a continuación, arrastramos el DB del módulo hasta el segmento 1 del bloque de programa.

Figura 35
Apertura de la librería de módulo Siwaxex



Nota. Bloque de datos de la librería del módulo de pesaje Siwaxex WP231.

a. Configuración de parámetros del módulo de pesaje Siwaxex

WP231

Para la configuración de los parámetros se observa en el manual de usuario del módulo electrónico de pesaje Siwaxex WP231. A continuación, se citan los datos más relevantes del módulo de pesaje para la configuración.

El DB de instancia generado (en este caso DB231) incluye todos los registros del WP231 y todos los parámetros necesarios para el intercambio de datos entre la CPU y el módulo de pesaje (Siemens, 2020).

La lectura y escritura de registros se realiza mediante códigos de comandos especiales que pueden ser depositados dentro del DB de instancia con tres buzones de comandos que se tratan según su prioridad (Siemens, 2020).

Figura 36
Buzones de comando

11	[-] [v]	s_CMD1	Struct	456.0	
12	[-]	i_CMD_CODE	Int	0.0	0
13	[-]	bo_CMD_TRIGGER	Bool	2.0	false
14	[-]	bo_CMD_InProgress	Bool	2.1	false
15	[-]	bo_CMD_FinishedOK	Bool	2.2	false
16	[-]	bo_CMD_FinishedError	Bool	2.3	false
17	[-] [v]	s_CMD2	Struct	460.0	
18	[-]	i_CMD_CODE	Int	0.0	0
19	[-]	bo_CMD_TRIGGER	Bool	2.0	false
20	[-]	bo_CMD_InProgress	Bool	2.1	false
21	[-]	bo_CMD_FinishedOK	Bool	2.2	false
22	[-]	bo_CMD_FinishedError	Bool	2.3	false
23	[-] [v]	s_CMD3	Struct	464.0	
24	[-]	i_CMD_CODE	Int	0.0	0
25	[-]	bo_CMD_TRIGGER	Bool	2.0	false
26	[-]	bo_CMD_InProgress	Bool	2.1	false
27	[-]	bo_CMD_FinishedOK	Bool	2.2	false
28	[-]	bo_CMD_FinishedError	Bool	2.3	false

Nota. Tomado de (Siemens, 2020).

Tal y como se ve en el gráfico, un buzón de comandos se compone siempre de un código de comando (Int) y cuatro bits (Bool). El envío de un comando se realiza introduciendo el código de comando deseado en el parámetro "i_CMD_CODE" y activando el disparador de comandos correspondiente "bo_CMD_TRIGGER".

Para leer juegos de datos del SIWAREX en el bloque de datos es válida la fórmula siguiente para generar un código de comando adecuado:

$$\text{Código de comando} = 2000 + X \quad (X = \text{número de juego de datos deseado})$$

Para escribir juegos de datos del bloque de datos a SIWAREX es válida la fórmula siguiente para generar un código de comando adecuado:

$$\text{Código de comando} = 4000 + X \quad (X = \text{número de juego de datos deseado}).$$

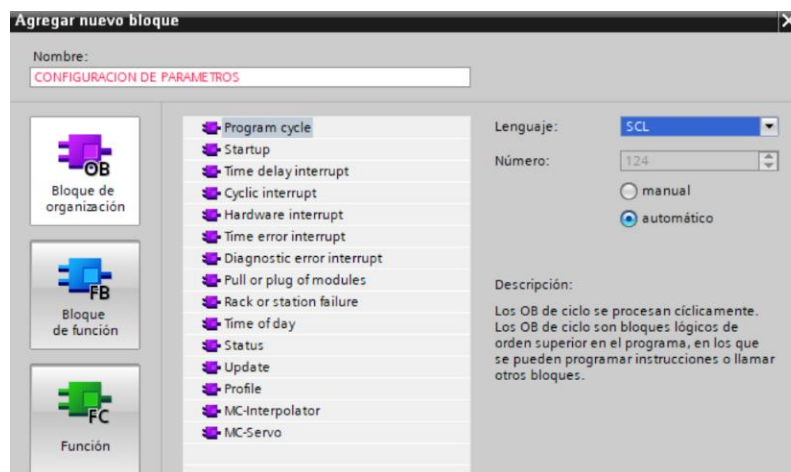
b. Procedimiento para el cambio de parámetros del módulo de pesaje

Para la configuración de los parámetros del módulo con la secuencia de calibración sin pesos se realiza los siguientes pasos:

- Agregamos un nuevo bloque de programa con tipo de lenguaje SCL como se muestra en la figura 37.

Figura 37

Bloque de programa de lenguaje de programación SCL



- Una vez creado el nuevo bloque, se realiza la programación para activar el modo de servicio del módulo de pesaje Siwarex enviando el código 1 y activando el disparador, esto permite enviar códigos para leer o escribir juego de datos en el módulo.
- Lectura del registro DR03 (Parámetros de calibración) con el código 2003, en este parámetro se editará la resolución, los decimales de la variable del proceso, y la frecuencia del filtro pasabajo.
- Para guardar los cambios se envía el código 4003, el cual escribe en los parámetros los valores indicados.
- Lectura de DR10 “Parámetros de la celda de carga” con el código 2010, donde se especifica la ganancia de la celda de carga y el número de puntos de apoyo.
- Para guardar los cambios realizamos la escritura del registro con el código 4010.
- Luego se envía el comando 82 para “calibración automática”.

- Se envía el código 60 para poner a cero la señal de proceso
- Se envía el código 2 para desactivar el “modo servicio. Los pasos descritos anteriormente se pueden apreciar en la figura 38.

Figura 38
Configuración de parámetros del módulo Siwarex

```

1 // PUESTA EN SERVICIO DE MOLULO SIWZREX WP231
2 "WP231PR_DB".s_CMD1.i_CMD_CODE := 1;
3 "WP231PR_DB".s_CMD1.bo_CMD_TRIGGER := TRUE;
4 // LECTURA DE REGISTRO DR03
5 "WP231PR_DB".s_CMD1.i_CMD_CODE := 2003;
6 "WP231PR_DB".s_CMD1.bo_CMD_TRIGGER := TRUE;
7 // MODIFICACION DE PARAMETROS DEL REGISTRO DR03
8 "WP231PR_DB".DR03.RESOLUTION_D := 0.001;
9 "WP231PR_DB".DR03.DEC_POINT_PROC_VAL := 3;
10 "WP231PR_DB".DR03.FREQ_LOW_PASS_I := 16;
11 // ESCRITURA EN REGISTRO DR03
12 "WP231PR_DB".s_CMD1.i_CMD_CODE := 4003;
13 "WP231PR_DB".s_CMD1.bo_CMD_TRIGGER := TRUE;
14 // LECTURA DE REGISTRO DR10
15 "WP231PR_DB".s_CMD1.i_CMD_CODE := 2010;
16 "WP231PR_DB".s_CMD1.bo_CMD_TRIGGER := TRUE;
17 // MODIFICACION DE PARAMETROS DEL REGISTRO DR10
18 "WP231PR_DB".DR10.NO_OF_LOAD_CELLS := 2;
19 "WP231PR_DB".DR10.GAIN_LOAD_CELL := 2;
20 // ESCRITURA EN REGISTRO DR10
21 "WP231PR_DB".s_CMD1.i_CMD_CODE := 4010;
22 "WP231PR_DB".s_CMD1.bo_CMD_TRIGGER := TRUE;
23 //CALIBRACION AUTOMATICA "REQUISITO PREVIO PESO VACIO"
24 "WP231PR_DB".s_CMD1.i_CMD_CODE := 82;
25 "WP231PR_DB".s_CMD1.bo_CMD_TRIGGER := TRUE;
26 //ENCERADO
27 "WP231PR_DB".s_CMD1.i_CMD_CODE := 60;
28 "WP231PR_DB".s_CMD1.bo_CMD_TRIGGER := TRUE;
29 // APAGADO DE PUESTA EN SERVICIO
30 "WP231PR_DB".s_CMD1.i_CMD_CODE := 2;
31 "WP231PR_DB".s_CMD1.bo_CMD_TRIGGER := TRUE;

```

Nota. Comandos y la secuencia para la calibración de parámetros del módulo de pesaje Siwarex WP231.

3.3.7 Desarrollo del programa en el software Tia Portal

Una vez creado el nuevo proyecto y configurado los parámetros del módulo Siwarex se realiza el programa principal.

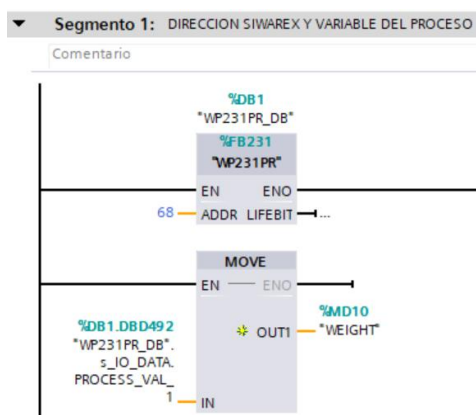
a. Programación de controlador PLC S7-1200

• Segmento 1

Se agrega la dirección del módulo de pesaje Siwarex WP231, a través de la función “MOVE” en la entrada se llama al módulo y se le asigna una memoria del PLC S7-1200 como se muestra en la figura 39.

Figura 39

Programación del primer segmento



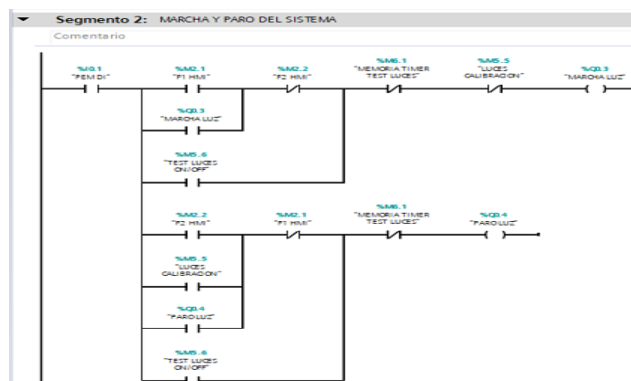
Nota. Esta imagen representa las instrucciones para mover la variable del peso del módulo de pesaje a una variable del PLC.

- **Segmento 2**

Se realiza la marcha y paro del sistema con las teclas de la Touch Panel F1 y F2 marcha y paro respectivamente, activando la salida Q0.0 (marcha) o Q0.1 (paro) como se muestra en la figura 40.

Figura 40

Creación del segundo segmento



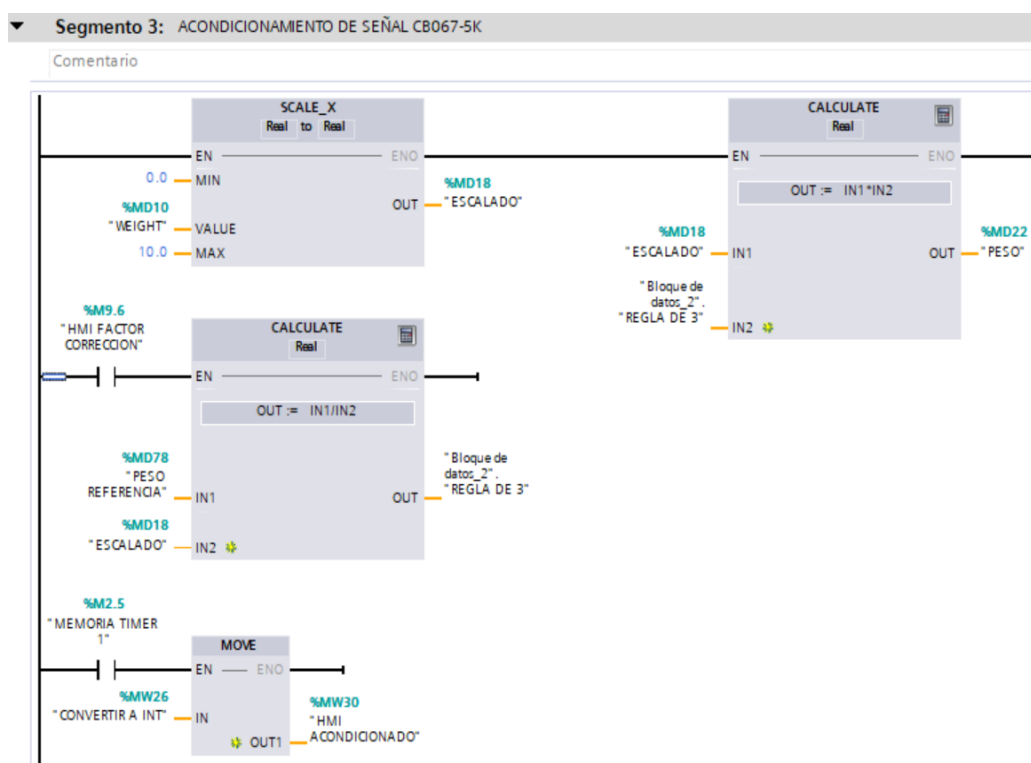
Nota. Esta imagen muestra las condiciones del segmento 2 para marcha y paro del sistema.

- **Segmento 3**

Se compara el acondicionamiento de la señal, con la instrucción “SCALE_X” se configura la señal en el rango 0 a 10V, con la instrucción “CALCULATE” se realiza las operaciones pertinentes para que a través de la marca MD18 y el factor de corrección, se obtenga el peso exacto como se observa en la figura 41.

Figura 41

Instrucciones para acondicionamiento de señal



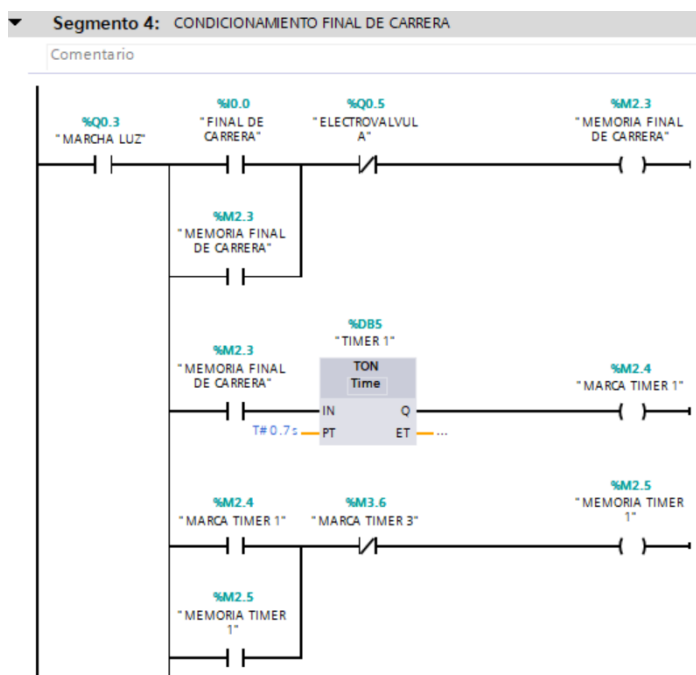
Nota. Esta imagen indica el acondicionamiento de la señal del peso y la memoria donde se mueve el peso que se mostrara en el HMI.

- **Segmento 4**

Se acondiciona el sensor final de carrera, la memoria “M2.3” activa un temporizador “ON_DELAY” que cuenta 0.7 segundos, este tiempo es el que tarda el

módulo de pesaje en tener la lectura de peso y la memoria “MW30” se utiliza para mostrar este valor en el HMI como se observa en la figura 42.

Figura 42
Acondicionamiento de final de carrera



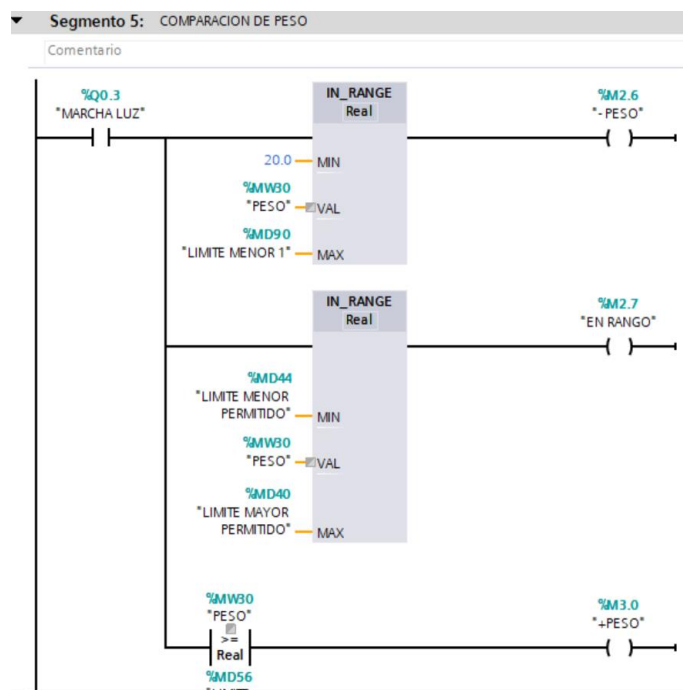
Nota. Acondicionado del final de carrera y el tiempo para la lectura del peso del producto.

- **Segmento 5**

Se realiza la comparación del peso con la función “IN_RANGE” el cual se activa cuando el valor está dentro de los valores “MIN y MAX”, los valores para los limites min y máx. de las instrucciones “IN_RANGE”, se mueven de forma automática a las memorias al seleccionar el producto en la HMI ya sean productos de 500, 200, 250, 1000g como se muestra en la figura 43.

Figura 43

Segmento para comparación de pesos



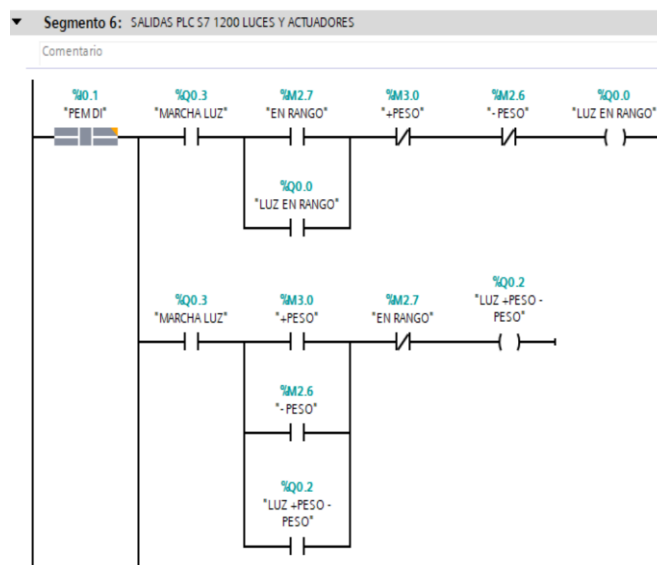
Nota. Esta imagen muestra las funciones “IN_RANGE” que comparan el valor de peso con los límites “MIN y MAX”.

- **Segmento 6**

Se activan las salidas del PLC, se asignan luces indicadoras y una electroválvula para accionamiento de pistón expulsador, la salida “Q0.0” (Luz verde) se activa cuando el producto está dentro del rango, la salida “Q0.2” (luz roja) se activa cuando el peso del producto está fuera del límite, la salida “Q0.5” (electroválvula) figura 45 acciona el pistón expulsador que mueve el producto hacia la banda transportadora, en el HMI se muestra los valores y luces indicadoras del producto dentro o fuera de rango como se muestra en la figura 44.

Figura 44

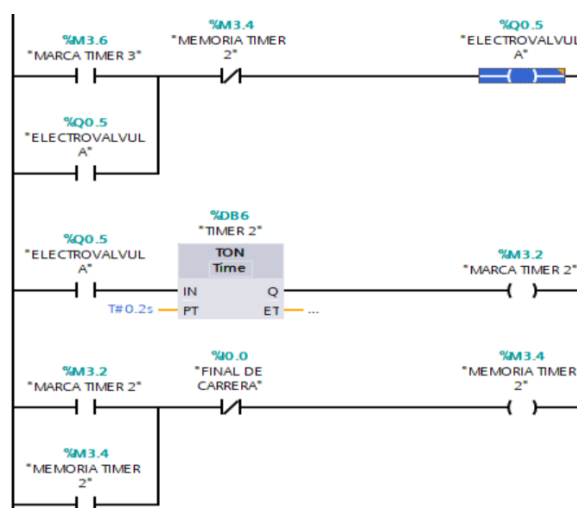
Salidas digitales del PLC



Nota. En esta imagen se muestra las condiciones para la activación de las salidas digitales del PLC que encenderán luces indicadoras para observar si el peso está dentro o fuera del rango.

Figura 45

Salidas digitales del PLC



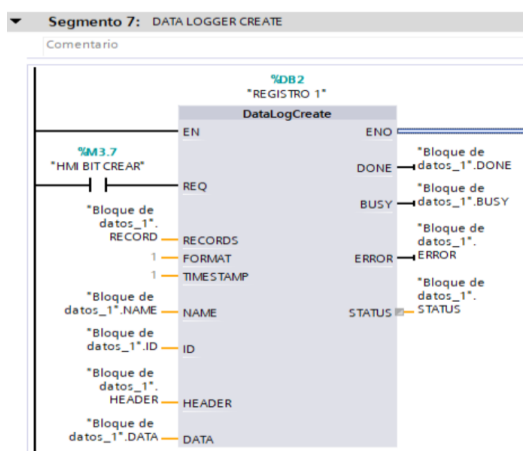
Nota. Condiciones para activar la salida digital del PLC para el control de la electroválvula.

- **Segmento 7**

Se crea un “DATA LOG” para el registro de datos del peso de producto enfundado como se muestra en la figura 46, para la parametrización de la instrucción “DATA LOG” se determina un “DATA BLOCK” donde se definen los parámetros y los tipos de datos como se observa en la figura 47.

Figura 46

Desarrollo de “DATA LOG”



Nota. En esta imagen se muestra la instrucción “DATA LOG” para el registro de pesos de producto con sus respectivos parámetros

Figura 47

Desarrollo de bloque de datos y parámetros para el “DATA LOG”.

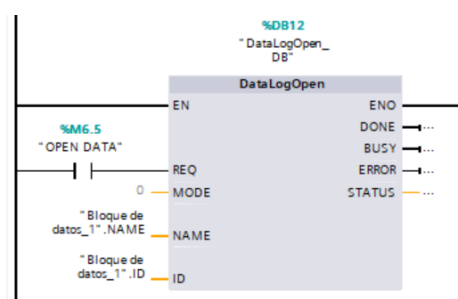
Bloque de datos_1									
	Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Visible en ..	Valor de a..	Comentari	
1	Static								
2	RECORD	UDInt	11000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
3	NAME	String	''	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
4	ID	DWord	16#0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
5	HEADER	String	'PESO'	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
6	DATA	Struct		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
7	DONE	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
8	BUSY	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
9	ERROR	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
10	STATUS	DWord	16#0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Nota. En esta imagen se muestra los valores de los parámetros para el “DATA LOG”.

En caso de desconexión del tablero de control el registro del “DATA LOG” se cierra, con la instrucción “DATA LOG OPEN” se abre el registro que se desea seguir editando como se muestra en la figura 48.

Figura 48

Instrucción “OPEN DATA LOG”



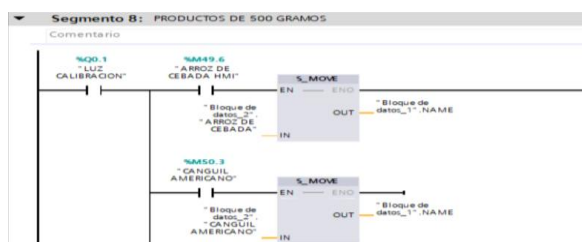
Nota. Esta imagen muestra la función data log open que permite abrir el registro con el que se trabajara.

- **Segmento 8**

Con la función “S_MOVE” se establece el nombre del producto, en el HMI se crean botones con el nombre del producto, los que se asocian a las variables del PLC, las marcas se activan cuando se selecciona un producto y con la instrucción “S_MOVE” movemos el nombre a los parámetros del “DATA LOG” como se muestra en la figura 49.

Figura 49

Instrucciones MOVE para nombre de registro

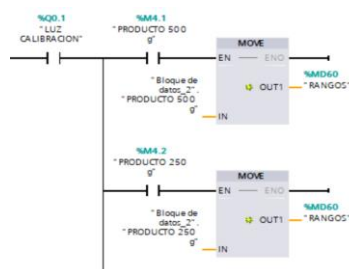


Nota. En esta imagen se muestra el cambio de nombre de producto con la instrucción “MOVE”.

A través de la función “MOVE” se especifica el peso del producto a empaclar como se muestra en la figura 50.

Figura 50

Instrucciones “MOVE” para mover el peso de producto



Se crean instrucciones para establecer el nombre de registro desde el HMI, para ello se realiza un nuevo data block donde se colocan los productos, rangos y tara como se muestra en la figura 51.

Figura 51

Bloque de datos con nombre peso y tara de productos

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Remanen	Accesible d...	Visible en	Valor de a...	Comentario
1	Static						
2	ARROZ DE CEBADA	'ArrozCebada'					
3	AVENA VERDE	'AvenaVerde'					
4	AVENA LA FRADERA	'AvenaLaFradera'					
5	CANGUL AMERICANO	'CangulAmeric...					
6	CEBADA PERLADA	'CebadaPerlada'					
7	CEBADA PERL. PART.	'CebadaPerlada...					
8	CHULPI	'Chulpi'					
9	FREJOL BLANCO	'FrejolBlanco'					
10	FREJOL CANARIO	'FrejolCanario'					
11	FREJOL NEGRO	'FrejolNegro'					
12	FREJOL PANAMTO	'FrejolPanamita'					
13	FREJOL ROJO	'FrejolRojo'					
14	GARBANZO	'Garbanzo'					
15	LENTEJA	'Lenteja'					
16	MAIZ	'Maiz'					
17	MAHÍ	'Mahi'					
18	MOROCHO PART. FINO	'MorochoSpartF...					
19	MOROCHO PARTIDO	'MorochoSpartido'					
20	MOROCHO TALLADO	'MorochoSpartido'					
21	MOTE ESPECIAL	'MoteEspecial'					
22	POLETA	'Poleta'					
23	QUINUA	'Quinua'					
24	GRANOS DE SOYA	'GranosdeSoya'					
25	TRIGO DE OLIMPE	'TrigoDeOlimpe'					
26	ARROZ DE CEBADA 25...	'ArrozCebada25...					
27	AVENA LA FRADERA 2...	'AvenaFradera2...					
28	MOROCHO PARTIDO 2...	'MorochoSpartido...					
29	QUINUA 250g	'Quinua250g'					
30	FREJOL ROJO 200 g	'FrejolRojo200g'					
31	LENTEJA 200 g	'Lenteja200g'					
32	CANGUL 80 g	'Cangul80g'					
33	LENTEJA 1000 g	'Lenteja1000g'					
34	CANGUL 25 g	'Cangul25g'					
35	PRODUCTO 500 g	500.0					
36	PRODUCTO 250 g	250.0					
37	PRODUCTO 200 g	200.0					
38	PRODUCTO 80 g	80.0					
39	PRODUCTO 1000 g	1000.0					
40	PRODUCTO 25 g	25.0					
41	TARA 500 g	1.1					
42	TARA 250 g	1.1					
43	TARA 200 g	1.1					
44	TARA 80 g	1.1					
45	TARA 1000 g	1.1					
46	TARA 25 g	1.1					
47	FACTOR CORRECCION	0.0					
48	TARA AVENA	1.1					

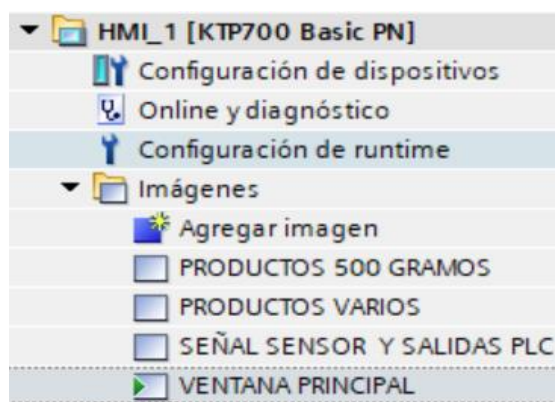
3.3.8 Programación de interfaz HMI en el software TIA Portal

En el software TIA portal Wincc se programó un HMI con elementos como luces indicadoras, campo, botones, satisfaciendo las necesidades del operador, para la visualización del peso y configuración de los diferentes parámetros.

En la programación se creó 4 ventanas: ventana principal, producto de 500 gramos, productos de varios pesos y señal de sensor y salida de PLC como se muestra en la figura 52.

Figura 52

Programación de imágenes para el HMI



En la ventana principal se crearon campos con nombre del producto, peso en gramos de producto, también se agregó luces indicadoras para visualizar cuando el producto está en el rango y de igual manera cuando se ha salido del rango como se observa en la figura 53.

Figura 53

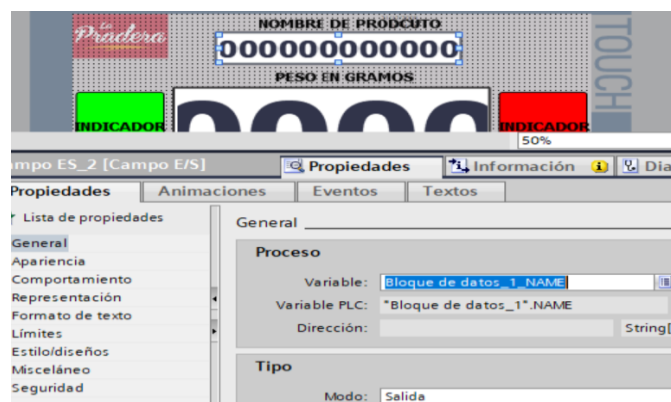
Ventana principal de HMI



Para el campo de nombre de producto se crea un elemento tipo Campo E/S como se muestra en la figura 54.

Figura 54

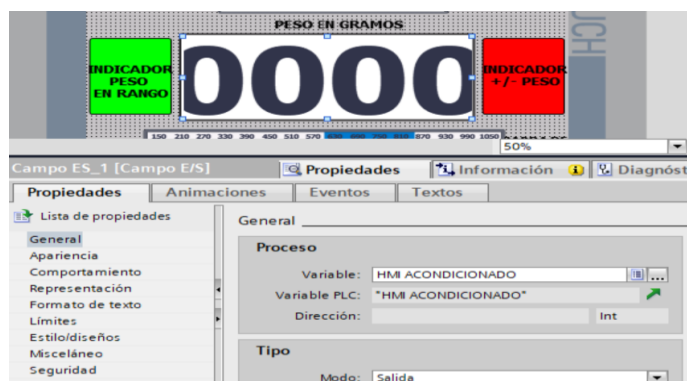
Direccionamiento del campo E/S con la variable



Para programar el Campo E/S donde se mostrará los pesos del producto se selecciona y se cambia la variable de HMI como se observa en la figura 55.

Figura 55

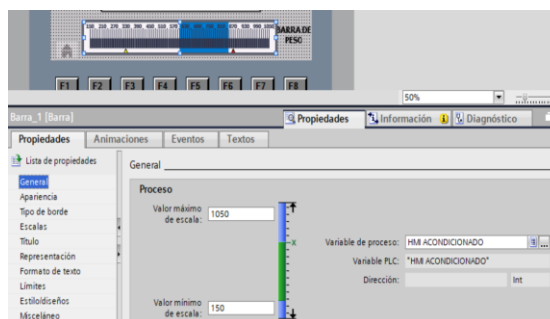
Asignación de variable al indicador de peso



En la barra de peso se selecciona la misma variable que el indicador de peso, adicional se programa el valor mínimo y máximo de la escala como se muestra en la figura 56.

Figura 56

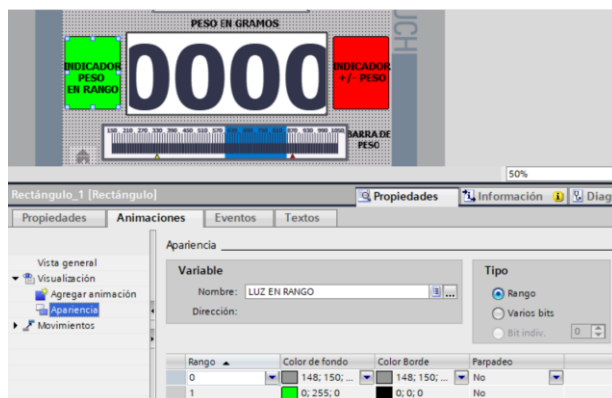
Asignación de variable a la barra de peso



Para las luces indicadoras se visualiza el color de la luz, cuando la variable se activa o es igual a 1 lógico la luz cambia de gris a verde o en caso contrario la luz es gris como se observa en la figura 57.

Figura 57

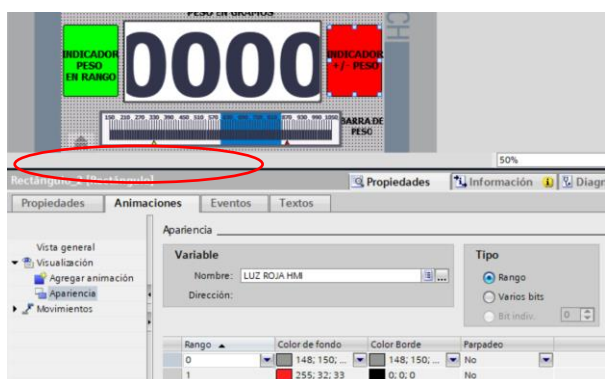
Programación de luz indicadora de peso en rango



Para la luz indicadora de +/- peso se selecciona la variable con la que trabaja, y se selecciona una apariencia de color rojo como se muestra en la figura 58.

Figura 58

Programación de luz indicadora de +/-peso



Las teclas de función del HMI se designaron de la siguiente manera:

F1 = Puesta en marcha del sistema.

F2 = Paro del sistema.

F3 = Navegación entre ventanas para selección de producto de 500 gr.

F4 = Navegación entre ventanas para selección de producto de 80/200/250/1000 gr.

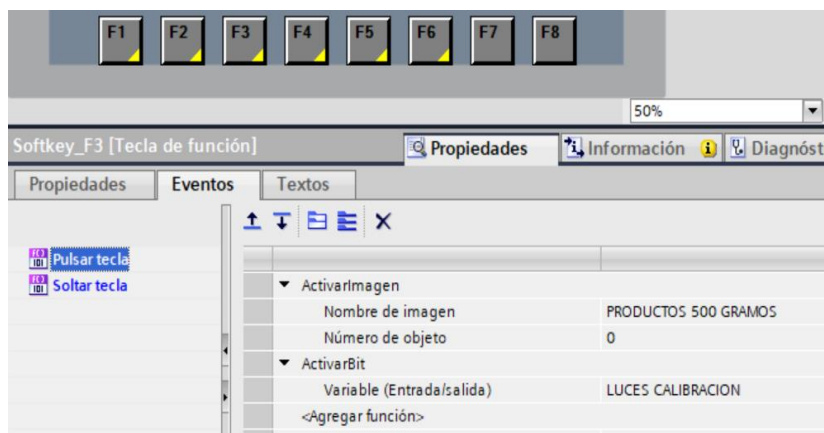
F5 = Navegación entre ventanas para calibración de peso y accionamiento de salidas de PLC.

F6 = Encerar señal de proceso.

Para la programación de la tecla de función F3, se selecciona en propiedades, se agrega la función tecla activar imagen, en el nombre de imagen se indica la ventana que se desea ir como se muestra en la figura 59. Este procedimiento se realiza con las teclas de función F4 y F5.

Figura 59

Programación de tecla de función para navegación entre ventanas



En la ventana de productos de 500 gramos se crean botones con el nombre de los productos como se observa en la figura 60.

Figura 60

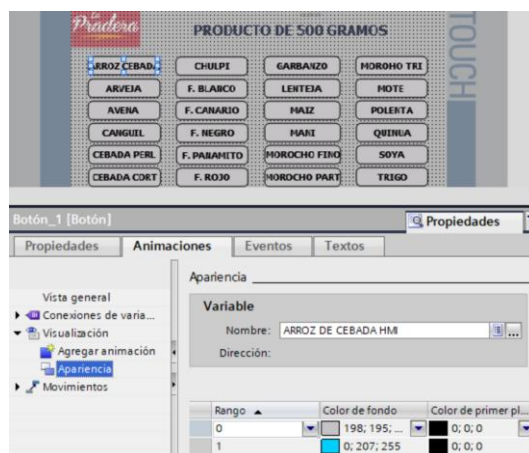
Ventana de productos de 500 gramos



Para programación de los botones, se selecciona el botón luego en propiedades, a continuación, en animaciones se elige la variable y color del botón como se observa en la figura 61.

Figura 61

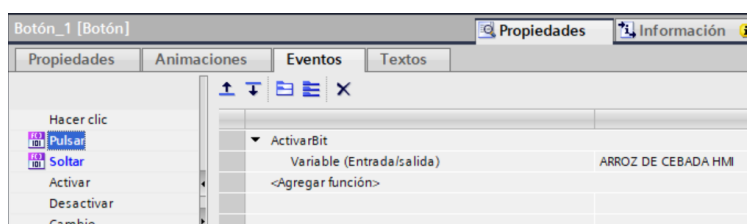
Programación de apariencia de los botones de producto



En eventos del botón se activa el bit 'para mover el nombre del producto al "DATA LOG" como se muestra en la figura 62.

Figura 62

Programación de evento del botón

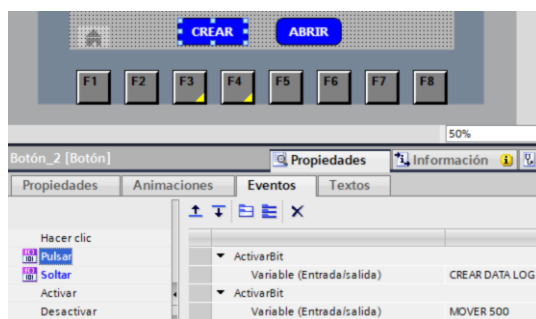


El botón "crear" activa una marca que ejecuta la instrucción para crear el "DATA LOG", también activa una marca para ejecutar la instrucción "MOVE" que permite mover el rango para comparar los pesos.

Una vez agregado el botón crear, se programa la apariencia del botón y la variable, además se establece los eventos del botón como se muestra en la figura 63.

Figura 63

Programación de botón crear



En la ventana varios productos se muestra los diferentes tipos de peso de los productos como se indica en la figura 64.

Figura 64

Ventana de varios productos



En la ventana de señal de sensor y salidas digitales en el primer cuadro RANGO se observa el límite mínimo y máximo del producto enfundado, este rango se puede cambiar de forma manual según el usuario lo requiera. En el cuadro CALIBRACIÓN se observa la señal del sensor el peso neto y el peso de referencia, que permite calibrar el peso. En el tercer cuadro se activa el rechazador para los productos que no están en el rango. En el cuadro de ACCIONAMIENTO MANUAL DE SALIDAS DEL PLC se realizara un test para comprobar el funcionamiento de las salidas del PLC como se observa en la figura 65.

Figura 65

Ventana de calibración y salidas de PLC



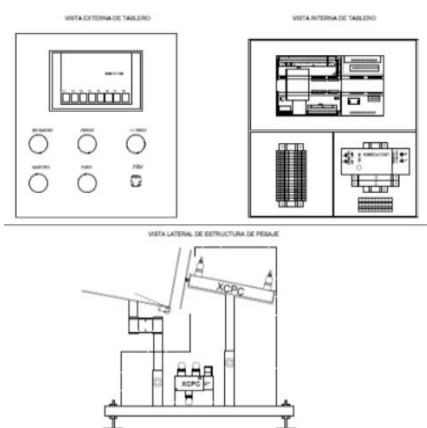
3.4 Desarrollo de estructura

3.4.1 Tablero de control

Se realiza el diseño del tablero y un listado de materiales. El diseño se realizó en el software AutoCAD con las características respectivas de cada dispositivo como se muestra en las siguientes figuras:

Figura 66

Diseño de tablero y estructura de pesaje

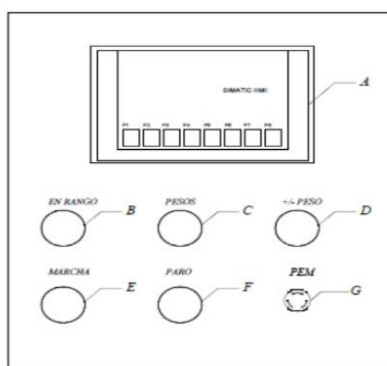


Nota. Vista del tablero de control parte interna y externa y la estructura de pesaje.

Figura 67

Diseño del tablero de control

VISTA EXTERNA DE TABLERO



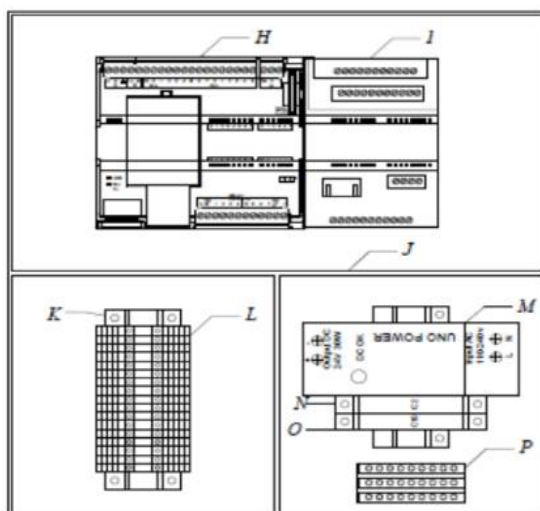
Item	Cantidad	Descripción	Marca	Modelo
A	1	Simatic Panel Touch	Siemens	6AV2 123-2GB03-0AX0
B	1	Luz Piloto(Rojo)	Siemens	3SU1401-1BC20-1AA0
C	1	Luz Piloto(Verde)	Siemens	3SU1401-1BC20-1AA1
D	1	Luz Piloto(Naranja)	Siemens	3SU1401-1BC20-1AA2
E	1	Luz Piloto(Verde)	Siemens	3SU1401-1BC20-1AA2
F	1	Luz Piloto(Rojo)	Siemens	3SU1401-1BC20-1AA3
G	1	Paro de emergencia	Siemens	3SU1400-1AA10-1CA0

Nota. Vista externa del tablero de control y descripción de materiales.

Figura 68

Diseño del tablero de control

VISTA INTERNA DE TABLERO



Item	Cantidad	Descripción	Marca	Modelo
H	1	PLC S7-1200	Siemens	6ES7-214-1BG40-0XB0
I	1	Modulo electronico de pesaje	Siemens	7MH4960-2AA01
J	1	Canaleta	Schneider	40*20
K	5	Seguros par neidin	Schneider	S/N
L	19	bomeras de paso	Schneider	S/N
M	1	Breaker	Siemens	C10
N	1	Breaker	Siemens	C2
O	1	Uno power	Phoenix	UNOPS/1AC/24DC
P	1	Barra de distribución	EBCHQ	S/N

Nota. Vista interna de tablero de control y descripción de materiales.

Figura 69

Diseño de estructura de pesaje



Nota. Vista lateral de la estructura de pesaje y descripción de materiales.

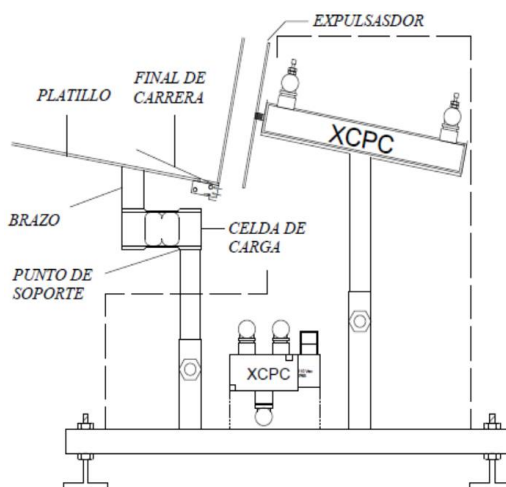
3.4.2 Diseño de estructura y acople de sensor

Para el diseño de la estructura nos guiamos en un video tomado de (MDGroup Conosur, 2020), donde se observa un ejemplo de procesos de pesaje automatizado.

El diseño de la estructura se observa en la figura 70, la celda de carga varía la señal eléctrica dependiendo de la fuerza aplicada en uno de sus extremos mientras el otro permanece fijo, para ello se necesita de un punto de soporte donde se acopla un extremo de la celda de carga, el platillo se diseñó para que el producto caiga verticalmente evitando hacer contacto con cualquier objeto externo, ya que genera una lectura errónea del peso, adicional el producto empaquetado cae sobre el final de carrera, el cual da la señal al PLC y a partir de ello se ejecutan las condiciones del programa.

Figura 70

Diseño de estructura de pesaje



Nota. Diseño de la estructura y acople de la celda de carga con el platillo, la estructura recibe el producto mide el peso y con el pistón expulsador mover el producto empacado del platillo hacia la banda transportadora.

3.4.3 Acople de la celda de carga y final de carrera

Para el correcto acople de la celda de carga se debe fijar uno de los extremos a un punto fijo y en el otro colocar la estructura del platillo donde caerá el producto, además se coloca el final de carrera en la base del platillo como se muestra en la figura 70.

3.4.4 Acople de la estructura y pistón expulsador

El acople de la estructura del expulsador se debe realizar a una distancia determinada del platillo, ya que al hacer contacto con la funda del producto empacado con un peso externo el valor será erróneo, además debe encajar con la estructura del platillo de manera que no haya contacto al expulsar el producto del platillo como se muestra en la figura 70.

3.4.5 *Conexión y cableado de tablero de control*

El tablero de control se alimenta con 110 VAC, para la conexión del tablero se guía de acuerdo al color de los cables.

Tabla 5

Colores de cable para conexión

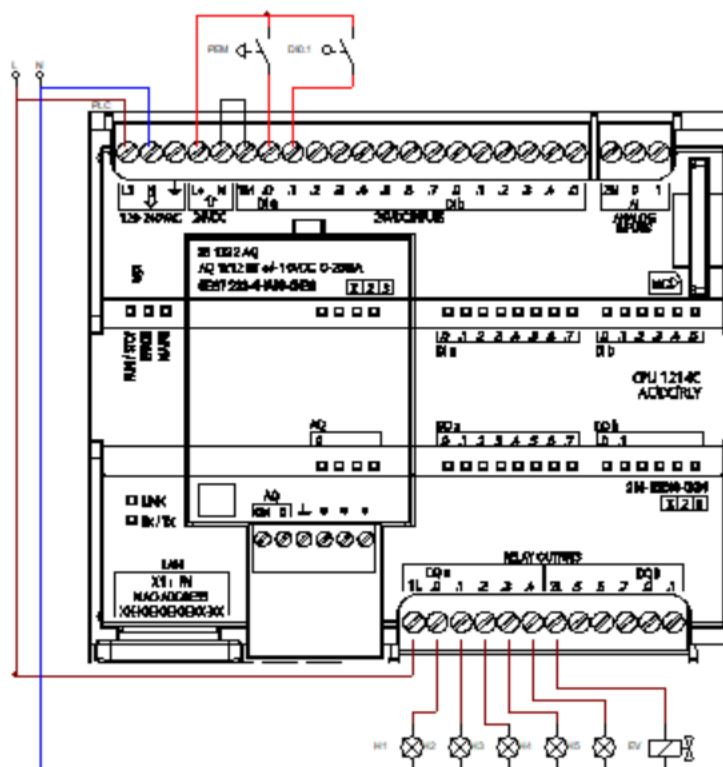
Código de colores de cable	
Azul	Línea
Blanco	Neutro
Rojo	+ 24 VDC
Negro	-24 VDC

3.4.6 *Conexión de PLC y módulo de pesaje Siwarex WP231*

El PLC se alimenta con 110 VAC en los pines L1 y N, las entradas digitales son de tipo PNP se puentea el terminal negativo – 24DVC de la fuente externa al común del PLC, además pulsador paro de emergencia y el final de carrera a las entradas DI0 y la DI1 del PLC respectivamente. Las salidas están conectadas a luces indicadoras y electroválvula como se muestra en la figura 71.

Figura 71

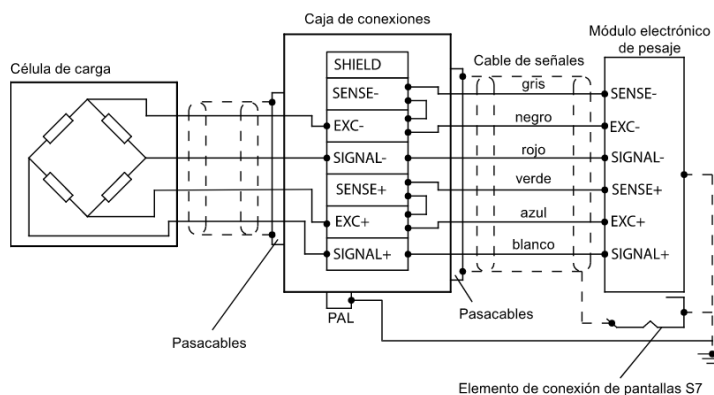
Conexión de PLC S7-1200



El módulo de pesaje se alimenta con una fuente externa de 24 VDC en los bornes L+ y 1M, para la conexión del sensor existen 2 tipos de conexión de la celda de carga al módulo de pesaje dependiendo del número de hilos ya sea a 6 hilos o 4 hilos, en este caso la celda de carga es de 4 hilos, para ello se utiliza el siguiente diagrama de conexión como se muestra en la figura 72.

Figura 72

Diagrama de conexión de celda de carga en el módulo



El módulo de pesaje Siwax WP231 se acopla al PLC por la periferia del bus de datos, y la Touch Panel HMI se conecta mediante el puerto Ethernet, en la figura 73 se muestra la vista interna del conexionado del tablero de control.

Figura 73

Vista interna del conexionado del tablero de control



El montaje de la estructura de pesaje se colocó bajo la masetta de la empacadora ya que en ese punto cae el producto al platillo para ser medido y luego expulsado hacia la banda, el tablero de control se colocó en la parte superior de la empacadora donde el HMI es visible para el operador como se muestra en la figura 74.

Figura 74

Montaje de tablero de control y estructura de pesaje



Capítulo iv

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Se implementó un medidor de pesaje automatizado con PLC S7-1200 y módulo de pesaje Siwarex WP231, que permite al operador el monitoreo constante del peso de los distintos productos que son empacados en la máquina Indumak DG1000 del área de enfundado de la empresa Cereales La Pradera.
- Se creó un interfaz HMI con el uso de la Simatic Touch Panel KTP700, donde el operador observa el peso del producto y a su vez puede cambiar los parámetros de acuerdo al producto a empacar y a las necesidades requeridas.
- Se configuró los parámetros del módulo de pesaje Siwarex WP231 que permite una mejor lectura y acondicionamiento de la señal de la celda de carga, puesto que los valores de fábrica varían y no se ajustan a la necesidad del sistema de pesaje.
- Se programó una web server en el PLC S7-1200 que permite llevar el registro de datos de los productos que se han empacado con sus respectivos pesos, este archivo tiene compatibilidad con Microsoft Excel al momento de descargarlo, es decir la información se visualiza en una hoja de cálculo.

- Se elaboró un manual de usuario para el uso y mantenimiento del sistema de pesaje y tablero de control, mediante uso de especificaciones técnicas de los dispositivos mismo que fue entregado a la empresa Cereales La Pradera debido a derechos corporativos.

4.2 Recomendaciones

- Al diseñar la estructura de pesaje se recomienda colocar el pistón expulsador a una distancia apropiada para que no exista pesos adicionales en los empaques de los productos.
- Al momento de la instalación de la estructura de pesaje evitar que el platillo haga contacto con los elementos del sistema de empaçado.
- Realizar un mantenimiento mensual de la máquina que incluyan lubricación y ajuste de pernos y tuercas del sistema electroneumático para garantizar el correcto funcionamiento del sistema.
- Se recomienda para la programación del medidor de peso utilizar la versión V13 SP1 del TIA Portal ya que es compatible con las librerías del módulo de pesaje Siwarex WP231.

Bibliografía

- AC, S. (2005). *Instrumentación industrial*. Recuperado el 25 de 08 de 2021, de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=cV6ZOqQ0ywMC&oi=fnd&pg=PA3&dq=Elementos+Primarios+de+Control&ots=b-GycRQGPv&sig=fsipuIStUsiXTdxy_X34EdtaHU#v=onepage&q=Elementos%20Primarios%20de%20Control&f=false
- Alberto Perez, A. P. (2007). *Universidad Nacional de San Juan*. Recuperado el 21 de 07 de 2021, de <http://dea.unsj.edu.ar/control1/apuntes/unidad1y2.pdf>
- Armijos, W., & Sarzosa, M. (2014). Diseño e implementación del sistema de control para pesaje y enfundado de papa picada. [Tesis de grado]. Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Automantenimiento.net. (s.f.). *Definición y tipos de actuadores hidráulicos*. Recuperado el 10 de 07 de 2021, de Automantenimiento.net: <https://automantenimiento.net/hidraulica/definicion-y-tipos-de-actuadores-hidraulicos/>
- AUTOMATION 24. (2021). *Panel básico SIMATIC Siemens KTP700 Basic PN*. Recuperado el 18 de 07 de 2021, de AUTOMATION 24: <https://www.automation24.biz/simatic-basic-panel-siemens-ktp700-basic-pn-6av2123-2gb03-0ax0>
- BlogSEAS. (11 de Febrero de 2015). *Rozamiento en cilindros neumáticos*. Recuperado el 10 de 08 de 2021, de <https://www.seas.es/blog/automatizacion/rozamiento-en-cilindros-neumaticos/>

- Borges, E. (16 de Noviembre de 2018). *Tipos de Servidores Web*. Recuperado el 7 de Marzo de 2021, de Infranetworking: https://blog.infranetworking.com/tipos-de-servidores-web/#Servidores_web_mas_utilizados
- CAMSA. (2020). *CAMSA Metalúrgica*. Recuperado el 17 de 06 de 2021, de <https://www.camsametalurgica.com/cilindros-hidraulicos/>
- Cembranos, F. (1999). *Automatismos eléctricos, neumáticos e hidráulicos*. Ediciones Paraninfo, S.A. Recuperado el 5 de Marzo de 2021, de <https://books.google.com.ec/books?id=TMa-xuhAUilC&pg=PA63&dq=lenguaje+de+programacion+kop&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjn38CC6ZrvAhXFuVkkHfuSDOgQ6AEwAnoECAUQA#g#v=onepage&q=lenguaje%20de%20programacion%20kop&f=false>
- EDIMAR. (2019). *Programación en PLC: controladores programables*. Recuperado el 24 de 07 de 2021, de Electrónica Edimar: <https://edimar.com/programacion-en-plc/>
- Edwin, T. (2011). Recuperado el 23 de 06 de 2021, de <https://blog.utp.edu.co/docenciaedwin/files/2011/05/ELEMENTOS-FINALES-DE-CONTROL-modificado.pdf>
- Espino, A. (2019). Apuntes para el uso básico del PLC S7-1200 para las asignaturas del área de Automatización Industrial. México, México. Recuperado el 4 de Marzo de 2021, de <http://132.248.52.100:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/17055/Materialdidactico.pdf?sequence=3>
- Festo Automation. (2021). *Cilindros Neumáticos*. Recuperado el 21 de 07 de 2021, de Actuadores Neumáticos:

https://www.festo.com/es/es/c/productos/automatizacion-industrial/actuadores/cilindros-neumaticos-id_pim135/

Festo Didactic GmbH & Co. (2009). *FESTO*. Recuperado el 22 de 07 de 2021, de https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/539778_es.pdf

Festo, D. (3 de Marzo de 2021). *Touch Panel KTP700 EduTrainer®*. Recuperado el 5 de Marzo de 2021, de Festo Didactic: <https://www.festo-didactic.com/int-es/learning-systems/mps-sistema-de-produccion-modular/funcionamiento-supervision/touch-panel-ktp700-edutrainers.htm?fbid=aW50LmVzLjU1Ny4xNC4xOC43MDguODE5Ng>

Global Weighing System. (2018). *Guia a celdas de carga y modulos de pesaje*. Recuperado el 25 de 06 de 2021, de Global Weighing System: http://www.globalwsystems.com/public/documentos/mlch_esp.pdf

Guerrero, S. (2013). *Universida Tecnica Equinoccial*. Recuperado el 28 de 06 de 2021, de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5751/1/53552_1.pdf

HBM. (6 de Diciembre de 2018). *¿Qué es un acondicionador de señal?* Recuperado el 6 de Marzo de 2021, de HBM: <https://www.hbm.com/es/7339/que-es-un-acondicionador-de-senal-funciones/>

Herrera, R., & Lumbres, E. (2018). Diseño de una máquina vertical empacadora, dosificadora y selladora de accionamiento mecánico-neumático controlado por un plc para fundas de arroz. *[Tesis de grado]*. Universidad Señor de Sipán, Perú. Recuperado el 03 de 08 de 2021

Inductive Automation. (10 de Agosto de 2018). Recuperado el 19 de Mayo de 2020, de <https://www.inductiveautomation.com/resources/article/what-is-hmi>

Iza, M., & Medina, A. (2013). *Diseño y construcción de una máquina dosificadora y empacadora controlada por plc para la línea de producción de snacks de la empresa Ecuamex S.A [Fotografía]*. Recuperado el 10 de 08 de 2021, de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6535>

MakerTronix. (2019). *Switch final de carrera con rodillo*. Recuperado el 24 de 06 de 2021, de <https://makertronix.com/catalogo/switch-final-de-carrera-con-rodillo.html>

Mapro. (2011). *Sensores de fuerza*. Recuperado el 18 de 05 de 2021, de Mapro Ingeniería: <https://maprosensor.com/dinamometros-sensores-carga>

MDGroup Conosur. (11 de 05 de 2020). *Envasadoras DG4 + Enfardadora MK30 #INDUMAK*. YouTube. Recuperado el 11 de 06 de 2021, de <https://www.youtube.com/watch?v=08xr35TORVs>

Mecafenix. (16 de 01 de 2018). *¿Qué es y para qué sirve un plc?* Recuperado el 18 de 07 de 2021, de Ingeniería mecafenix: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/que-es-un-plc/>

Mecafenix. (24 de 03 de 2019). *Lenguajes para programación de plc*. Recuperado el 13 de 06 de 2021, de Ingeniería Mecafenix: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/lenguajes-programacion-plc/#:~:text=Los%20lenguajes%20de%20programaci%C3%B3n%20de%20PLC%20son%20s%C3%ADmbolos%2C%20caracteres%20y,de%20cualquier%20proceso%20o%20m%C3%A1quina.>

Moreno, E. (2010). Diseño de una Maquina empacadora. dosificadora y selladora de fundas para arroz. [Tesis de grado]. Universidad Politécnica Nacional, Quito.

Narvaez, C. T. (2006). *Repositorio ESPE*. Recuperado el 11 de 06 de 2021

Neumatica, H. y. (2019). *Hidraulica y Neumatica SA*. Recuperado el 23 de 07 de 2021, de <http://www.hnsa.com.co/cilindros-hidraulicos/>

Nolla, X. (2020). *WIKA*. Recuperado el 31 de 07 de 2021

Noriega, S. (2019). *Sapiensman*. Recuperado el 24 de 06 de 2021, de http://www.sapiensman.com/tecnoficio/mecanica/motor_hidraulico_1.php

Novelec. (2020). *Finales de carrera*. Recuperado el 11 de 07 de 2021, de Novelec: <https://blog.gruponovelec.com/electricidad/finales-de-carrera-que-son-y-caracteristicas-principales/>

Pardo, C. (06 de 2021). *Picuino Tecno Recursos*. Recuperado el 07 de 2021, de <https://www.picuino.com/es/arduprog/control-auto.html>

Perez, A. A. (2007). *Universidad Nacional de San Juan*. Recuperado el 25 de 07 de 2021

Rincon, M. (2011). *Tecnología de blogger*. Recuperado el 01 de 08 de 2021

Rockwell Automation. (2020). *interruptores de final de carrera*. Recuperado el 19 de 06 de 2021, de <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/hardware/allen-bradley/sensors-and-switches/limit-switches.html>

- Rome CO industrial. (2021). *Electroválvula neumática*. Recuperado el 21 de 06 de 2021, de <https://www.romecoindustrial.com/producto/electrovalvula-neumatica-4v210-08/>
- SA, H. y. (2019). *Hidraulica y Neumatica SA*. Recuperado el 27 de 06 de 2021, de <http://www.hnsa.com.co/cilindros-hidraulicos/>
- Salazar, C. (17 de noviembre de 2020). Recuperado el 10 de 08 de 2021, de <https://www.industriasgsl.com/blog/post/tipos-de-sensores-y-sus-aplicaciones>
- Salazar, V., & Tulcan, K. (2016). Diseño y construcción de dos sistemas modulares para el estudio de sensores de fuerza y peso para el laboratorio de la carrera de ingeniería en mantenimiento eléctrico en la Universidad Técnica del Norte. [Tesis de Grado]. Universidad Técnica del Norte, Ibarra.
- Salichs, E. (Abril de 2012). Desarrollo de un sistema HMI para un almacén automatizado. *Desarrollo de un sistema HMI para un almacén automatizado*. Madrid, Leganés, España. Recuperado el 5 de Marzo de 2021, de https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16073/Proyecto_ESTHER_SALICHES.pdf
- Sanchis, R., Romero, J., & Ariño, C. (2010). Recuperado el 20 de 07 de 2021, de [Automata-programacionyautomaticacion.pdf](#)
- Sentel. (13 de 04 de 2018). *Suministro puntual Japón NMB*. Recuperado el 25 de 06 de 2021, de Sensor de escala de carga multiple de celda de carga: <http://www.szsaidelq.com/Products/D7473652.html>

SIEMENS. (2018). *Programación en lenguajes de alto nivel con SCL y S7-1200*.

Recuperado el 5 de MARZO de 2021, de SIEMENS:

<https://www.automation.siemens.com/sce-static/learning-training-documents/tia-portal/advanced-programming-s7-1200/sce-051-201-scl-s7-1200-r1709-es.pdf>

SIEMENS. (23 de 02 de 2019). *Modulo electrónico de pesaje SIWAREX WP231*.

Recuperado el 27 de 05 de 2021, de Siemens:

<https://support.industry.siemens.com/cs/mdm/109770837?c=39181005067&dl=es&lc=it-WW>

SIEMENS. (23 de 10 de 2019). *SIEMENS*. Recuperado el 16 de 07 de 2021, de Módulo electrónico de pesaje SIWAREX WP231:

<https://support.industry.siemens.com/cs/mdm/109770837?c=102334375051&dl=es&lc=it-WW>

Siemens. (06 de 2020). *Sistemas de pesaje*. Recuperado el 07 de 06 de 2021, de

Siemens Industry Support: https://cache.industry.siemens.com/dl/dl-media/855/109780855/att_1026662/v8/WP231/es-ES/index.html#

SIEMENS. (2020). *Siwarex WP231 módulo de pesaje*. Recuperado el 04 de 08 de 2021,

de Siemens: <https://new.siemens.com/us/en/products/automation/process-instrumentation/weight-measurement/weighing-electronics-simatic/weighing-module-siwarex-wp231.html>

SIEMENS. (Marzo de 2021). *SIMATIC S7-1200*. Recuperado el 4 de Marzo de 2021, de

SIEMENS:

<https://new.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/plc/s7-1200.html>

- Solé, A. (2005). *Instrumentación industrial*. Recuperado el 23 de 09 de 2021, de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=cV6ZOqQ0ywMC&oi=fnd&pg=PA3&dq=Elementos+Primarios+de+Control&ots=b-GycRQGPv&sig=fsipuIStUsiXTdxy_X34EdtaHU#v=onepage&q=Elementos%20Primarios%20de%20Control&f=false
- Solorzano, R. (2016). *Hydraulics & Pneumatics*. Recuperado el 15 de 06 de 2021, de <https://www.hydraulicspneumatics.com/hp-en-espanol/article/21886595/principios-ingenieriles-bsicos-motores-hidrulicos>
- Suh, S.-H. (2008). *Teoría y diseño de sistemas CNC*. Londres.
- Tapia, C. (2006). *Repositorio ESPE*. Recuperado el 11 de 06 de 2021, de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4033/1/T-ESPEL-0145.pdf>
- Tapia, C., & Narvaez, J. (2006). *Repositorio ESPE*. Recuperado el 11 de 05 de 2021, de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4033/1/T-ESPEL-0145.pdf>
- tecnopl.com. (17 de Mayo de 2015). *TIA PORTAL : UTILIDADES DEL SOFTWARE*. Recuperado el 6 de Marzo de 2021, de tecnopl.com: <https://www.tecnopl.com/tia-portal-utilidades-del-software/>
- Torres, E. (2011). Recuperado el 23 de 06 de 2021, de <https://blog.utp.edu.co/docenciaedwin/files/2011/05/ELEMENTOS-FINALES-DE-CONTROL-modificado.pdf>
- Vescovo. (2009). *Tipos de dosificadores de uso mas común*. Recuperado el 18 de 07 de 2021, de Sistemas de envasado: <http://www.industriasailen.com.ar/tiposDosificadores.html>

ANEXOS