# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

## DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA AUTOMATIZAR UNA MÁQUINA DOSIFICADORA DE SÓLIDOS

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y CONTROL**

**PABLO JOSÉ IZA CAIZA**
**pablo.j.iza.c@gmail.com**

**DIEGO FERNANDO TOSCANO MORENO**
**diego.toscano.m@gmail.com**

**DIRECTOR: Dr. LUIS ANÍBAL CORRALES PAUCAR**
**luisco5049@yahoo.com**

**Quito, Marzo 2012**

## DECLARACIÓN

Nosotros, Pablo José Iza Caiza, Diego Fernando Toscano Moreno, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

| | |
|---|---|
| _____ | _____ |
| Pablo Iza | Diego Toscano |

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Pablo Iza y Diego Toscano, bajo mi supervisión.

**Dr. Luis Corrales**
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

## *AGRADECIMIENTO*

*Al Dios Padre, por darme una nueva oportunidad de poder conocerme y trabajar sobre mí ser interno.*

*A mis padres, por haber sido quienes me dieron la vida, los principios y valores, y todas las facilidades para culminar mis estudios universitarios y por brindarme su apoyo, sin importar cuantas veces me he equivocado.*

*A mis hermanos, por brindarme su confianza y apoyarme en cada una de las decisiones que he tomado en mi vida.*

*Y sería imposible olvidarme de todos mis amigos, de ACMM y personas afines, el círculo vicioso de amigos, con los cuales he aprehendido mucho, no solo en la parte técnica, sino también en la parte humana así como en la parte espiritual.*

*Gracias por aportar con sus conocimientos, con su tiempo y paciencia hacia este humilde servidor…..*

*Pablo*

## *AGRADECIMIENTO*

*Muchas personas que me ayudaron a culminar este proyecto y estoy eternamente agradecido por ello.*

*Al Ing. Fernando Toapanta, quien fue la persona que me permitió sin restricción alguna implementar el proyecto en su empresa, gracias por su apoyo y confianza.*

*A mis padres, que cada día me entregaron lo mejor de ellos, brindándome su apoyo incondicional. Gracias por su humidad*

*A mis hermanos, que cada día me han brindado consejos.*

*Al grupo de compañeros del ACMM, con los cuales se aprende algo nuevo cada dia.*

*Diogo*

## *DEDICATORIA*

*Dedicado a mis Padres Internos, que me acompañan en todo momento y que siempre me guían, me iluminan y me protegen, a mis Padres y a mis Hermanos, así como a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron a la culminación de este trabajo.*

*Pablo*

## *DEDICATORIA*

*Dedicado a Dios, mis Padres Patricio y Piedad que con su enseñanza y ejemplo de superación me han ayudado a formarme con valores y virtudes.*

*A mis hermanos que han sido un gran apoyo incondicional, que han sabido mantener la unidad y comprensión en todo momento.*

*A Mireya que con su amor y comprensión me ha dado fuerzas para seguir adelante frente a las dificultades.*

*A todas las personas que con su experiencia me guiaron para la culminación de este proyecto.*

*Diogo*

# CONTENIDO

CONTENIDO ..... vii
**RESUMEN** ..... xvii
**PRESENTACIÓN** ..... xviii
CAPITULO 1 ..... 2
DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA ..... 2
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA ..... 2
1.2. PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE SÓLIDOS ..... 5
1.2.1. DEFINICIÓN DE DOSIFICACIÓN ..... 5
1.2.2. PESAJE Y DOSIFICACIÓN DE SÓLIDOS ..... 5
1.2.2.1. Almacenamiento del Producto ..... 5
1.2.2.2. Transporte del Producto ..... 6
1.2.2.3. Ingreso de datos o parámetros del proceso ..... 6
1.2.2.4. Etapa de dosificación, envasado y pesaje ..... 6
1.2.2.4.1. Dosificación volumétrica ..... 6
1.2.2.4.2. Dosificación gravimétrica ..... 7
1.2.2.5. Sistemas de Control ..... 7
1.2.3. COMPONENTES DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA DE SÓLIDOS. 8
1.2.3.1. Software para el desarrollo del proyecto ..... 14
1.3. REQUERIMIENTOS DE LA EMPRESA QCT ..... 16
1.3.1. PARTES MECÁNICAS ..... 16
1.3.2. SISTEMA DE CONTROL ..... 17
1.3.3. SISTEMA DE POTENCIA ..... 18
CAPITULO 2 ..... 21
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARWARE DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN ..... 21
2.1. MÀQUINA DOSIFICADORA DE SÓLIDOS ..... 21
2.2. SITUACIÓN EN LA QUE SE ENCONTRÓ LA MÁQUINA DOSIFICADORA DE SÓLIDOS ..... 24
2.2.1. PARTES MECÁNICAS ..... 24
2.2.2. SISTEMA DE CONTROL ..... 33
2.2.3. SISTEMA DE POTENCIA. ..... 34
2.3. SITUACIÓN ACTUAL DE LA MÀQUINA DOSIFICADORA DE SÓLIDOS. 35

2.3.1. ESTRUCTURA ..... 35
2.3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL. 36
2.3.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL ..... 37
2.4. DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ..... 54
2.4.1. PROTECCIONES PARA LOS MOTORES ..... 54
2.4.1.1. Dimensionamiento del guardamotor ..... 54
2.4.1.2. Reactancia de interferencias ..... 57
2.4.1.3. Dimensionamiento del elemento de corte. ..... 58
2.4.1.4. Dimensionamiento de los alimentadores ..... 59
2.4.2. PROTECCIONES PARA EL SISTEMA DE CONTROL. ..... 60
2.4.2.1. Dimensionamiento del interruptor electromagnético. ..... 60
2.4.2.2. Selección del Supresor de transientes ..... 61
2.4.2.3. Dimensionamiento de los alimentadores, ..... 64
CAPÍTULO 3 ..... 68
DESARROLLO DEL SOFTWARE PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL SÍSTEMA ... 68
3.1. SISTEMA GENERAL DE CONTROL PARA EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE SÓLIDOS. ..... 68
3.1.1. INGRESO DE DATOS. ..... 69
3.1.2. DOSIFICACIÓN DE SÓLIDOS ..... 69
3.1.3. VISUALIZACIÓN Y SEÑALIZACIÓN ..... 70
3.2. DESARROLLO DEL PROGRAMA PARA EL SISTEMA DE CONTROL ..... 70
3.3. INTRODUCCIÓN AL SOFTWARE STEP 7 MICRO-WIN ..... 77
3.3.1. COMPONENTES DEL STEP 7-MICROWIN ..... 77
3.3.2. EDICIÓN DEL PROGRAMA MEDIANTE STEP 7 MICRO/WIN. ..... 79
3.4. DISEÑO DEL CIRCUITO DE FUERZA Y CONTROL ..... 81
3.4.1. DISEÑO DEL CIRCUITO DE FUERZA ..... 81
3.4.2. DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN. ..... 83
3.4.3. DISEÑO DEL CIRCUITO NEUMÁTICO. ..... 85
3.5. DESARROLLO DE LA HMI (INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA) ..... 85

3.5.1. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN WINCC FEXIBLE ..... 86
3.7.2.1. Creación del proyecto QTC ..... 91
3.7.2.2. Protocolo PPI/MPI de Siemens ..... 109
3.6. PROGRAMACIÓN DEL VARIADOR DE VELOCIDAD G120 ..... 111
3.7. PANELES DE CONTROL ..... 113
3.7.1. PANEL FRONTAL ..... 113
3.7.2. TABLERO DE CONTROL Y POTENCIA ..... 114
CAPITULO 4 ..... 117
PRUEBAS Y RESULTADOS ..... 117
4.1. PRUEBAS MECÁNICAS ..... 117
4.2. PRUEBA NEUMÁTICAS ..... 120
4.3. PRUEBAS EN EL PANEL DE OPERADOR ..... 120
4.3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO ENTRE EL PLC Y PANTALLA TÁCTIL 122
4.4. ESTIMADO DE PRODUCCIÓN ..... 123
4.5. COMPARACIÓN DE PESO EN PANTALLA TÁCTIL CON BALANZA REFERENCIAL ..... 127
4.5.1. PRUEBAS Y RESULTADOS PARA LA OBTENCION DE LA TARA ... 127
4.5.2. PRUEBAS Y RESULTADOS DEL SISTEMA DE DOSIFICACION PARA LOS DIFERENTES PESOS. ..... 129
4.6. COSTO DEL PROYECTO ..... 147
CAPITULO 5 ..... 149
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 149
5.1. CONCLUSIONES ..... 149
5.2. RECOMENDACIONES ..... 152
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 153
DIRECCIONES ELECTRÓNICAS ..... 154
ANEXOS ..... 155

# INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Área de formulación ..... 3
Figura 1.2. Área de envasado de líquidos ..... 3
Figura 1.3. Área de envasado de polvos ..... 4
Figura 1.4. Área de control de calidad y control de procesos ..... 4
Figura 1.5. Ingreso de datos a través de una HMI ..... 6
Figura 1.6. Etapas de recepción, almacenaje, dosificación y pesaje de un producto .. 7
Figura 1.7. Componentes principales de un sistema de control en un proceso ..... 8
Figura 1.8. Tolva básica ..... 9
Figura 1.9. Tornillo Sin-Fin y zonas para su cálculo ..... 10
Figura 1.10. Tornillo Sin-Fin y sus partes ..... 10
Figura 1.11. Ejemplo de un sensor ..... 11
Figura 1.12. Ejemplos de actuadores ..... 12
Figura 1.13. Arquitectura básica de un PLC ..... 13
Figura 1.14. Ejemplo de un HMI ..... 14
Figura 1.15. Logotipo del software de programación Step7 ..... 15
Figura 1.16. Logotipo del software de programación de WinCC ..... 16
Figura 2.1. Esquema básico de la máquina Optima SD/CA Wägung ..... 21
Figura 2.2. Esquema general de la máquina dosificadora de sólidos y sus partes ... 23
Figura 2.3. Fotografía de la tolva_2 o de almacenamiento ..... 24
Figura 2.4. Esquema de la tolva_1 o de dosificación. ..... 25
Figura 2.5. Esquema del tornillo utilizado por la máquina dosificadora de sólidos .... 26
Figura 2.6. Tornillo utilizado para llevar el producto desde la tolva de almacenaje hasta la tolva de dosificación ..... 26
Figura 2.7. Tornillos utilizados para la dosificación ..... 26
Figura 2.8. Estado en que se encontró al motor_1 ..... 27
Figura 2.9. Motor_2 con su caja reductora ..... 28
Figura 2.10. Motor_3 con su caja reductora ..... 29
Figura 2.11. Sistema de pesaje ..... 29
Figura 2.12. Sensor piezoeléctrico ..... 30

Figura 2.13.Unidad de mantenimiento. ..... 31
Figura 2.14. A la izquierda se muestra la electroválvula y a la derecha el cilindro normalizado para la sujeción de la funda ..... 31
Figura 2.15. Muestra la electroválvula y la compuerta on/off ..... 32
Figura 2.16. Pantalla para el ingreso de parámetros de operación ..... 32
Figura 2.17. A la izquierda se muestra un conjunto de fuentes y a la derecha dos de las tarjetas de control del sistema ..... 33
Figura 2.18. Tarjeta para el control de la parte de potencia del sistema ..... 33
Figura 2.19. Relés, contactores y elementos de control para la parte de potencia y el estado de sus conexiones ..... 34
Figura 2.20. A la izquierda se encuentra el transformador y a la derecha el autotransformador elevador ..... 35
Figura 2.21. Estructura de la máquina dosificadora de sólidos ..... 36
Figura 2.22. Conexiones eléctricas celda de carga..... 38
Figura 2.23. Autómata S7-200 CPU224XP ..... 41
Figura 2.24. Transductor IND-110 y sus partes..... 43
Figura 2.25 Modulo de expansión EM 231 sus partes y sus conexiones ..... 44
Figura 2.26. Panel táctil TP177micro ..... 47
Figura 2.27. Convertidor de frecuencia G120..... 49
Figura 2.29. Unidad de control CU240E..... 51
Figura 2.28. Diagrama de bloques de la unidad de control CU240E..... 51
Figura 2.30. Panel básico de operador ..... 53
Figura 2.31. Diagrama del guardamotor..... 55
Figura 2.32. (a) Guardamotor del motor 1 del tornillo y (b) Guardamotor del motor 2 y 3 ..... 57
Figura 2.33. Reactancia de Interferencias..... 58
Figura 2.34. Contactor 7A 3RT1015..... 59
Figura 2.35 Interruptor Electromagnético. ..... 61
Figura 2.36. Supresor de transientes ..... 62
Figura 2.37 Cable Apantallado ..... 65

Figura 2.38. Esquema de general del proceso ..... 66
Figura 3.1. Esquema del sistema general de control ..... 68
Figura 3.2. Subprocesos de la máquina dosificadora ..... 69
Figura 3.3. Sistema de control a implementarse ..... 70
Figura 3.4. Esquema de la lógica de control a implementar. ..... 71
Figura 3.5. Secuencia general del algoritmo de control ..... 74
Figura 3.6. Componentes del Step 7-Microwin ..... 77
Figura 3.7. Tabla de estados ..... 79
Figura 3.8. Esquemas de los Lenguajes de Programación ..... 80
Figura 3.9. Circuito de fuerza del sistema de dosificación ..... 82
Figura 3.10. Circuito de acoplamiento de los relés a las bobinas de los diferentes actuadores ..... 83
Figura 3.11. Diagrama de entradas y salidas del autómata ..... 84
Figura 3.12. Esquema del circuito neumático del sistema de dosificación ..... 85
Figura 3.13. Ediciones de WinCC flexible ..... 86
Figura 3.14. Acceso a WinCC flexible Micro ..... 87
Figura 3.15. Selección del panel ..... 87
Figura 3.16. Creando proyecto nuevo ..... 88
Figura 3.17. Ventana principal de trabajo ..... 88
Figura 3.18. Área de trabajo y fichas mostradas ..... 89
Figura 3.19. Ventana de proyecto ..... 90
Figura 3.20. Ventana de propiedades ..... 90
Figura 3.21. Ventana de herramientas ..... 91
Figura 3.22. Crear una imagen ..... 92
Figura 3.23. Imagen 1 llamada Inicio ..... 95
Figura 3.24. Propiedades del botón Inicio ..... 96
Figura 3.25. Árbol mostrado al seleccionar una de las opciones del botón Inicio ..... 96
Figura 3.26. Imagen 1 llamada Parámetros ..... 97
Figura 3.27. Creación de una Lista de texto ..... 98
Figura 3.28. Pestaña de variables en el área de trabajo ..... 100

Figura 3.29. Pestaña de variables en el área de trabajo ..... 101
Figura 3.30. Ventana producción ..... 102
Figura 3.31. Ventana producción ..... 104
Figura 3.32. Configurar una contraseña ..... 106
Figura 3.33. Configurar una conexión ..... 107
Figura 3.34. Transferir un proyecto ..... 108
Figura 3.35. Configuración de una transferencia..... 109
Figura 3.36. Ejemplo de comunicación maestro esclavo ..... 110
Figura 3.37. Conexión PPI y MPI de Siemens ..... 110
Figura 3.38. Comunicación a través de un cable PC/PPI..... 111
Figura 3.39. Botonera y pantalla táctil ..... 114
Figura 3.40. Esquema de la parte interna del gabinete ..... 114
Figura 3.41. Parte interna del gabinete de control y potencia ..... 115
Figura 4.1. Motores de la máquina dosificadora de sólidos ..... 118
Figura 4.2. Sensor piezoeléctrico y sensor magnético ..... 118
Figura 4.3. Pantalla antigua..... 119
Figura 4.4 Pulsadores y luces indicadoras ..... 119
Figura 4.5. Electroválvulas y unidad de mantenimiento. ..... 120
Figura 4.6. Ventana resultados con el error mostrado ..... 121
Figura 4.7. Configuración de velocidad de transferencia ..... 122
Figura 4.8 Comunicación entre PLC y PLC mediante cable USB/PPI ..... 123
Figura 4.9. Filtro con entradas análogas estándares. ..... 124
Figura 4.10. Filtro de entradas análogas con número de muestreos implementados. ..... 125
Figura 4.11. Peso de la funda. ..... 127
Figura 4.12. Visualización del peso o tara del recipiente. ..... 128
Figura 4.13. Detección del Peso del recipiente. ..... 128
Figura 4.14. Peso comparado en las dos balanzas..... 129
Figura 4.15. Peso calibrado en las dos balanzas ..... 130
Figura 4.16.Peso dosificado por cada muestra realizada para 50 gramos..... 132

Figura 4.17. Peso dosificado por cada muestra realizada para 100 gramos..... 133
Figura 4.18. Peso dosificado por cada muestra realizada para 150 gramos..... 133
Figura 4.19.Peso dosificado por cada muestra realizada para 200 gramos..... 134
Figura 4.20.Peso dosificado por cada muestra realizada para 250 gramos..... 134
Figura 4.21. Peso dosificado por cada muestra realizada para 300 gramos..... 135
Figura 4.22.Peso dosificado por cada muestra realizada para 350 gramos..... 135
Figura 4.23. Peso dosificado por cada muestra realizada para 400 gramos..... 136
Figura 4.24. Peso dosificado por cada muestra realizada para 450 gramos..... 136
Figura 4.25. Peso dosificado por cada muestra realizada para 500 gramos..... 137
Figura 4.26. Peso dosificado por cada muestra realizada para 1000 gramos..... 137
Figura 4.27. Peso dosificado por cada muestra realizada para 1500 gramos..... 138
Figura 4.28. Peso dosificado por cada muestra realizada para 2000 gramos..... 138
Figura 4.29. Peso dosificado por cada muestra realizada para 2500 gramos..... 139
Figura 4.30. Estadístico 1 para peso de 100 gramos ..... 143
Figura 4.31. Estadístico 2 para peso de 150 gramos ..... 144
Figura 4.32. Estadístico 3 para peso de 200 gramos ..... 145

# INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Cálculos para el desarrollo del tornillo helicoidal, utilizados para generar el perfil de la Figura 1.10. ..... 11
Tabla 2.1. Principales componentes de la máquina dosificadora de sólidos ..... 22
Tabla 2.2. Datos de placa del motor_1 ..... 27
Tabla 2.3. Datos de placa del motor_2 ..... 28
Tabla 2.4. Datos de placa del motor_3 ..... 29
Tabla 2.5. Características de la celda de carga ..... 38
Tabla 2.6. Entrada y salidas Digitales del PLC ..... 40
Tabla 2.7. Características del Autómata S7-200 CPU 224XP ..... 42
Tabla 2.8. Características del transductor IND-110 ..... 43
Tabla 2.9. Estado de los switchs para la configuración del módulo ..... 44
Tabla 2.10. Características del transductor IND-110 ..... 45
Tabla 2.11. Características del panel táctil TP177micro ..... 46
Tabla 2.12. Características Convertidor de Frecuencia G120 ..... 49
Tabla 2.13. Características de la unidad de control CU240E ..... 50
Tabla 2.14. Características del BOP ..... 53
Tabla 2.15. Dimensionamiento de los disyuntores. ..... 56
Tabla 2.16 Características de los guardamotores ..... 56
Tabla 2.17. Reactancia de Interferencia ..... 57
Tabla 2.18. Carga instalada ..... 60
Tabla 2.19 Características del Supresor de transientes ..... 64
Tabla 2.20. Características del cable apantallado ..... 65
Tabla 3.2. Variables creadas para el proyecto ..... 101
Tabla 3.3. Parámetros implementados en el Sinamic G120 ..... 112
Tabla 3.4. Descripción de la botonera ..... 113
Tabla 4.1. Producción por minuto de primera prueba ..... 124
Tabla 4.2. Producción por minuto de segunda prueba. ..... 126
Tabla 4.3. Producción con tornillos de diferente diámetro. ..... 126
Tabla 4.4 Pruebas para la dosificación de los diferentes pesos ya establecidos .... 131

Tabla 4.5. Resultados de las pruebas para un muestreo de 100 unidades..... 142
Tabla 4.6. Resultados de las pruebas para un muestreo de 100 unidades..... 142
Tabla 4.7. Cotización de la Máquina Dosificadora de Sólidos..... 147

# RESUMEN

En la empresa QCT (Quito Clean Technology), ubicada en la ciudad de Quito existe una máquina dosificadora de sólidos, la cual es de procedencia alemana y construida con tecnología de los años 90. Esta consta de tarjetas de adquisición de datos, tres motores de alimentación trifásica, uno de los cuales era controlado por un sistema de variación de velocidad, los otros dos son de accionamiento simple on-off. Posee un sensor nivel del producto, un sensor magnético on-off, un sistema neumático, un sistema de pesaje a base de una balanza electromecánica, y un sistema de elevación y regulación de voltaje.

Cabe recalcar que la máquina es de origen Alemán, y en el país (Ecuador), tiene más de 30 años, por lo cual, todo el control fue realizado a base de tecnología de esa época, es decir con sistemas de microprocesadores que en la actualidad ya no se encuentran disponibles en el mercado.

El objetivo del proyecto fue diseñar e implementar un sistema de control y automatización moderno en la máquina dosificadora de sólidos.

Con este propósito se diseñó una HMI en un computador para realizar el control y monitoreo de las magnitudes involucradas en el proceso de dosificación. Se desarrolló un programa de control para un PLC, el cual supervise toda la automatización del proceso.

Pruebas realizadas demostraron que el sistema cumple con los objetivos planteados para el presente proceso.

# PRESENTACIÓN

El desarrollo de la tecnología en la rama industrial da la posibilidad de rehabilitar máquinas electromecánicas las que fueron diseñadas y construidas a partir de 1950, de las cuales se puede aprovechar su infraestructura y ponerlas operativas con tecnología actual.

El primer Capítulo da la información teórica necesaria para una adecuada comprensión del presente proyecto de titulación. Se describe los requerimientos establecidos por la empresa Quito Clean Technology, QCT Cia. Ldta., para el funcionamiento y operación del proceso a automatizarse.

El segundo Capítulo da a conocer la situación en la que se encontró la máquina dosificadora de sólidos, así como el análisis que se hizo a sus compontes principales.

El tercer Capítulo da a conocer sobre las principales características del software utilizado para la programación del PLC, así como el programa desarrollado en el mismo. Así mismo se describen las características del software para la programación de la Pantalla Táctil, además de las funciones que se pueden programar en la misma.

El cuarto Capítulo explica las diferentes pruebas que se realizaron en la máquina dosificadora de sólidos, tanto en la parte mecánica así como en la comunicación de sus componentes. Además se verificó la velocidad de respuesta de los mismos en su funcionamiento real, utilizando productos reales (Polvos nocivos).

El quinto Capítulo presenta las conclusiones y recomendaciones a las cuales se llegó después de haber finalizado el presente proyecto.

# CAPITULO 1

# DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

# CAPITULO 1

# DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

El objetivo del presente capítulo es dar a conocer sobre el objetivo global del proyecto las funciones de la planta, y la información necesaria para una adecuada comprensión del presente proyecto de titulación. Se describirán los requerimientos establecidos por la empresa Quito Clean Technology, QCT Cia. Ldta., para el funcionamiento y operación del proceso a automatizarse.

## 1.1. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

La industria ecuatoriana trabaja con varios procesos que no son muy conocidos y que cubren necesidades puntuales de ciertas empresas.

Quito Clean Technology QCT Cia. Ltda. es una empresa que se dedica principalmente a la formulación y envasado de productos químicos, tanto polvos como líquidos; y se encuentra ubicada en el parque industrial en la calle Los Arupos E7-223 y Av. Eloy Alfaro, de la cuidad de Quito.

QCT es una empresa que trabaja bajo estrictas normas de operación y seguridad y con este objetivo se encuentra organizada por áreas de trabajo que se describen a continuación:

- Área de Formulación: el área de formulación de productos químicos, cuenta con un reactor de acero inoxidable de 1.2 metros cúbicos de capacidad, un caldero, bombas y balanzas. Ver Figura 1.1.

Figura 1.1. Área de formulación

- Área de Envasado de Líquidos: el área de envasado de líquidos cuenta con tres máquinas dosificadoras neumáticas, la primera para productos agroquímicos de tipo insecticidas-fungicidas, la segunda para productos fertilizantes y la tercera para productos herbicidas. Ver Figura 1.2.

Figura 1.2. Área de envasado de líquidos

- Área de Envasado de Polvos: el área de envasado de polvos cuenta con una máquina dosificadora de polvos o sólidos con tornillo y sistema de control con micro computadora interna, una tolva de carga, ductos de aspiración de polvo, un filtro de mangas, y una balanza. Ver Figura 1.3.

Figura 1.3. Área de envasado de polvos

- Área de Control de Calidad y Control de Procesos: el área de control de calidad y control de procesos cuenta con un laboratorio para el análisis de las propiedades físicas de los productos como son: la apariencia, densidad, viscosidad, pH, contenidos de sólidos. Ver Figura 1.4.

Figura 1.4. Área de control de calidad y control de procesos

El presente proyecto se desarrolló en el área de envasado de polvos o sólidos, reemplazando todos los elementos y dispositivos de control con los que constaba la máquina dosificadora de sólidos. Posteriormente se indicarán los motivos por los cuales se decidió remplazar dichos elementos y dispositivos.

## 1.2. PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE SÓLIDOS

### 1.2.1. DEFINICIÓN DE DOSIFICACIÓN

De manera general, dosificar se puede definir como el proceso en el cual se define una medida de un determinado producto ya sea este un sólido, un líquido o un gas. Se debe tener en cuenta que el proceso de dosificación se lo puede llevar a cabo de manera manual o automática.

Los dosificadores funcionan con sólidos a granel con mezclas sólido-líquido o sólido-gas, que pueden ser de flujo fácil, pegajoso, resinoso, corrosivo, erosivo, caliente, plástico o pastoso. Dependiendo del tipo de producto a dosificar se debe contar con el equipo y material apropiado para el manejo del mismo.

En el presente proyecto se trabajará con dosificación de sólidos. Concretamente con un dosificador electromecánico que entrega una porción establecida de producto, de forma ágil y exacta, a través del pesaje del mismo.

Dentro de los sistemas automáticos de dosificación de sólidos se debe tomar en cuenta que deben ser manejados por medio de dispositivos que son capaces de ser programados según las necesidades de la empresa en la cual se las emplea.

### 1.2.2. PESAJE Y DOSIFICACIÓN DE SÓLIDOS

El proceso de pesaje y dosificación de sólidos cuenta generalmente con las siguientes etapas:

#### 1.2.2.1. Almacenamiento del Producto

Como su nombre lo indica, el producto debe ser colocado en un depósito de almacenaje, por lo general este depósito es una tolva de gran tamaño, la cual puede o no contar con un control de pesaje.

#### 1.2.2.2. Transporte del Producto

Esta etapa hace referencia al transporte que se realiza desde el depósito de almacenaje, hasta la etapa de dosificación, el mismo que se puede realizar a través de ductos o bandas transportadoras.

#### 1.2.2.3. Ingreso de datos o parámetros del proceso

Es la comunicación o interface entre el humano y la máquina (HMI). Acción que permite ingresar los parámetros con los que se trabajará en el proceso, se la puede realizar a través de una pantalla táctil, una PC o un tablero diseñado para este propósito. Ver Figura 1.5.

Figura 1.5. Ingreso de datos a través de una HMI

#### 1.2.2.4. Etapa de dosificación, envasado y pesaje

Es el punto del proceso en el cual se realiza la dosificación, envasado y pesaje de un producto. Para el mismo se puede contar con métodos de dosificación volumétrica o gravimétrica.

##### *1.2.2.4.1.* Dosificación volumétrica

Para realizar una dosificación volumétrica se utiliza generalmente un tornillo sin-fin funcionando a velocidad constante, de tal forma que se descarga el material almacenado en una tolva a flujo constante. Esto se consigue al calcular el volumen

de material que circula entre espira y espira del tonillo sin-fin, y estableciendo el número exacto de vueltas que debe girar el sin-fin para lograr el peso deseado. Las tolvas disponen de un agitador homogeneizador que acondiciona el material para mantener constante el flujo de material.

*1.2.2.4.2. Dosificación gravimétrica*

Para conseguir una dosificación gravimétrica se debe extraer el producto mediante un dispositivo dosificador, desde una tolva de pesaje en una cantidad e intervalo de tiempo establecidos. Este método de dosificación se lo puede encontrar en procesos continuos o por batch. Ver Figura 1.6.

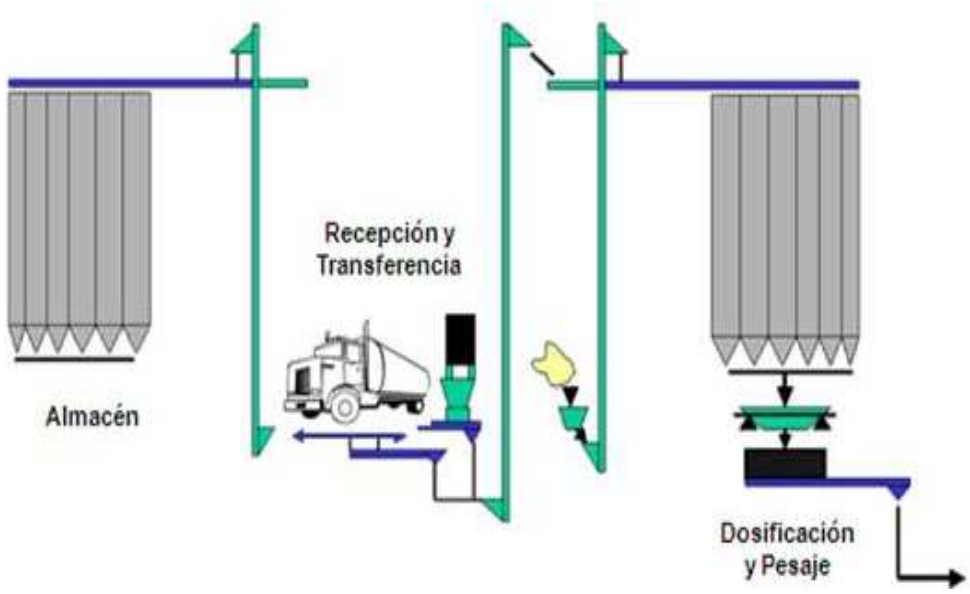



Figura 1.6. Etapas de recepción, almacenaje, dosificación y pesaje de un producto

**1.2.2.5. Sistemas de Control**

Hace referencia al sistema que buscará el correcto funcionamiento del proceso, para lo cual debe ser capaz de emitir acciones de control que permitan el funcionamiento apropiado del mismo. Ver Figura 1.7.

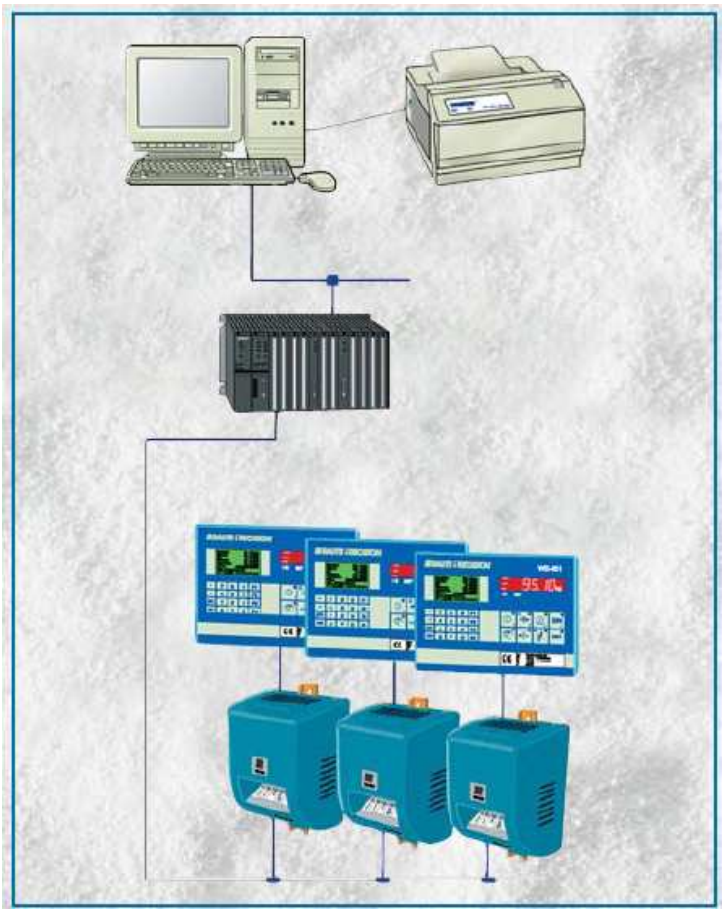


Figura 1.7. Componentes principales de un sistema de control en un proceso

### 1.2.3. COMPONENTES DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA DE SÓLIDOS.

Una máquina dosificadora de sólidos cuenta con varios componentes, y para poder describirlos y comprenderlos de mejor manera se los dividirá en dos grupos principales: Hardware y Software.

- Tolva: es una estructura de forma piramidal o cónica, truncada e invertida de gran tamaño, que se encuentra abierta por ambos extremos. Por el extremo superior se introduce o se almacena en el depósito el material granulado o pulverizado, que posteriormente saldrá por el extremo inferior en una menor cantidad, dependiendo de las dimensiones de su construcción, como se muestra en la Figura 1.8.

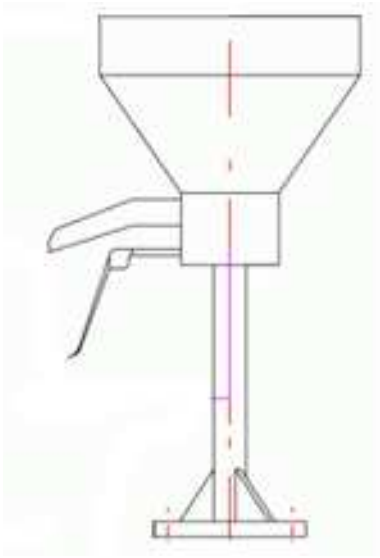


Figura 1.8. Tolva básica

- Tornillos Sin-Fin: también conocido como Husillos o Tornillo de Arquímedes (gracias a su inventor en el siglo III a. C.), es una máquina gravimétrica helicoidal utilizada para elevación de agua, material excavado o pulverizado, cuyo funcionamiento se basa en un tornillo que se hace girar dentro de un cilindro hueco, situado sobre un plano inclinado, y que permite elevar el cuerpo o fluido situado por debajo del eje de giro.[1]

El tornillo sin fin es un sistema capaz de mover materiales a granel en cualquier dirección y proporciona una gran variedad de opciones para su manejo de manera eficaz y confiable. Luego de la instalación requiere una mínima supervisión por lo que resultan ideales para trasladar, dosificar o elevar, materiales a granel, resolviendo las necesidades de transporte y dosificación de manera eficaz en un mínimo de espacio. Es importante mencionar que el tornillo debe ser calculado y fabricado de acuerdo a las características granulométricas del material a transportar.

---

[1] http://es.wikipedia.org/wiki/Tornillo_de_Arqu%C3%ADmedes

Los materiales que típicamente se utilizan para su fabricación son el acero inoxidable ASTM A306 y acero inoxidable A304, para tener una mayor duración y resistencia a la abrasión. La eficiencia de la dosificación depende del adecuado cálculo del tornillo, el cual está compuesto de 3 zonas importantes. Ver Figura 1.9.

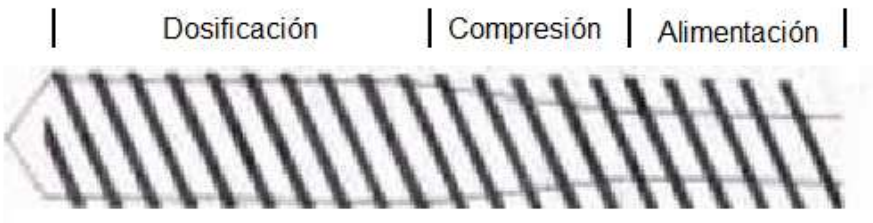



Figura 1.9. Tornillo Sin-Fin y zonas para su cálculo

La primera zona o zona de alimentación, es donde el polvo comienza con el proceso de dosificación y es trasportado a las zonas siguientes. La alimentación debe ser efectiva para que no sea deficiente ni excesiva. La segunda zona es donde se comprime al polvo de acuerdo al espacio entre el diámetro exterior de las aristas y el diámetro menor del tornillo, así como por el paso diametral. La tercera zona es la zona de dosificación que tiene como función homogeneizar la presión y desplazar una cantidad determinada de material. En la Figura 1.10. se muestra el tornillo sin fin y sus partes. En la Tabla 1.1. se muestra un ejemplo de cómo obtener el volumen de producto que existe en una vuelta del tornillo sin fin.

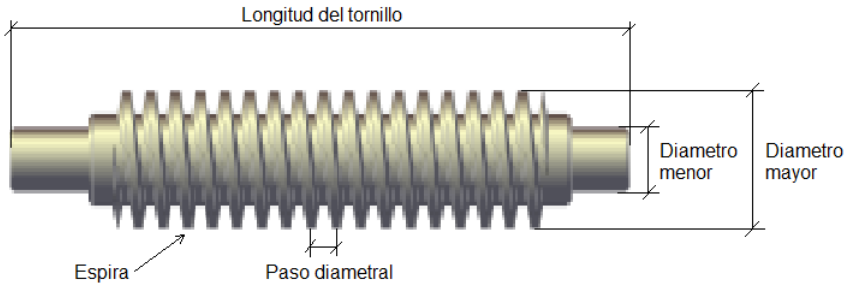



Figura 1.10. Tornillo Sin-Fin y sus partes

A continuación, a manera de ejemplo, se muestra el cálculo de un tornillo sin-fin para un proceso de dosificación de azuzar blanca.

| Datos | Áreas | Área Total | Volumen Total | Peso desplazado por una espira | Peso total desplazado por 8 espiras |
|---|---|---|---|---|---|
| Long = 1.168 m | Mayor = 0.0020282 $m^2$ | 0.00165472 $m^2$ | 0.000078806 $m^3$ | 0.1253 Kg | 1.0024 Kg |
| Diámetro mayor = 0.0467 m | | | | | |
| Diámetro menor = 0.0127 m | | | | | |
| Paso diametral = 1 7/8” | Menor = 0.00012667 $m^2$ | | | | |
| Número de espiras = 22 | | | | | |

Tabla 1.1. Cálculos para el desarrollo del tornillo helicoidal, utilizados para generar el perfil de la Figura 1.10.

- Sensores: son dispositivos capaces de detectar magnitudes físicas o químicas, las mismas que se encuentran en correlación directa con el proceso. Son capaces de transformar dichas magnitudes, a otras, incluyendo señales de tipo eléctrica, para poder manipularlas. Ver Figura 1.11.

Figura 1.11. Ejemplo de un sensor

- Actuadores: son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos (actuadores hidráulicos), de gases (actuadores neumáticos) y de energía eléctrica (actuadores eléctricos). Los actuadores reciben señales de elementos controladores como micro controladores, PLCs, etc., y estos, a su vez, activan a elementos finales de control, por ejemplo, válvulas, servomotores, etc. Ver Figura 1.12.

Figura 1.12. Ejemplos de actuadores

- Controlador Lógico Programable: también conocido por sus siglas PLC, es un dispositivo micro procesado de gran flexibilidad, el cual permite de una manera fácil cambiar su programa de control a través del software propietario (según la marca del PLC) y adaptarlo fácilmente al proceso que en la mayoría de casos son de tipo secuencial, sin realizar mayores cambios en la parte física; es decir, es adaptable al hardware existente en la aplicación industrial. Posee entradas y salidas tanto análogas como digitales, que se las selecciona de acuerdo a la aplicación y gracias a su versatilidad, se puede ampliar sus entradas salidas, agregar módulos de red y más, a través de módulos de expansión existentes. En la Figura 1.13. se muestra la arquitectura básica de un del PLC.

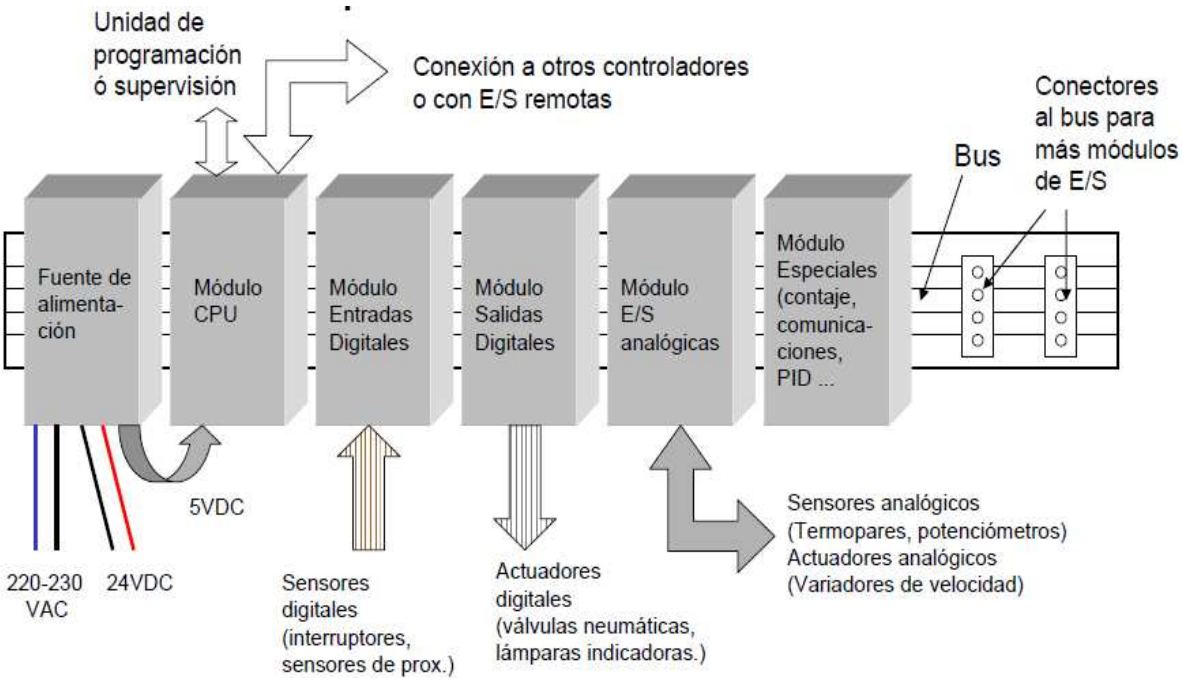



Figura 1.13. Arquitectura básica de un PLC

- Interface Humano Maquina a través de tableros, pantallas táctiles o PCs: en cualquier proceso es importante establecer los parámetros a través de los cuales va a operar el sistema. El ingreso de datos, o parámetros, se lo realiza por diferentes medios como son: tableros con botoneras y visualizadores (ejemplo LCDs), pantallas táctiles o por medio de una PC, la cual ha sido acondicionada para este fin. Estos paneles, que también son conocidos como HMI (son las siglas en ingles de Human Machine Interface), permiten al operador ingresar los valores de consigna, así como realizar ajustes dentro del proceso para el cual fueron diseñados. Su diseño varía según la aplicación y complejidad del proceso.

Las funciones de una HMI son: monitoreo, supervisión, manejo de alarmas, y administración de históricos. La figura 1.14. muestra ejemplo de HMI.

Figura 1.14. Ejemplo de un HMI

#### 1.2.3.1. Software para el desarrollo del proyecto

Para el desarrollo del proyecto es necesario contar con el software adecuado, por ejemplo, para la programación del PLC, se cuenta con el software STEP 7 Micro/Win de Siemens, este potente software de programación fue desarrollado bajo la plataforma de Microsoft Windows.

Step 7 fue desarrollado para la programación de los autómatas programables de la familia S7-200, para el manejo de procesos de líneas de fabricación, máquinas e instalaciones. Gracias a la gran cantidad de funciones integradas a este moderno sistema, se obtiene una buena robustez en sus líneas de programación, diagnosticando problemas para a través de ello poder localizar cualquier fallo y eliminarlo de forma eficaz garantizando una mayor disponibilidad en el sistema. Ver Figura 1.15.

Figura 1.15. Logotipo del software de programación Step7

Para el desarrollo de la HMI se cuenta con WinCC que son las siglas en ingles de Windows Control Center. Este permite desarrollar las HMIs con sus restricciones de acceso a personas no autorizadas, además de generar avisos, alarmas, las que alertan de posibles fallos dentro del proceso. La siguiente es una definición de WinCC de siemens.

SIMATIC WinCC es un sistema de supervisión sobre PC ejecutable bajo Microsoft Windows 95 y Windows NT.

WinCC está concebido para la visualización y manejo de procesos, líneas de fabricación, máquinas e instalaciones. El volumen de funciones de este moderno sistema incluye la emisión de avisos de eventos en una forma adecuada para la aplicación industrial, el archivo de valores de medida y recetas y el listado de los mismos.

Con su potente acoplamiento al proceso, especialmente con SIMATIC, y su seguro archivo de datos, WinCC hace posible unas soluciones de alto nivel para la técnica de conducción de procesos[2]. Ver Figura 1.16.

[2] http://www.automatas.org/siemens/wincc.htm

Figura 1.16. Logotipo del software de programación de WinCC

## 1.3. REQUERIMIENTOS DE LA EMPRESA QCT

En la empresa QCT, en el área de envasado de polvos, se encuentra la máquina dosificadora de sólidos de la marca alemana Optima SD/CA – Wägung (la traducción de alemán a español es Peso). Esta será dividida en tres partes para la explicación de su funcionamiento.

### 1.3.1. PARTES MECÁNICAS

- Tolvas: posee dos tolvas, la primer tolva es de gran tamaño (tolva_2), y sirve para almacenar producto, que posteriormente se lo transportará por medio de un tornillo sin-fin_2 hacia la segunda tolva (tolva_1), que sirve para recoger el producto que será dosificado a través de un tornillo sin-fin_1.
- Tornillos sin-fin para transportar el producto de la tolva_2 a la tolva_1, así como para la dosificación del producto. En este punto el tornillo es intercambiable dependiendo de la cantidad de producto a dosificar. Consta con tres diferentes tornillos de diferentes medidas para realizar este trabajo.

Existen tres motores que funcionan de la siguiente manera:

- Motor_1, se encuentra acoplado al tornillo sin-fin_1 controlado por tarjetas de adquisición de datos. El proceso parte de una velocidad inicial (establecida a través de un panel de operación), y reduce la velocidad del motor_1, según requiera el proceso.
- Motor_2 con caja reductora, se encuentra acoplada al tornillo sin-fin_2 que es el encargado de transportar el producto desde la tolva_2 hacia la tolva_1. Este proceso se lo realiza a una sola velocidad.
- Motor_3 con caja reductora, se encuentra acoplado a un agitador, el cual se encarga de mantener al producto que se encuentra en la tolva_1 en movimiento, consiguiendo con esto que el producto fluya de una manera homogénea a través del tornillo sin-fin_1, y evitando que el producto se pegue o se empaste a las paredes de la tolva_1. La velocidad de giro de este motor se la puede regular a través de un selector de posición instalado en la caja reductora del motor_3.
- Balanza, constituida por un arreglo de celdas de carga.
- Sensor piezoeléctrico de nivel de producto, para verificar si en tolva_1 hay producto.
- Compuertas accionadas por electroválvulas neumáticas: existen dos compuertas de este tipo, la primera sirve para la sujeción de la funda en la cual se va a colocar el producto dosificado, y una segunda que sirve para evitar la caída del producto una vez que el tornillo de dosificación se ha detenido.

### 1.3.2. SISTEMA DE CONTROL

El sistema es controlado por tarjetas que reciben y envían las señales necesarias para el control de cada uno de los componentes, como son: los motores, las electroválvulas que controlan a sus respectivas compuertas, además adquieren los datos necesarios enviados desde la balanza con la cual controlan la velocidad de dosificación.

### 1.3.3. SISTEMA DE POTENCIA

El sistema de potencia consta de un transformador de relación n=1:1, el cual recibe la energía de la Empresa Eléctrica Quito (alimentación trifásica 220 VAC, 60 HZ), y su salida es enviada a un autotransformador de relación n=1:2, para ser elevado a 380 VAC, 50 hz, que es la requerida por lo motores trifásicos.

Los requerimientos de la empresa QCT, fueron:

Verificación de todo el sistema:

1. Parte mecánica. Comprobar el estado en el que se encuentra cada una de las partes mecánicas, como son: cada uno de los motores, la operatividad del sistema neumático; es decir, de las dos electroválvulas y sus elementos finales de control, el sistema de pesaje; es decir, la balanza, el estado del sensor de nivel de producto.
2. Sistema de control. Debido al mal estado en que se encontró las tarjetas de control, se decidió reemplazar por completo todas ellas.
3. Sistema de potencia. Verificar el correcto funcionamiento del transformador relación n=1:1, así como el correcto funcionamiento y elevación de voltaje del autotransformador de relación n=1:2.

Selección e instalación de los elementos requeridos para reactivar la máquina:

1. PLC. Realizar un estudio de cuantas entradas y salidas son requeridas en el proceso para la compra del PLC necesario, así como de los módulos adicionales.
2. Variador de velocidad. Dependiendo de los datos adquiridos en la placa del motor, seleccionar el variador de velocidad necesario, para controlar la velocidad de dosificación requerida en el proceso.
3. Pantalla Táctil. Selección de una pantalla táctil adecuada para el proceso.

4. Selección de los elementos de protección y control necesarios como son: guarda motores, contactores, relés, etc.
5. Instalar cada uno de los elementos necesarios y sus respectivas protecciones para reactivar la máquina dosificadora de sólidos.
6. Realizar el cableado necesario.

Desarrollo de la programación con su respectivo software:

1. Programación del PLC. Realizar el programa necesario que permita controlar el proceso y tome las acciones de control requeridas por él mismo.
2. Realizar la HMI; es decir, programar una pantalla táctil, la misma que permitirá el ingreso de los parámetros necesarios para el funcionamiento de la máquina dosificadora de sólidos.

Puesta en marcha de todo el sistema.

En el siguiente capítulo se detallará la situación en la que se encontró la máquina y la situación actual, así como los equipos y su dimensionamiento de los mismos

# CAPITULO 2

# DIMENSIONAMIENTO Y CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS Y DISPOSITIVOS

# CAPITULO 2

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARWARE DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN

El objetivo del presente capítulo es dar a conocer la situación en la que se encontró la máquina dosificadora de sólidos, y el análisis que se hizo a cada uno de sus compontes principales.

## 2.1. MÀQUINA DOSIFICADORA DE SÓLIDOS

La empresa QCT dentro de sus instalaciones cuenta con una máquina dosificadora de sólidos, la misma que fue adquirida de las instalaciones de otra empresa, hace aproximadamente 12 años con el fin de poder ponerla en marcha (pues es un pilar importante dentro de la empresa QCT), ya que esta máquina no se encontraba funcionando debido a la falta de repuestos en la parte de potencia, además dos de las tarjetas de control de la misma, se encontraban fuera de servicio poniendo completamente no operativa a la máquina dosificadora de sólidos. La Figura 2.1. muestra el esquema básico de la máquina.

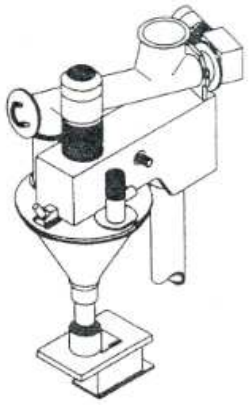


Figura 2.1. Esquema básico de la máquina Optima SD/CA Wägung

La Tabla 2.1.y la Figura 2.2. a continuación muestran los nombres y la ubicación de las partes principales con las que cuenta la máquina dosificadora de sólidos, los mismos que ayudarán a tener una idea general de la constitución física de la misma. Es importante señalar que se reemplazó la balanza y el panel de operación.

| | |
|---|---|
| 1 | Motor 1 para accionar el tornillo sin-fin vertical |
| 2 | Ingreso del suministro del producto desde la tolva de almacenaje |
| 3 | Motor 2 para accionar el tornillo sin-fin horizontal |
| 4 | Tornillo sin-fin_2 horizontal |
| 5 | Motor 3 para accionar el agitador |
| 6 | Sensor piezoeléctrico de nivel de producto |
| 7 | Tolva de almacenaje de producto para dosificación |
| 8 | Agitador |
| 9 | Espira de mayor diámetro para promover el producto al tornillo sin-fin de dosificación |
| 10 | Tornillo sin-fin_1 para dosificación |
| 11 | Compuerta on/off accionada por electroválvula neumática |
| 12 | Balanza |
| 13 | Panel de operación |
| 14 | Tablero de control y potencia |

Tabla 2.1. Principales componentes de la máquina dosificadora de sólidos

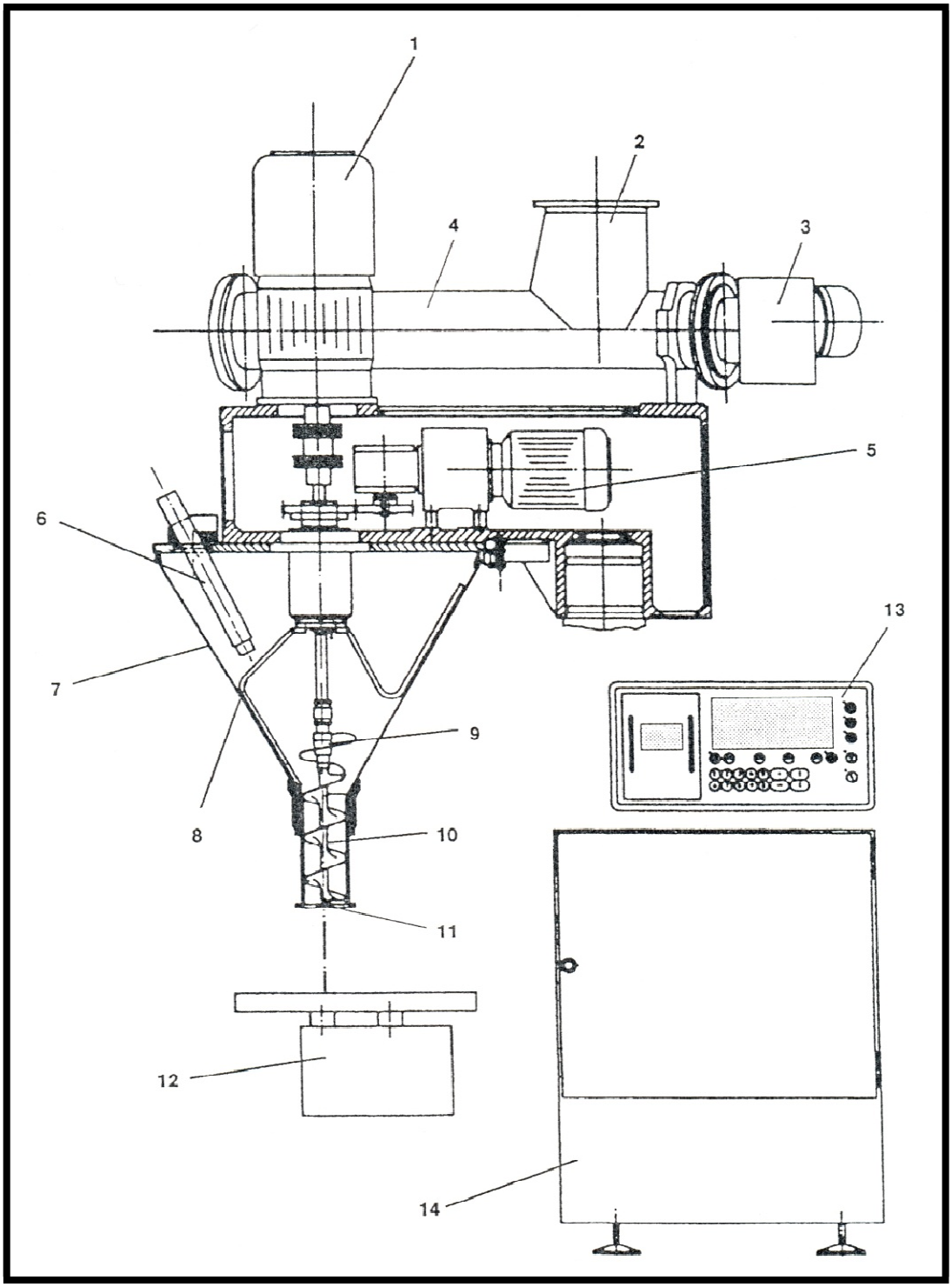



Figura 2.2. Esquema general de la máquina dosificadora de sólidos y sus partes

## 2.2. SITUACIÓN EN LA QUE SE ENCONTRÓ LA MÁQUINA DOSIFICADORA DE SÓLIDOS

Para poder explicar la situación en la que se encontró la máquina dosificadora de sólidos, se la va a dividir en las siguientes partes: partes mecánicas, sistema de control y sistema de potencia. En cada uno de esto puntos se indicará su estado y se describirá las características de cada uno de sus componentes.

### 2.2.1. PARTES MECÁNICAS

- Tolvas

  Las dos tolvas con las que cuenta la máquina dosificadora de sólidos se encuentran en perfectas condiciones y tienen las siguientes características.

  La primera tolva (tolva_2, ver Figura 2.3.) tiene una capacidad de 0.523 $m^3$, y

  está construida en acero inoxidable, sirve para el almacenaje del producto.

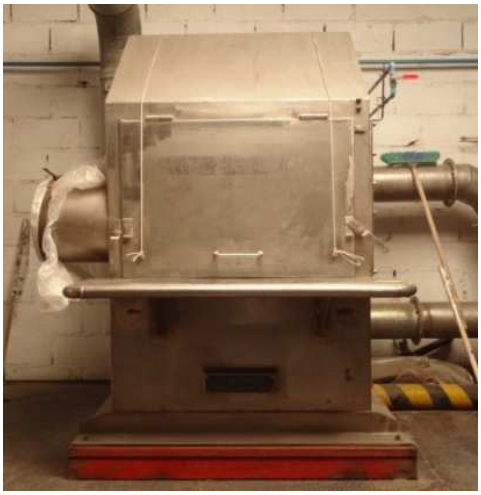


Figura 2.3. Fotografía de la tolva_2 o de almacenamiento

La segunda tolva (tolva_1, ver Figura 2.4.) tiene una capacidad de 0.046 $m^3$, y está construida de acero inoxidable, sirve para recoger el producto que va a ser dosificado.

Figura 2.4. Esquema de la tolva_1 o de dosificación.

- Tornillos sin-fin

La máquina dosificadora de sólidos cuenta con tres tornillos los mismos que se encuentran en buen estado. El primer tornillo sirve para transportar el producto desde la tolva_2 hacia la tolva_1. Los dos siguientes sirven para dosificar el producto que dependiendo del peso a ser dosificado, se elije entre uno u otro. El material de los mismos es acero inoxidable.

En la Figura 2.5. Figura 2.6. y Figura 2.7. se muestran los tornillos sin fin de la máquina dosificadora de sólidos.

Figura 2.5. Esquema del tornillo utilizado por la máquina dosificadora de sólidos

Figura 2.6. Tornillo utilizado para llevar el producto desde la tolva de almacenaje hasta la tolva de dosificación

Figura 2.7. Tornillos utilizados para la dosificación

- Motores

La máquina dosificadora de la marca alemana Optima cuenta con tres motores. Estos se encontraban trabados debido al tiempo que estaban no operativos y sin mantenimiento de ninguna especie. A continuación se describe su operación dentro del sistema, y se muestra las características eléctricas de los mismos.

Motor_1: Este es un motor trifásico que se encuentra acoplado al tornillo sin-fin_1 y es controlado por sus respectivas tarjetas de control. El proceso parte de una velocidad inicial establecida dependiendo de los datos ingresados a través de un panel de operación, y reduce la velocidad del motor_1, según requiera el proceso. Este motor sirve para dosificar el producto. En la Tabla 2.2. se muestran las características del motor y en la Figura 2.8. el motor.

| **DATOS DE PLACA DEL MOTOR 1** | | |
|---|---|---|
| Typ: RC 1704 | FT: 55 – 100 | 1.7 Kw |
| 3 x 380 Vac | 5.2 A | 50 Hz |
| 1200 rpm | Cos Ø 0.84 | |

Tabla 2.2. Datos de placa del motor_1

Figura 2.8. Estado en que se encontró al motor_1

Motor_2 con caja reductora: Este motor trifásico que se encuentra acoplada al tornillo sin-fin_2, que es el encargado de transportar el producto desde la tolva_2 hacia la

tolva_1, este proceso se lo realiza a una sola velocidad. En la Tabla 2.3. se muestran las características del motor y en la Figura 2.9. el motor.

| DATOS DE PLACA DEL MOTOR 2 | | |
|---|---|---|
| Typ: RF 7142 | FT: 55 – 100 | 0.55 Kw |
| 3 x 220 Vac | 2.25 A | 50 / 60 Hz |
| 3 x 380 Vac | 1.3 A | 50 / 60 Hz |
| 1200 rpm | Cos Ø 0.89 | |

Tabla 2.3. Datos de placa del motor_2

Figura 2.9. Motor_2 con su caja reductora

Motor_3 con caja reductora: Este motor trifásico se encuentra acoplado a un agitador, el cual se encarga de mantener al producto que se encuentra en la tolva_1 en movimiento, consiguiendo con esto que el producto fluya de una manera homogénea a través del tornillo sin-fin_1, y evitando que el producto se pegue o se empaste a las paredes de la tolva_1. La velocidad de giro de este motor, se la puede regular a través de un selector de posición instalado en la caja reductora del motor_3. En la Tabla 2.4. se muestran las características del motor y en la Figura 2.9. el motor.

| DATOS DE PLACA DEL MOTOR 3 | | |
|---|---|---|
| Typ: RF 7142 | FT: 55 – 100 | 0.55 Kw |
| 3 x 220 Vac | 2.25 A | 50 / 60 Hz |
| 3 x 380 Vac | 1.3 A | 50 / 60 Hz |
| 1200 rpm | Cos Ø 0.89 | |

Tabla 2.4. Datos de placa del motor_3

Figura 2.10. Motor_3 con su caja reductora

- Balanza

Se encuentra constituida por un arreglo de celdas de carga y por dos tarjetas electrónicas. Después de realizar las pruebas respectivas, se llegó a la conclusión de que todo el conjunto se encuentra inoperativo, por lo que se decidió reemplazar a todo el conjunto por completo. Ver figura 2.11.

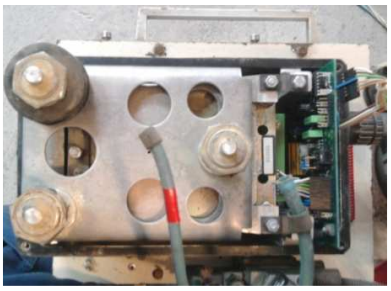


Figura 2.11. Sistema de pesaje

- Sensor piezoeléctrico de nivel de producto:

Se lo encontró en buenas condiciones de funcionamiento. Sirve para verificar la presencia de producto en el interior de la tolva_1, en un nivel alto o cuando la tolva se encuentra completamente llena. Este sensor (ver Figura 2.12.) cuenta con un tiempo determinado por programa, pues no existe un sensor de nivel bajo de producto. El sensor emite una señal para activar al motor_2 el mismo que hace girar al tornillo sin-fin_2, que traslada el producto desde la tolva de almacenamiento hacia la tolva de dosificación.

Figura 2.12. Sensor piezoeléctrico

- Sistema neumático

El sistema neumático cuenta con dos válvulas reguladoras de presión, y dos electroválvulas que accionan a sus elementos finales de control que son: una compuerta on/off para evitar la caída del producto una vez que el proceso se encuentra detenido, y un cilindro normalizado para la sujeción de la funda a ser dosificada.

- Unidad de mantenimiento neumático

Es el sistema encargado de regular la presión que va hacia los actuadores. Según la aplicación se puede tener: válvulas reguladoras de presión, limitadoras de presión y válvulas de secuencia. Estas válvulas (ver Figura 2.13.), después de una buena

limpieza y después de ponerlas en operación, se determinó que se encuentran en buen estado de funcionamiento.

Figura 2.13.Unidad de mantenimiento.

- Compuertas accionadas por electroválvulas neumáticas

Existen dos compuertas de este tipo, la primera es un cilindro normalizado que sirve para la sujeción de la funda en la cual se va a colocar el producto dosificado, como se muestra en la Figura 2.14. La segunda sirve para evitar la caída del producto, una vez que el tornillo de dosificación se ha detenido, como se muestra en la Figura 2.15.

Figura 2.14. A la izquierda se muestra la electroválvula y a la derecha el cilindro normalizado para la sujeción de la funda

Figura 2.15. Muestra la electroválvula y la compuerta on/off

- Panel de operación

El ingreso de parámetros se lo realizaba a través del siguiente panel de operación (ver la Figura 2.16.), el mismo que después de las respectivas pruebas de operación se concluyó que se encontraba no operativo.

Figura 2.16. Pantalla para el ingreso de parámetros de operación

### 2.2.2. SISTEMA DE CONTROL

El sistema es controlado por tarjetas las cuales reciben y envían las señales necesarias para el control de cada uno de los componentes, como son: los motores, sensores, las electroválvulas que controlan a sus respectivas compuertas, además adquieren los datos necesarios, enviados desde la balanza, a partir de los cuales controla la velocidad del motor 1 para la dosificación.

El tablero cuenta con varias tarjetas de control a base de integrados, microcontroladores y microprocesadores, los mismos que se encontraron en mal estado y cuyos buses de datos se encontraban desconectados y en pésimas condiciones como se muestran en las fotografías a continuación:

Figura 2.17. A la izquierda se muestra un conjunto de fuentes y a la derecha dos de las tarjetas de control del sistema

Figura 2.18. Tarjeta para el control de la parte de potencia del sistema

Estas tarjetas también controlan las acciones de los actuadores como son los relés para los sensores, contactores que controlan a los motores, así como a las luces de señalización, electroválvulas que accionan a la compuerta on/off y al cilindro de sujeción de la funda, de mas elementos finales de control. A continuación se muestra el estado de estos elementos y sus respectivas conexiones (ver Figura 2.19.):

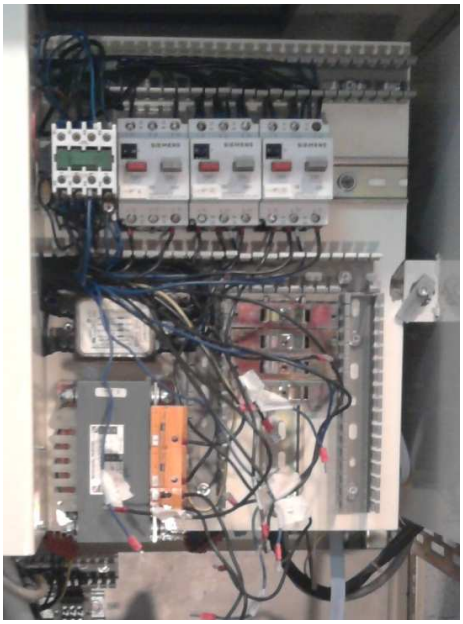


Figura 2.19. Relés, contactores y elementos de control para la parte de potencia y el estado de sus conexiones

Como se puede notar en la Figura 2.19. la mayoría de las conexiones están fuera de los elementos, además de faltar más de un elemento de control para la parte de potencia.

### 2.2.3. SISTEMA DE POTENCIA.

El sistema de potencia consta de un transformador de relación n=1:1, el cual recibe la energía de la Empresa Eléctrica Quito (alimentación trifásica 220 VAC, 60 HZ), y su salida es enviada a un autotransformador de relación n=1:2, para ser elevado a 380 VAC, 50 hz, que es la requerida por lo motores trifásicos. Ver Figura 2.20.

El sistema de potencia se encontró funcionando, y luego de realizar una inspección general de todas sus conexiones y una verificación y medición de sus entradas y salidas de voltaje en su transformador y autotransformador, se concluyó que el mismo se encontraba trabajando en perfectas condiciones.

Figura 2.20. A la izquierda se encuentra el transformador y a la derecha el autotransformador elevador

## 2.3. SITUACIÓN ACTUAL DE LA MÀQUINA DOSIFICADORA DE SÓLIDOS.

### 2.3.1. ESTRUCTURA

La máquina dosificadora de sólidos esta ensamblada sobre una estructura metálica y sujetada debidamente al suelo (ver Figura 2.21.); es decir, las tolvas, los motores, el sensor de nivel, los tornillos sin-fin, la balanza, la pantalla táctil; se encuentran colocadas sobre una estructura metálica de acero, la misma que se encuentra en buenas condiciones.

Figura 2.21. Estructura de la máquina dosificadora de sólidos

### 2.3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL.

Como se indicó en el punto 2.1.1.2. Sistemas de Control: las tarjetas de control se encontraban no operantes y por esto se decidió cambiar por completo el sistema de control con el que contaba la máquina dosificadora de sólidos. Se decidió instalar un PLC como unidad principal de control, recibiendo señales que serán procesadas y un programa emitirá las debidas señales de control sobre los actuadores y estos en sus elementos finales de control.

Se decidió también cambiar todo el sistema de pesaje, pues al realizar pruebas al antiguo sistema se comprobó que el mismo estaba fuera de servicio. Se lo reemplazó con una celda de carga, la que emite una señal análoga en milivoltios que es transformada a una señal de corriente normalizada.

El control de velocidad del motor_1 se lo piensa realizar a través variador de velocidad, el mismo que recibiría señales análogas enviadas desde el PLC.

### 2.3.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

Cada uno de los elementos de control utilizados se describe a continuación:

- Sensor de peso

Compuesto por una celda de carga que es un transductor de peso utilizado para convertir una fuerza en una señal eléctrica. La fuerza que se desea medir deforma la galga extensiométrica, que convierte el desplazamiento o la deformación en señales eléctricas.

Las celdas de carga se las puede encontrar en diferentes presentaciones, su selección depende el uso que vaya a tener la misma. Existen celdas de carga con una sola galga extensiométrica pero también se puede encontrar arreglos de dos y cuatros galgas extensiométricas las que se acondicionan en una configuración tipo puente de Wheatstone, obteniendo una salida típicamente en milivoltios que debe ser amplificada mediante un amplificador de instrumentación antes de que pueda ser utilizada.

La galga extensiometrica utilizada tiene las siguientes caracteristicas (ver Tabla 2.5.):

| | |
|---|---|
| 3000 a 6000 divisiones | |
| Capacidad | 20 Kg |
| Sensibilidad | 2 $\pm$ 10 % mV/V |
| Resistencia de entrada | 390 $\pm$ 3 Ω |
| Resistencia de salida | 350 $\pm$ 3 Ω |
| Vmin | Emax/12000 |
| Rango de tensión de alimentación | 18….. 28 Vdc |

| | |
|---|---|
| Tensión máxima de alimentación | 30 Vdc |
| Resistencia de alimentación | >5000 $M\Omega$ |
| Compensacón de temperatura | - 10…. + 40℃ |
| Temperatura de servicio | - 25…. + 70℃ |
| Error combinado | < $\pm$ 0.016% Sn |
| Carga mínima | 0% |
| Carga de servicio | 120% Emax |
| Carga limite | 150% Emax |
| Deformación máxima a Emax | 0.25 a 0.5 mm |
| Peso aproximado | 0.3 Kg |

Tabla 2.5. Características de la celda de carga

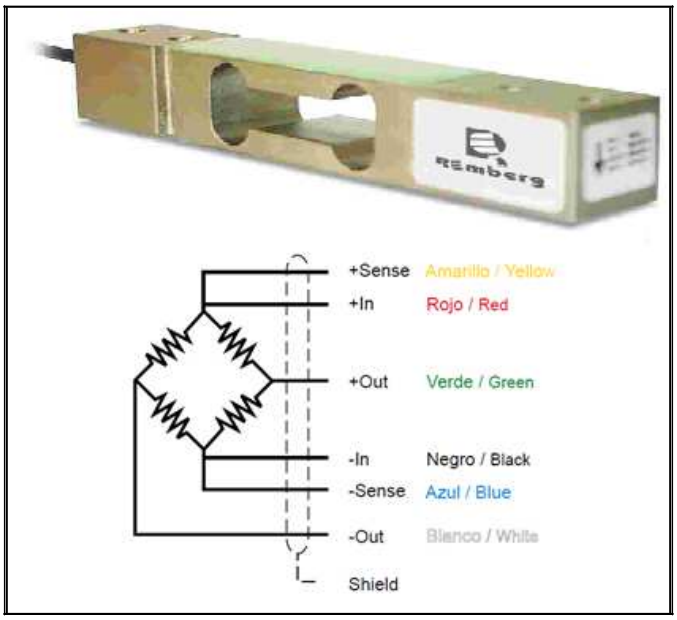



Figura 2.22. Conexiones eléctricas celda de carga

- Selección del Controlador Lógico Programable

De acuerdo a la tecnología existente en la actualidad, se ha tomado la decisión de utilizar un PLC (Controlador Lógico Programable), por su gran capacidad de respuesta frente a diversos requerimientos industriales, la robustez en ambientes hostiles y la facilidad de adquirirlo así como de programarlo.

Mediante la utilización del PLC se puede lograr un gran aumento en la productividad que es el objetivo principal de la industria, así como un aumento en la calidad del producto manufacturado, con un sistema automatizado eficiente y asertivo.

En la selección del autómata se deben considerar varios aspectos importantes, cuyo objetivo es adquirir un dispositivo que cumpla con los requerimientos de la máquina para un óptimo desarrollo del sistema de control.

Las consideraciones son las siguientes:

- Los recursos disponibles del sistema anterior
- Los requerimientos del nuevo sistema de control
- Número de entradas y salidas digitales o análogas
- El tipo y número de puertos de comunicación
- Instrumentación disponible en el proceso
- Capacidad de expansión para posibles readecuaciones o modificaciones futuras
- Con que dispositivo se va a realizar el HMI

Los sensores que se implementan en el sistema de dosificación son dos: un sensor piezoeléctrico que permite detectar el nivel del producto en la tolva 1 de almacenamiento y un sensor magnético cuyo objetivo es detectar que la tolva 1 este colocada, caso contrario no permitir el encendido de la máquina, los pulsadores para el encendido y apagado de la máquina, así como él pulsador de emergencia y un transmisor de peso.

Las electroválvulas controlan la apertura y cierre de la compuerta, así como, el ajuste de la funda.

Para controlar la velocidad del motor dosificador de usa un variador de velocidad.

Pantalla táctil o HMI (Interfaz hombre máquina), objetivo de la misma es introducir los parámetros necesarios con los cuales la máquina dosificadora de sólidos va a trabajar.

En la Tabla 2.6. se detalla el número de entradas y salidas se son requeridas para seleccionar el PLC.

| SIMBOLO | DIRECCIÓN | COMENTARIO |
|---|---|---|
| MOTOR 1 | Q0.0 | MOTOR PRINCIPAL PARA ACCIONAR EL TORNILLO SIN FIN VERTICAL |
| MOTOR 2 | Q0.1 | MOTOR PARA ACCIONAR TORNILLO SIN FIN HORIZONTAL |
| MOTOR 3 | Q0.2 | MOTOR PARA ACCIONAR EL AGITADOR DENTRO DE LA TOLVA |
| COMPUERTA ON-OFF | Q0.3 | COMPUERTA ON-OFF ACCIONADA POR ELECTROVALVULA NEUMÁTICA |
| AJUSTE DE FUNDA | Q0.4 | ELECTROVALVULA QUE AJUSTA LA FUNDA A LA BALANZA |
| FOCO 1 | Q0.5 | LUZ VERDE INDICADORA DE PESO BUENO |
| FOCO 2 | Q0.6 | LUZ ROJO INDICADORA DE PESO MALO |
| CONTROL DEL VARIADOR DE VELOCIDAD | Q0.7 | CONTROL DE ENCENDIDO Y APAGADO DEL VARIADOR DE VELOCIDAD |
| SENSOR1 | I0.0 | SENSOR PIEZOELECTRICO DE NIVEL DEL PRODUCTO |
| PULSADOR 1 | I0.1 | PULSADOR QUE INDICA EL INICIO DEL PROCESO |
| PULSADOR 2 | I0.2 | PULSADOR QUE ENCIENDE LA MÁQUINA |
| PULSADOR 3 | I0.3 | PULSADOR QUE APAGA LA MAQUINA |
| PULSADOR 4 | I0.4 | PULSADOR DE EMERGENCIA |
| SENSOR2 | I0.5 | SENSOR MAGNETICO QUE DETECTA QUE LA TOLVA ESTE COLOCADA |

Tabla 2.6. Entrada y salidas Digitales del PLC

Después del respectivo análisis para presente proyecto de titulación se consideró objetivos que permitan el mejoramiento de la producción, mejoramiento del sistema de seguridad para la máquina y el operador, fácil comunicación con elementos

externos de control mediante una HMI y, un aspecto muy importante, reemplazar totalmente el sistema de control por las deficiencias encontradas.

El autómata seleccionado para la automatización del sistema de dosificación de sólidos es el S7-200 CPU224XP de la familia SIEMENS (ver Figura 2.23.) que cumple con los requerimientos para el control del proceso.

Figura 2.23. Autómata S7-200 CPU224XP

En la Tabla 2.7.se muestra las características del autómata:

| **AUTOMATA** | **CARACTERISTICAS** |
|---|---|
| Versiones disponibles | AC-DC-Relé y DC-DC-DC |
| Alimentación | 24VDC |
| Entradas –salidas digitales integradas | 24VDC-14 DE/10 DA |
| Salidas digitales | 24 V DC, máx. 0,75 A, pueden conectarse en paralelo para aumentar la potencia |
| Entradas/salidas analógicas Nº de canales vía módulos de ampliación | 2 EA/1 SA integradas32/28/44 |
| Memoria de programas | 12/16 kbytes |
| Memoria de datos | 10 kbytes |
| Puertos de comunicación RS 485 | 2 |
| Marcas, temporizadores, contadores | 256 |
| Contadores rápidos | 4 x 30 kHz, 2 x 200 kHz,de ellos, 3 x 20 kHz y 1x 100 kHz usables como contadores A/B |
| Alimentación p. sensores 24 V DC integrada | máx. 280 mA |

| | |
|---|---|
| Contadores hardware independientes | 6 |
| Entradas de interrupción independientes | 4 |
| Reloj tiempo real | Integrado |
| Velocidad de ejecución de operaciones Binarias | 0,22 µs |

Tabla 2.7. Características del Autómata S7-200 CPU 224XP

- Transductor IND-110

Recibe la señal eléctrica en milivoltios que proviene de la celda de carga y la acondiciona a otra señal eléctrica normalizada de 4 – 20 mA, la que pueda ingresar a una entrada análoga del PLC. Ver Figura 2.24. El transductor IND-110 tiene las siguientes características (ver Tabla 2.8.):

| | |
|---|---|
| Dimensiones | 3.9 x 2.9 x 2.2 pulgadas<br>100 x 74 x 57 mm |
| Fuente externa | 20… 28 VDC, 300 mA max, 8 watts<br>Fuente de alimentación Clase 2 |
| Entrada a la celda de carga | Alimentación:10 VDC, 120mA max,(4 – 350 ohm celda)<br>Celdas de carga acceptadas:1.5 a 3 mV/V con Puente lleno<br>Rango de span: 25 a 110% de la capacidad de la celda @ 2mV/V<br>Rango de zero: 0 a100% de la salida de la celda @ 2mV/V |
| Salidas discretas<br>(setpoints) | Una salida de nivel bajo y una salida de nivel alto, a colector abierto 5 a 30 VDC<br>75mA max corriente de fuga.<br>Transistor ON cuando el peso < al valor del setpoint.<br>(El emisor del transistor se conectó a la fuente común) |
| Salidas análogas | Señal: 4 a 20 mA, (1 mA y 24 mA limite)<br>Rango de la resistencia de carga: 0 a 500 ohms<br>Resulución de la salida: 1 parte en 4000 min. @ 25% carga del span<br>Temperatura de estabilidad: #20 PPM/℃ (span), 50 PPM/℃ (zero) |

| | |
|---|---|
| | Tiempo de conversión: 50 mS (20 actualizaciones/sec) |
| Calibración | DIP la selección de cada switch habilita la calibración de la celda de carga en el panel frontal.<br>zero/span y setpoint en los limites alto/bajo.<br>↺ boton: Toggle between modes<br>+ boton: Incremento el valor<br>- boton: decremento el valor |
| Leds indicadores | Alimentación: ON con +24VDC<br>HI : ON cuando la señal de la celda de carga < HI setpoint<br>LO : ON cuando la señal de la celda de carga < LO setpoint |
| Condiciones ambientales | Temperatura de operación: -10° a 45° C<br>Storage temp: -20° a 70° C<br>Humedad: ≤ 95% RH codiciones nomales |

Tabla 2.8. Características del transductor IND-110

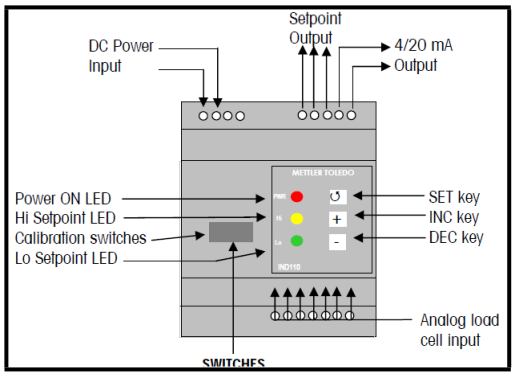



Figura 2.24. Transductor IND-110 y sus partes

La salida normalizada de 4-20 mA del transductor IND-110 es enviada a un modulo de expansión de entradas análogas del PLC.

- Módulo de expansión de entradas análogas

En esta fase de diseño se decidió utilizar un PLC modular que pueda aceptar módulos de expansión. Esta decisión demostró ser acertada.

El módulo de expansión EM 231cuenta con 4 entradas análogas para sensores que cuenta con tiempos muy cortos de conversión. Ver Figura 2.25.

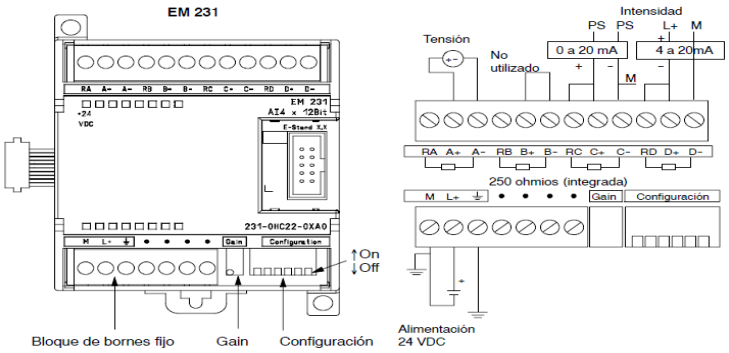



Figura 2.25 Modulo de expansión EM 231 sus partes y sus conexiones

La Tabla 2.9. muestra la configuración con la que cuenta el modulo y en la Tabla 2.10. se indica las características del modulo.

| Unipolar | | | Rango máx. | Resolución |
|---|---|---|---|---|
| Int. 1 | Int. 2 | Int. 3 | | |
| ON | OFF | ON | 0 a 10 V | 2,5 mV |
| | ON | OFF | 0 a 5 V | 1,25 mV |
| | | | 0 a 20 mA | 5 µ A |
| **Bipolar** | | | **Rango máx.** | **Resolución** |
| **Int. 1** | **Int. 2** | **Int. 3** | | |
| OFF | OFF | ON | ±5 V | 2,5 mV |
| | ON | OFF | ±2,5 V | 1,25 mV |

Tabla 2.9. Estado de los switchs para la configuración del módulo

| | |
|---|---|
| **Consumo de energía** | |
| • Carga de voltaje L+ (sin carga), máximo | 60 mA |
| • Voltaje del bus 5 V DC, máximo | 20 mA |
| • Disipación de potencia | 2 Watts |
| **Entradas analogas** | |
| • Número de entradas análogas | 4 entradas diferenciales |
| • Longitud del cable blindado, máximo | 100 m; para el sensor |

| | |
|---|---|
| • Entrada permisible de voltaje, máximo | 30 VDC |
| • Entrada permisible de corriente, para voltaje máx | 32 mA |
| Randos de voltajes de entrada (valores nominales) | |
| • 0 to +5 V Yes | Si |
| • 0 to +10 V Yes | Si |
| • -2.5 V to +2.5 V Yes | Si |
| • -5 V to +5 V Yes | Si |
| Rangos de corrientes de entrada, (valores nominales) | |
| • 0 to 20 mA | Si |
| **Información de valores análogos** | |
| Información de valores análogos | |
| Integración / conversión. Tiempo / activación por canal | |
| • Con mayor rango (bits incluidos signos), max | 12 bits |
| • Tiempo de conversión por canal | 250 µs |
| Displayable conversion value range | |
| • Señal bipolar | -32,000 to +32,000 |
| • Señales unipolares | 0 a 32000 |

Tabla 2.10. Características del transductor IND-110

- Selección de la Pantalla táctil

Todo sistema automatizado debe contar con una HMI para poder ingresar los parámetros necesarios con los que va a trabajar el sistema, además de poder supervisar una parte especifica o, si el sistema lo requiere, todo su funcionamiento.

Para cumplir con el objetivo antes mencionado se adquirió la pantalla más adecuada, pensando en que la misma pueda brindar las facilidades básicas de operación, una comunicación adecuada con él PLC, así como brinde la seguridad

adecuada para el sistema y los operadores. Además se tomó en cuenta el costo-beneficio de la misma, pues también es un parámetro importante al momento de seleccionar cualquier dispositivo de control.

Tomando en cuenta todos los puntos anteriores se seleccionó el panel de operador TP177micro de la familia siemens, que cuenta con las siguientes características: (Ver Tabla 2.11) la Figura 2.25. muestra el panel táctil utilizado.

| | |
|---|---|
| Peso sin embalaje | 750 g aproximadamente |
| Tipo | LCD-STN modo azul |
| Área activa del display | 115,18 mm x 86,38 mm (5,7") |
| Resolución | 320 x 240 puntos de imagen |
| Colores representables | 4 niveles de azul |
| Regulación de contraste | Sí |
| Iluminación de fondo | CCFL |
| Unidad de entrada | Pantalla táctil resistente |
| Memoria de aplicación | 256 KB |
| Tensión nominal | + 24 V DC |
| Rango admisible | 20,4 V a 28,8 V (-15%, +20%) |
| Transitorios máximo admisible | 35 V (500 ms) |
| Consume de tensión nominal:<br>• Tipico<br>• Corriente continua máxima<br>• Impulso de corriente de conexión $I^2t$ | <br>• Aprox. 240 mA<br>• Aprox. 300 mA<br>• Aprox. 0,5 $A^2s$ |
| Fusible interno | Electrónico |

Tabla 2.11. Características del panel táctil TP177micro

Figura 2.26. Panel táctil TP177micro

- Selección del Variador de Frecuencia

En el proceso de dosificación de sólidos es necesario controlar la velocidad de dosificación, por lo que se adquirió un variador de frecuencia que controlará la velocidad de motor_1 que mediante señales enviadas desde el PLC, al variador de velocidad, se regulará al motor_1 hasta llagar al objetivo deseado que es el de tener el peso adecuado.

Para la selección del adecuado variador de velocidad, se consideraron los siguientes parámetros:

- Características del motor a seleccionar:
  - Corriente máxima (considerando factor de servicio)
  - Voltaje nominal
  - Frecuencia nominal
- Tipos de carga o aplicación:
  - Torque o par
  - Velocidad
  - Potencia máxima a velocidad nominal
- Condiciones ambientales y de trabajo:
  - Temperatura ambiente

- Altura (por razones térmicas, a mayor altura de operación, la presión atmosférica disminuye ocasionando una menor capacidad de refrigeración de equipo).

- Condiciones de red y calidad de energía:
  - Bajo existencias de cargas sensibles adyacentes a los variadores o si se quiere disminuir la generación de armónicos producto de los variadores, deberán instalarse inductancias de entrada (antes de los variadores a manera de filtros).

Tomando en cuenta estos parámetros se eligió el Convertidor de Frecuencia G120 de la familia de Siemens que tiene la característica de ser modular, y cuenta con las siguientes características (ver Tabla 2.12.):

| **Características seleccionadas** | |
|---|---|
| Potencia | 3 HP en sobrecarga alta/baja |
| Dimenciones de montaje (Ancho x Altura x Profundidad) mm | 153 x 334 x 250 |
| **Datos técnicos** | |
| • Tensión de red | 3 x (380…… 480) V AC ± 10% |
| • Frecuencia de red | 47 a 63 Hz |
| • Capacidad de sobrecarga<br>Sobrecarga en alto | 1,5 x intensidad nominal durante 1 min dentro de 5 min<br>2 x intensidad durante 3 seg dentro de 5 min |
| • Capacidad de sobrecarga<br>Sobrecarga en bajo | 1,5 x intensidad nominal durante 1 min dentro de 5 min<br>2 x intensidad durante 3 seg dentro de 5 min |
| • Frecuencia de salida | 0 a 650 Hz para regulación U/f<br>0 a 200 Hz para regulacón vectorial |
| • Frecuencia de pulsación | 4 KHz (estandar) |
| • Rendimiento del convertidor | 96 a 97 % |

| | |
|---|---|
| **Funciones**<br>Funciones de frenado | Freno resistivo, freno por corriente continua, freno electromagnético, de mantenimiento del motor, instantáneo, electrónico, freno combinado, freno por inyección de corriente continua y freno dinámico |
| **Datos mecánicos**<br>Grado de protección | IP20 |

Tabla 2.12. Características Convertidor de Frecuencia G120

Figura 2.27. Convertidor de frecuencia G120

- Selección de la Unidad de control para el variador de frecuencia

La unidad de control se encarga de la regulación del convertidor de frecuencia, además tiene funciones Safety Integrated que se encuentran integradas a esta unidad de control, funciones como: par de desconexión segura, parada segura, velocidad con limitación segura, mando de freno segura.

La unidad de control cuenta con las siguientes características (ver Tabla 2.13.):

| | | |
|---|---|---|
| **Entradas digitales**<br>5….. 8, 16, 17 | DI0…. DI5 | De libre programación (con aislamiento galvánico) 5,5 mA/24 V |
| **Salidas digitales**<br>• 18<br>• 20<br>• 21<br>• 22<br>• 23<br>• 24 | <br>DO0, NC<br>DO0, COM<br>DO1, NA<br>DO1, COM<br>DO2, NC<br>DO2, NA | <br><br><br>Todas las salidas tienen : Salidas a relé 0,5 A 30 V<br><br><br> |
| **Entradas análogas**<br>• 3<br>• 4<br>• 10<br>• 11 | <br>AI0 +<br>AI0 –<br>AI1 +<br>AI1 - | <br><br>AI0 +/- : 0 a 10 V, -10 a 10 V, 0/2 a 10V o 0/4 a 20 mA<br>AI1 +/- : 0 a10 V, 0 a 20 mA |
| **Salidas análogas**<br>• 12<br>• 13<br>• 26<br>• 27 | <br>AO0 +<br>AO0 –<br>AO1 +<br>AO1 _ | 0/4 a 20 mA con 500Ω max. 0/2 a 10 V con 500 Ωmin.<br><br>M<br>0/4 a 20 mA con 500Ω max.<br><br>M |
| **Interfaz RS-485**<br>• 29<br>• 30 | <br>P +<br>P - | <br>RS485 A, protocolo USS<br>RS485 B, protocolo USS |
| **Alimentaciones**<br>• 9<br>• 28<br>• 1<br>• 2 | <br>U 24 V<br>U 0 V<br>+ 10 V<br>0 V | <br>Alimentación con aislamiento galvánico + 24 V a 100 mA<br>Tensión de referencia de usuario con aislamiento galvánico<br>Alimentación sin aislamiento galvánico +10 V 10 mA<br>Referencia de alimentación |

Tabla 2.13. Características de la unidad de control CU240E

La Figura 2.28. muestra las conexiones de la unidad de control y la Figura 2.29 muestra la unidad de control.

Figura 2.29. Unidad de control CU240E

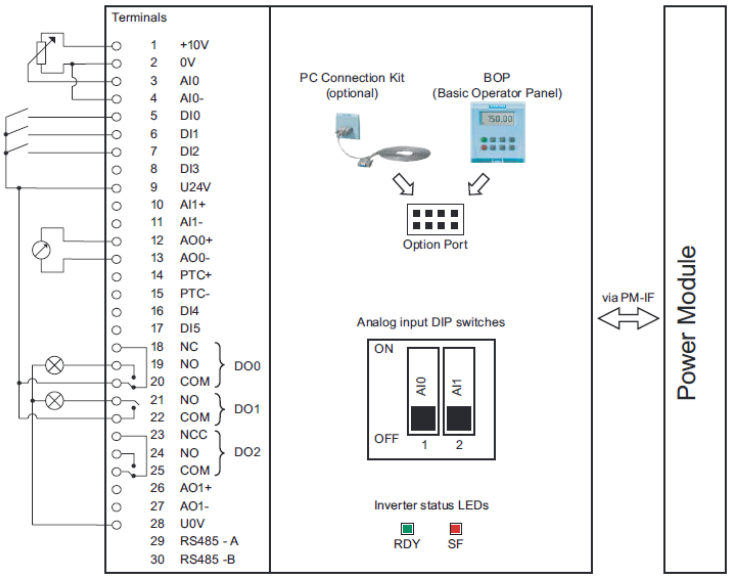



Figura 2.28. Diagrama de bloques de la unidad de control CU240E

- Selección del Panel básico de operador

El panel de operador BOP (Basic Operator Panel) ver Figura 2.30. sirve para configurar y poner en marcha accionamientos, vigilar el funcionamiento y realizar ajustes de parámetros concretos. En la Tabla 2.14. se describen todos los componentes del panel.

| Teclas del panel de operador | Funciones | Procesos |
|---|---|---|
| | Estado del display | La pantalla de cristal liquido indica los parametros configurados en el convertidor de frecuencia, además muestra un reporte de fallas y alarmas. |
| | Marcha | Al pulsar este boton se arranca el convertidor. Por defecto esta bloqueado este boton, para abilitarlo se debe habilitar el parametro P0700=1 |
| | Paro | OFF1: pulsando este boton una vez se detiene el motor con los parametros seteados en el convertidor, para las rampas de aceleración/desaceleración. Este botón esta desabilitado. Para habilitarlo P0700=1<br><br>OFF2: pulsando este boton dos veces seguidas o una veces de manera prolongada el motor se detiene por su propia inercia. Este parametro siempre esta habilitado. |
| | Navegador de cambio de sentido | Al pulsar este botón se invierte el sentido de giro del motor, este parametro se encuentra bloqueado. Para habilitarlo P0700=1 |
| | Jog motor | Pulsando este botón en estado listo el motor arranca y gira a la frecuencia Jog preseleccionada. El motor se detiene cuando se suelta el botón. |
| | Teclas de funciones | Este botón sirve para vizualizar información adicional.<br><br>Pulsando y manteniendo este botón apretado 2 segundos durante la marcha, desde cualquier parametro, muestra lo siguiente:<br><br>1. Tensión del circuito intermedio (unidades V).<br>2. Tensión de salida (unidades V).<br>3. Frecuencia de salida (unidades Hz).<br>4. El valor seleccionado en P0005. |

| | | |
|---|---|---|
| | | Pulsando de nuevo circula la sucesión anterior. |
| P | Acceder a parametros | Pulsando este botón es posible acceder a los parámetros |
| ▲ | Incrementar valor | Pulsando este botón aumenta el valor vizualizado. |
| ▼ | Decrementar valor | Pulsando este botón disminuye el valor vizualizado. |

Tabla 2.14. Características del BOP

Figura 2.30. Panel básico de operador

## 2.4. DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

Para la máquina dosificadora de sólidos es indispensable dimensionar los elementos de protección y maniobra, así como los alimentadores, cuyo objetivo es salvaguardar tanto el personal humano como los elementos y equipos que constituyen la máquina.

Para el dimensionamiento se debe tener en cuenta los equipos que se van a proteger y el tipo de elementos de protección existentes en el mercado, así como las ventajas que presentan los mismos.

### 2.4.1. PROTECCIONES PARA LOS MOTORES

Existen tres motores trifásicos uno de los cuales es controlado por un variador de velocidad y los dos motores restantes a pleno voltaje.

#### 2.4.1.1. Dimensionamiento del guardamotor

Un guardamotor es un disyuntor magneto-térmico, especialmente diseñado para la protección de motores eléctricos. Las características principales de los guardamotores, son la capacidad de ruptura, la intensidad nominal o calibre y la curva de disparo. Proporciona protección frente a sobrecargas del motor y cortocircuitos, así como, en algunos casos, frente a falta de fase

Está constituido por el acoplamiento de un contactor, de un relé térmico y un fusible. Como se muestra en la figura 2.31.

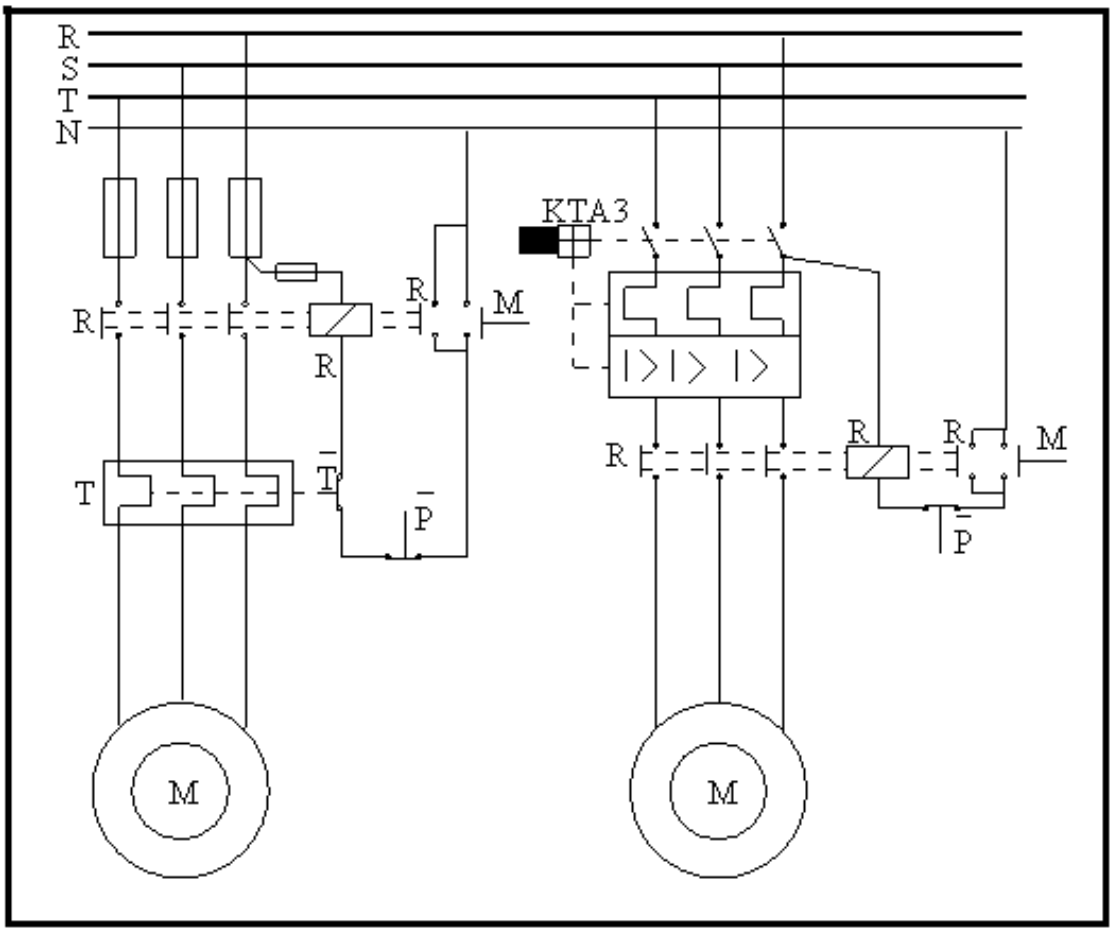



Figura 2.31. Diagrama del guardamotor

Para dimensionar el guardamotor es necesario conocer la corriente a plena carga o nominal, la misma que se muestra para cada motor en las Tablas 2.3., 2.4. y 2.5. Los fabricantes recomiendan un ajuste de 125 % a 200% de corriente nominal del motor dependiendo el tipo de accionamiento. En la Tabla 2.15 se muestra los valores de corriente a plena carga con el factor de seguridad para los diferentes motores y su accionamiento elegido.

| ELEMENTO | Accionamiento | Corriente a plena carga Ipc (A) | Dimensionamiento teórico | | Corriente estándar del disyuntor (A) |
|---|---|---|---|---|---|
| Motor1 tornillo sin fin vertical | Variador de velocidad | 9.2 | Ic= 1.25*Ipc(A) | 11.5 A | 9-12.5 |
| Motor 2 tornillo sin fin horizontal | Directo | 1.3 | Ic=1.25*Ipc(A) | 1.625A | 1.1-1.6 |
| Motor 3 agitador | Directo | 1.3 | Ic=1.25*Ipc(A) | 1.625A | 1.1-1.6 |

Tabla 2.15. Dimensionamiento de los disyuntores.

El guardamotor que se seleccionó es de marca Siemens con las siguientes características:

| ESPECIFICACIÓN | GUARDAMOTOR SIEMENS 3RV1021-1KA10 | GUARDAMOTOR SIEMENS 3RV1011-1AA10 |
|---|---|---|
| Tamaño constructivo | S0 | S00 |
| Clase de disparo | Clase 10 | Clase 10 |
| Clase de protección IP | IP20 | IP20 |
| Protección de sobrecarga | Si | Si |
| Detección de corte de fase | Si | SI |
| Cantidad de polo para circuito principal | 3 | 3 |
| Tipo de tensión | AC/DC | AC/DC |
| Tension de servicio | 690V | 690V |
| Corriente de servicio | 9-12.5 A | 1-1.6 A |

Tabla 2.16 Características de los guardamotores

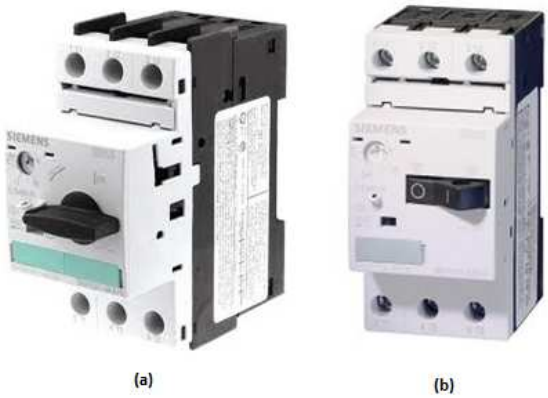



Figura 2.32. (a) Guardamotor del motor 1 del tornillo y (b) Guardamotor del motor 2 y 3

#### 2.4.1.2. Reactancia de interferencias

Debido a las interferencias presentes en la red se ha tomado la decisión de filtrar la entrada de voltaje al variador de velocidad que controla el motor 1. Para esto se empleó una reactancia como filtro con bobina de baja tensión de 3 polos. En la Tabla 2.17 se detalla las características. La Figura 2.33. muestra la reactancia de interferencias.

| **REACTACIA** | **ESPECIFICACIÓN** |
|---|---|
| Voltaje | UD 400 v/50Hz<br>UD 480 v/60Hz |
| Amperaje | 8.2-9.1 A |
| Numero de polos | 3 |
| Frecuencia | 50-60 Hz |
| Inductancia nominal | 1,55 mH |
| Grado de protección | IP00 |
| Tensión relativa de cortocircuito | 2% |

Tabla 2.17. Reactancia de Interferencia

Figura 2.33. Reactancia de Interferencias.

#### 2.4.1.3. Dimensionamiento del elemento de corte.

Como dispositivo de corte se utilizó un contactor para el cual, por criterio de seguridad, se considera un sobre dimensionamiento del 125% de la potencia nominal del motor.

Pcontactor =1.25 *Pn(motor)  Kw

Pcontactor =1.25 * 1.7KW= 2.1Kw

El contactor (ver Figura 2.34.) se escogió de acuerdo al tipo de motor y su potencia nominal. Tiene las siguientes características:

- Tipo de accionamiento: Electromagnético
- Voltaje nominal: 400Vac
- Intensidad nominal: 7 A
- Potencia del contactor: 3KW
- Categoría de utilización según norma IEC 947: AC3
- Frecuencia: 60Hz
- Clase de servicio: Intermitente
- Voltaje de la bobina: 230Vac
- Marca: Siemens

Figura 2.34. Contactor 7A 3RT1015

#### 2.4.1.4. Dimensionamiento de los alimentadores

Se trabajará con tres conductores (sistema trifásico) y tierra. Mediante la Ec 2.1. se estandarizará el alimentador, tomando en cuenta el factor de seguridad recomendado que es 125% de la corriente a plena carga del motor más grande y luego agregando los valores de corriente de los otros motores.

$Ia = Factor * Ipc(MG) + \sum Ipc(MR)$ Ec 2.1.

En donde:

Ipc(MG)=Corriente a plena carga del motor más grande

Ipc(MR)=Corriente a plena carga de los motores restantes

De la ecuación Ec 2.1 se tiene:

$Ia=1.25*(5.2+(2*1.3))$ A= 9.75(A)

Con este valor de corriente y en base a la Tabla 310-16 de la norma NEC (ver anexo E), el calibre del conductor es: Cable: # 14 AWG sólido de cobre tipo TW-60℃.

### 2.4.2. PROTECCIONES PARA EL SISTEMA DE CONTROL.

#### 2.4.2.1. Dimensionamiento del interruptor electromagnético.

Es necesario proteger al sistema de control, para lo cual se utiliza un interruptor electromagnético que permite proteger contra una sobrecarga instantánea. A través de este breaker se protegerá al PLC, pantalla táctil, electroválvulas y luces indicadoras de peso.

Para dimensionar el breaker de protección se considera la carga total instalada y se multiplica por el respectivo factor de demanda previsto para cada equipo indicado en la Tabla 2.18. La figura 2.35. muestra el interruptor electromagnético.

| **ELEMENTOS** | **Carga Instalada [W]** | **Factor de demanda FD [%]** | **Carga total [W]** |
|---|---|---|---|
| PLC | 24 | 100 | 24 |
| Pantalla táctil | 10 | 100 | 10 |
| Luces Indicadoras | 176 | 80 | 140.8 |
| Electroválvulas | 90 | 80 | 72 |
| Transductor de Peso | 8 | 100 | 8 |
| Subtotal de carga | | | 254.8 |

Tabla 2.18. Carga instalada

La corriente consumida se obtiene de la Ec 2.2:

$I_{ct} = P/V$

Ict = 254.8 [W]/220[V]

Ict =1.16 [A]

El valor de la corriente total consumida se multiplica por el factor de seguridad que es 125% de la carga total instalada a proteger.

I=1.25* Ict [A]

I=1.25*1.16[A]

I=1.45[A]

El breaker 5SX1 202 marca Siemens que se utilizó es de dos polos de 2 A ,380 Vac.

Figura 2.35 Interruptor Electromagnético.

#### 2.4.2.2. Selección del Supresor de transientes

Son dispositivos de muy baja impedancia que al aprovechar esta característica invita a las sobretensiones a dirigirse hacia ellos para luego ser descargados hacia algún lugar. Por ejemplo, a tierra. Estas unidades son diseñadas mediante el uso de una serie de componentes que tienen diferentes resultados como Varistores, Diodos de avalancha o tubos de gas, etc.

Diferentes eventos tanto externos como internos a la industria generan sobre voltajes, estos eventos pueden ser:

- Eventos externos como inducción de rayos a las líneas de alta, media y baja tensión, aisladores, transformadores.
- Eventos internos como conmutación de cargas las que pueden ser inductivas, capacitivas, resistivas, etc.

Estos eventos producen arcos voltaicos que se los representan como una onda sinoidal en la forma de pico de voltaje. Estos son una elevación violenta del nivel de tensión en una o más fases que pueden provocar un daño en los elementos instalados.

Teniendo este tipo de problema se ha tomado la decisión de introducir un elemento de protección contra este tipo fenómeno eléctrico. Con el objetivo de salvaguardar al sistema de control se ha elegido un elemento que protege contra este fenómeno.

El supresor de picos de voltaje modelo 2807586 de la familia PHOEMIX CONTACT, cuenta con una rápida respuesta y con los rangos de supresión de voltaje más altos del mercado. Es un dispositivo de alta calidad, una fuente de alta energía diseñado para proteger equipo altamente sensitivo, de forma continua, contra los peligrosos picos de voltaje y del ruido eléctrico. Protección enchufable contra sobretensiones tipo 2 con varistor de alta potencia para elemento de base VAL-MS, con control térmico, indicación óptica de defecto. La Figura 2.36. muestra el supresor de trasientes.

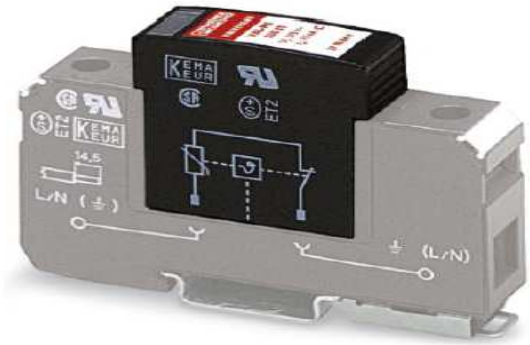



Figura 2.36. Supresor de transientes

Las principales características del supresor de transientes se muestran en la Tabla 2.19.

| **Normas para líneas de fuga y espacios de aire** | **IEC 664-1, VDE 0675-6, DIN VDE 0110-1** |
|---|---|
| Índice de protección | IP20 |
| Tipo de montaje | en elemento de base |
| Construcción | Módulo para carril de dos piezas enchufable |
| Número de polos | 1 |
| Temperatura ambiente (servicio) | -40 ℃ ... 80 ℃ |
| Descargador verificable con CHECKMASTER a partir de la revisión de software: | Desde rev. de SW 1.10 |
| Mensaje Protección contra sobretensiones defectuosa | Óptico |
| Dirección de actuación | 1L-N/PE |
| Circuito de protección | |
| Clase de ensayo IEC | II |
| Tensión nominal UN | 120 V AC |
| Tensión de dimensionamiento de descargadores UC | 150 V AC |
| | 200 V DC |
| Frecuencia nominal fN 50 Hz | 50 Hz |
| | 60 Hz |
| Corriente de conductor de protección IPE | ≤ 0,45 mA |
| Absorción de potencia standby PC | ≤ 70 mVA |
| Corriente transitoria Imáx (8/20) µs máximo | 40 kA |
| Corriente transitoria nominal In (8/20) µs | 20 kA |
| Corriente de rayo de prueba (10/350) µs, corriente de pico Iimp | 3 kA |
| Absorción de energía (2 ms) máxima | 360 J |

| | |
|---|---|
| Nivel de protección Up | ≤ 800 V |
| de línea derivada | 125 A (gL) |
| Resistencia al cortocircuito IP con fusible previo | máximo (efectivo) |
| Tensión residual | ≤ 800 V |

Tabla 2.19 Características del Supresor de transientes

### 2.4.2.3. Dimensionamiento de los alimentadores,

- Alimentador para el circuito de control

En el circuito de control se utiliza el cable tipo RHW-2 flexible, calibre # 16 AWG de color negro, soporta 18 A, a 90℃.

- Conductor para instrumentación

Para el cableado del sensor de peso y transductor de Peso, se utiliza un tipo de cable especial para aplicaciones industriales.

El cable para instrumentación (ver Figura 2.37. ver Tabla 2.2.0) que se escogió es apantallado de 5 conductores multifilar (7 hilos), calibre #18 AWG, pantalla en poliéster aluminio, chaqueta PVC resistiva, 300V, 105 ℃, colores negro, blanco y rojo.

| **Apantallamiento:** | **campos magnéticos, eléctricos y estáticos** |
|---|---|
| Rango de frecuencias: | DC - 30MHz |
| Potencia: | 16A/220V o 32A/110V |
| Tensión de alimentación: | 300/500V con 50/60Hz |
| Categoría de seguridad: | 1 |
| Material apantallador: | cinta de aluminio con alambre blanco |

| | |
|---|---|
| | adicional |
| Material aislante: | polivinil cloridio |
| Color: | Gris |
| Rango de temperatura: | hasta 70℃ |
| Diámetro: | 8,1mm |
| Datos del cable: | 5x1,5mm² o 5x2,5mm² (azul, marrón, amarillo/verde, negro, gris) |
| Estándar de calidad: | ISO 9002, según EN 60 320 / estándar 2.2 |

Tabla 2.20. Características del cable apantallado

Figura 2.37 Cable Apantallado

Una vez realizado el respectivo análisis para el diseño e implementación del sistema de control para automatizar una máquina dosificadora de sólidos, y después de seleccionar los respectivos elementos que van a intervenir en la misma, a continuación, se muestra el esquema gráfico del proceso en el que se puede observar los componentes de la misma.

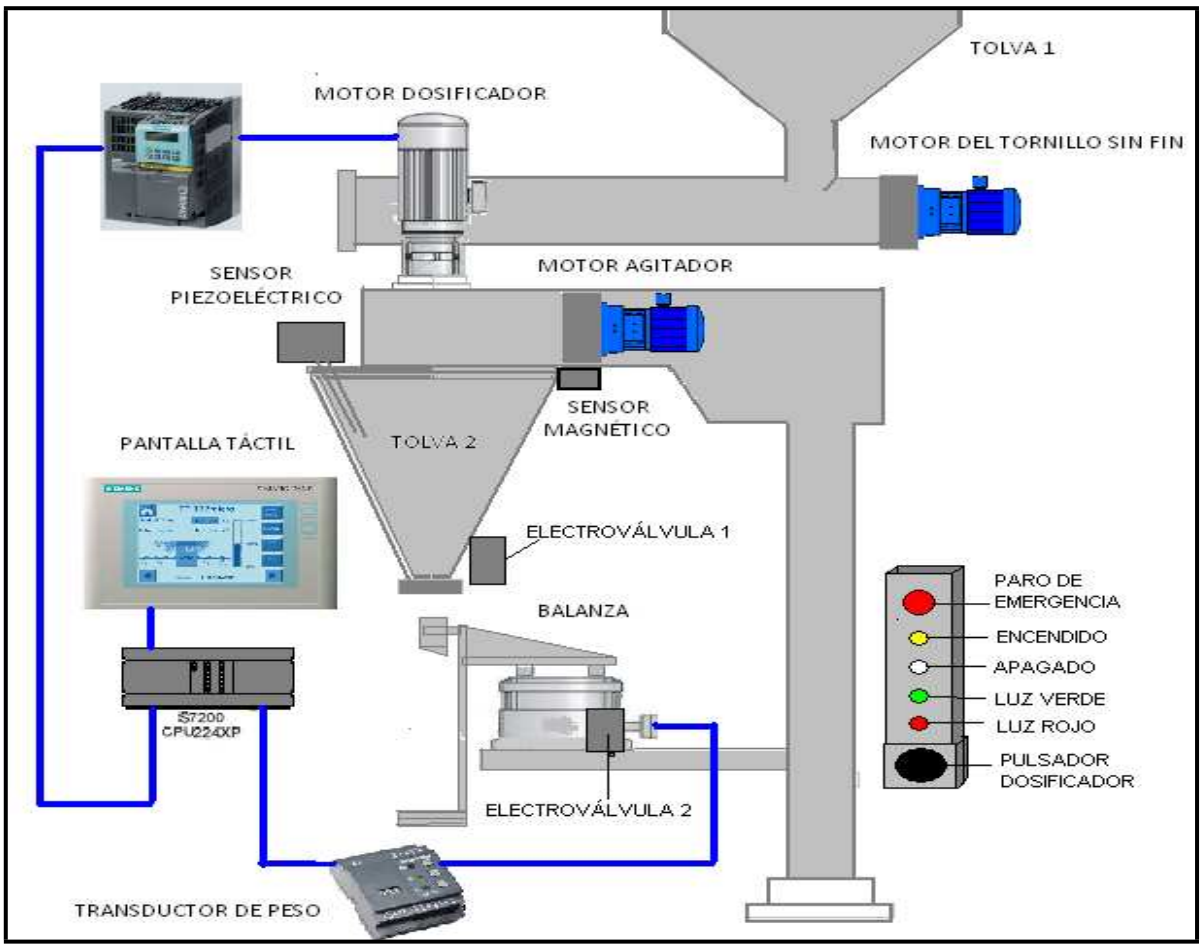



Figura 2.38. Esquema de general del proceso

En el siguiente capítulo se realizará el diseño e implementación de la automatización del proceso utilizando los elementos seleccionados en el capítulo 2., Se desarrollará el software respectivo para el PLC y la HMI en la pantalla táctil.

# CAPÍTULO 3

# DESARROLLO DEL SOFTWARE PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL SÍSTEMA DE DOSIFICACIÓN DE SÓLIDOS

# CAPÍTULO 3

# DESARROLLO DEL SOFTWARE PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL SÍSTEMA

El objetivo del presente capítulo es dar a conocer sobre las principales características del software utilizado para la programación del PLC, así como del programa realizado en el mismo, explicar y justificar el tipo de control que se implementó. Así mismo describir las características del software para la programación de la Pantalla Táctil, y que funciones se puede programar en la misma.

## 3.1. SISTEMA GENERAL DE CONTROL PARA EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE SÓLIDOS.

Como se observa en la Figura 3.1. el proceso general del dosificado de sólidos debe consistir de la colocación en la entrada de una funda vacía y como salida obtener una funda dosificada con el peso seleccionado, a través de la HMI creada para este propósito.

Figura 3.1. Esquema del sistema general de control

Al bloque denominado proceso se lo puede dividir en tres subprocesos como se muestra en la Figura 3.2. Cada subproceso tiene una entrada y una salida, el funcionamiento de cada subproceso y como está relacionado con el proceso de automatización se lo describe a continuación:

Figura 3.2. Subprocesos de la máquina dosificadora

### 3.1.1. INGRESO DE DATOS.

El ingreso de datos es un subproceso en el cual se introducen los parámetros, a través de una pantalla táctil, que permitirán establecer patrones de referencia con los cuales se direccionará al PLC a las distintas subrutinas de programación para cada peso.

### 3.1.2. DOSIFICACIÓN DE SÓLIDOS

La Figura 3.3. muestra el diagrama de bloques del sistema de control a implementarse. Que consiste en un controlador (PLC), un actuador (variador de velocidad), la planta (Motor trifásico) y una balanza con el transductor de peso.

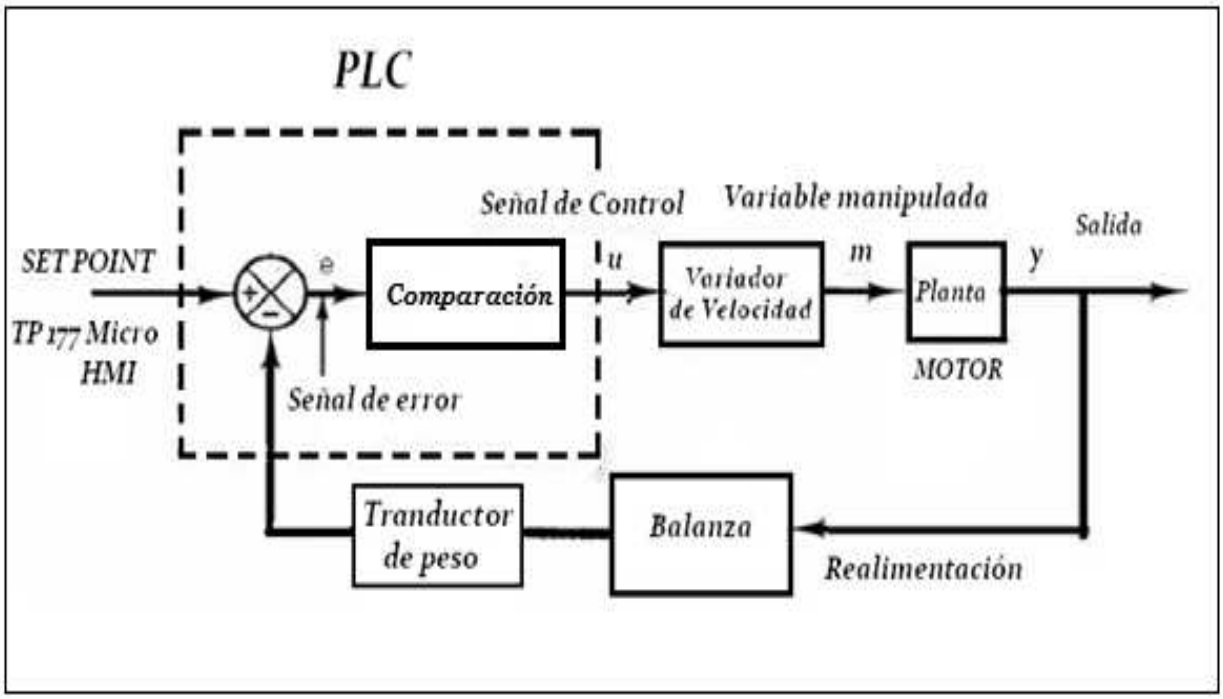



Figura 3.3. Sistema de control a implementarse

### 3.1.3. VISUALIZACIÓN Y SEÑALIZACIÓN

El sistema le indica al operador mediante luces indicadoras que el proceso de llenado de la funda dosificada ha concluido y permitirá visualizar en la pantalla táctil el peso de la funda en tiempo real.

## 3.2. DESARROLLO DEL PROGRAMA PARA EL SISTEMA DE CONTROL

En la Figura 3.4. se indica la lógica de control que se implementará para la máquina dosificadora de sólidos. La balanza enviará al controlador el valor del peso de salida de la planta en forma de corriente, esta corriente es proporcional al peso. El controlador, a su vez, tomará la señal que entrega la balanza y lo comparará con la entrada de referencia (valor de consigna enviado desde la pantalla táctil o la HMI).La resultante de la comparación de estas dos señales, permitirá enviar señales de

control que será enviada a la salida análoga del PLC y de allí al actuador. El motor trifásico es controlado por el actuador y su velocidad disminuye de tal forma que aumente el peso hasta llegar al valor de consigna.

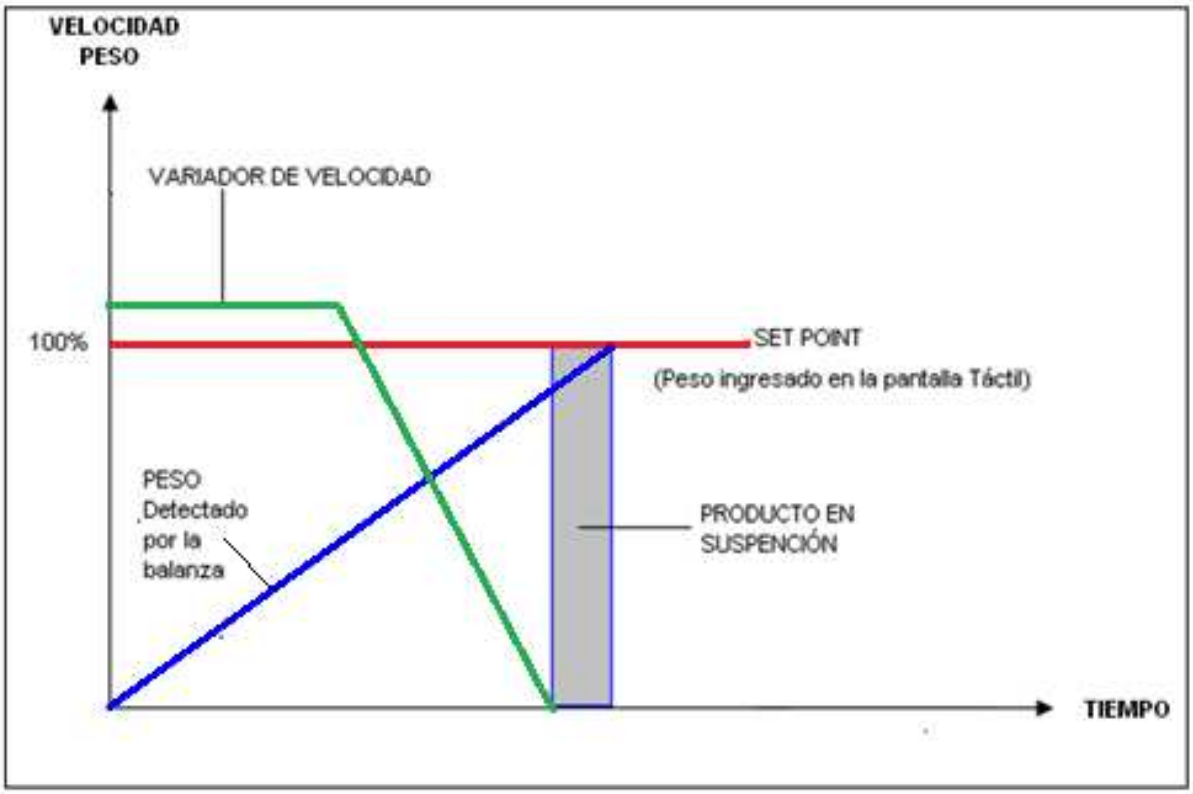



Figura 3.4. Esquema de la lógica de control a implementar.

El operador podrá observar el peso en tiempo real en la pantalla táctil durante el proceso de dosificación. Mediante la balanza y el transductor de peso se enviará señales al PLC donde se escalará para que el peso leído sea igual al peso medido y no existan errores en las lecturas.

En la empresa QCT se maneja un margen de error permitido del $\pm$1% del peso neto

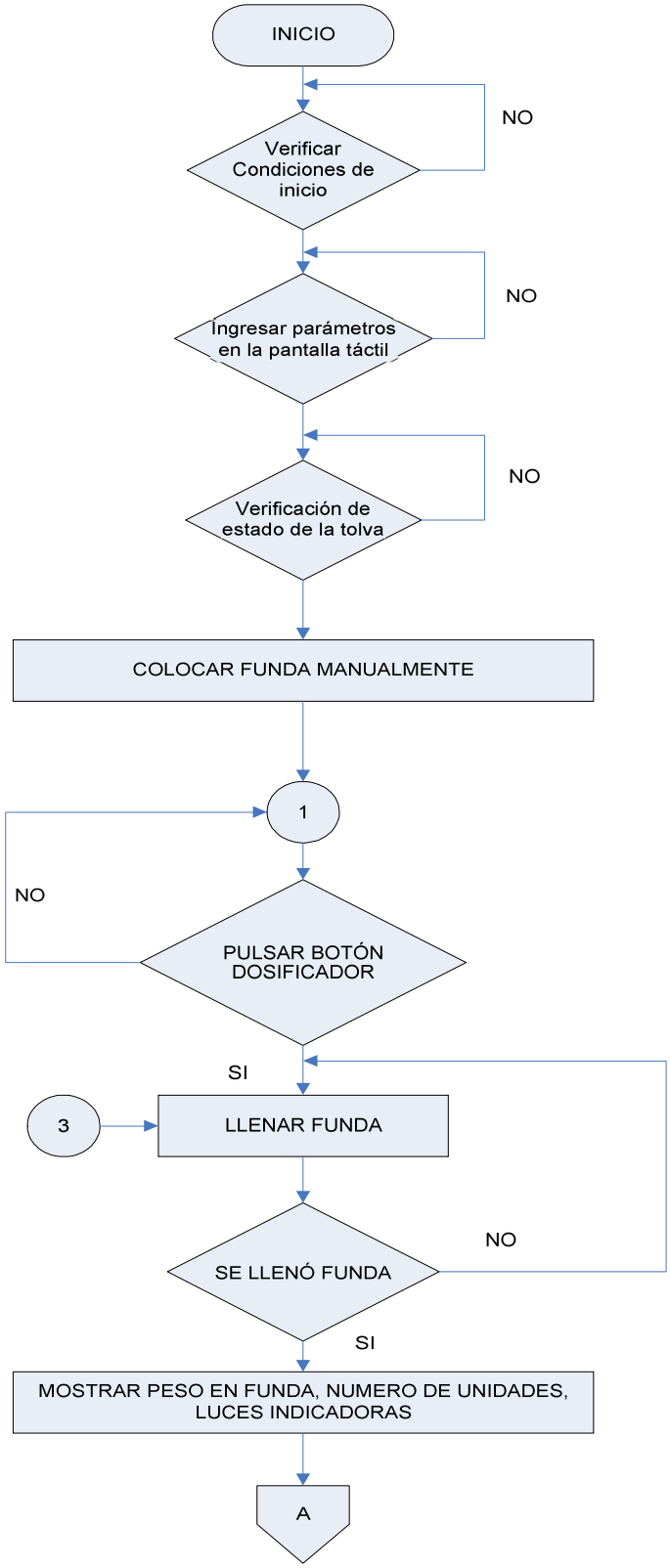
o seteado. Una vez terminado el proceso de llenado de la funda con el valor seteado por el operador, se encenderá una luz de color verde indicándole al operador que el

peso de la funda dosificada y está dentro de los límites permitidos de error; caso contrario, se encenderá una luz de color rojo. Estas luces indicadoras ayudarán al operador a colocar la funda llena en el área de sellado o en el área de corrección de peso que se lo realizará de forma manual.

Una vez detectado y visualizado el peso final, el sistema se calibra de manera automática y se pueden realizar ajustes finos por parte del operador a través de dos botones en la pantalla táctil, en caso de que el peso final estuviese fuera de los rangos permitidos de error que, como se mencionó, es del ±1% del peso neto. En la manera automática el sistema toma muestras de 5 unidades dosificadas, las compara con el valor seteado, saca un promedio y si está dentro de los rangos de errores permitidos el proceso continua normalmente, caso contrario incrementa o decrementa el valor en gramos hasta alanzar el valor seteado.

Se debe tomar en cuenta dentro del proceso de dosificado de sólidos el término denominado SPILL, que significa derrame, y es el un residuo de material que se encuentra en el aire y termina de caer hacia la funda de llenado. A este producto se le llama spill, o producto en suspensión, y se puede calibrar de manera manual a través de dos botones colocados en la pantalla táctil para este propósito.

En el diagrama de flujo a continuación se muestra la lógica que se implementó en el autómata programable, para que la respuesta se asemeje a la gráfica de la Figura 3.5.


INICIO
Verificar Condiciones de inicio
NO
Ingresar parámetros en la pantalla táctil
NO
Verificación de estado de la tolva
NO
COLOCAR FUNDA MANUALMENTE
1
NO
PULSAR BOTÓN DOSIFICADOR
SI
3
LLENAR FUNDA
SE LLENÓ FUNDA
NO
SI
MOSTRAR PESO EN FUNDA, NUMERO DE UNIDADES, LUCES INDICADORAS
A

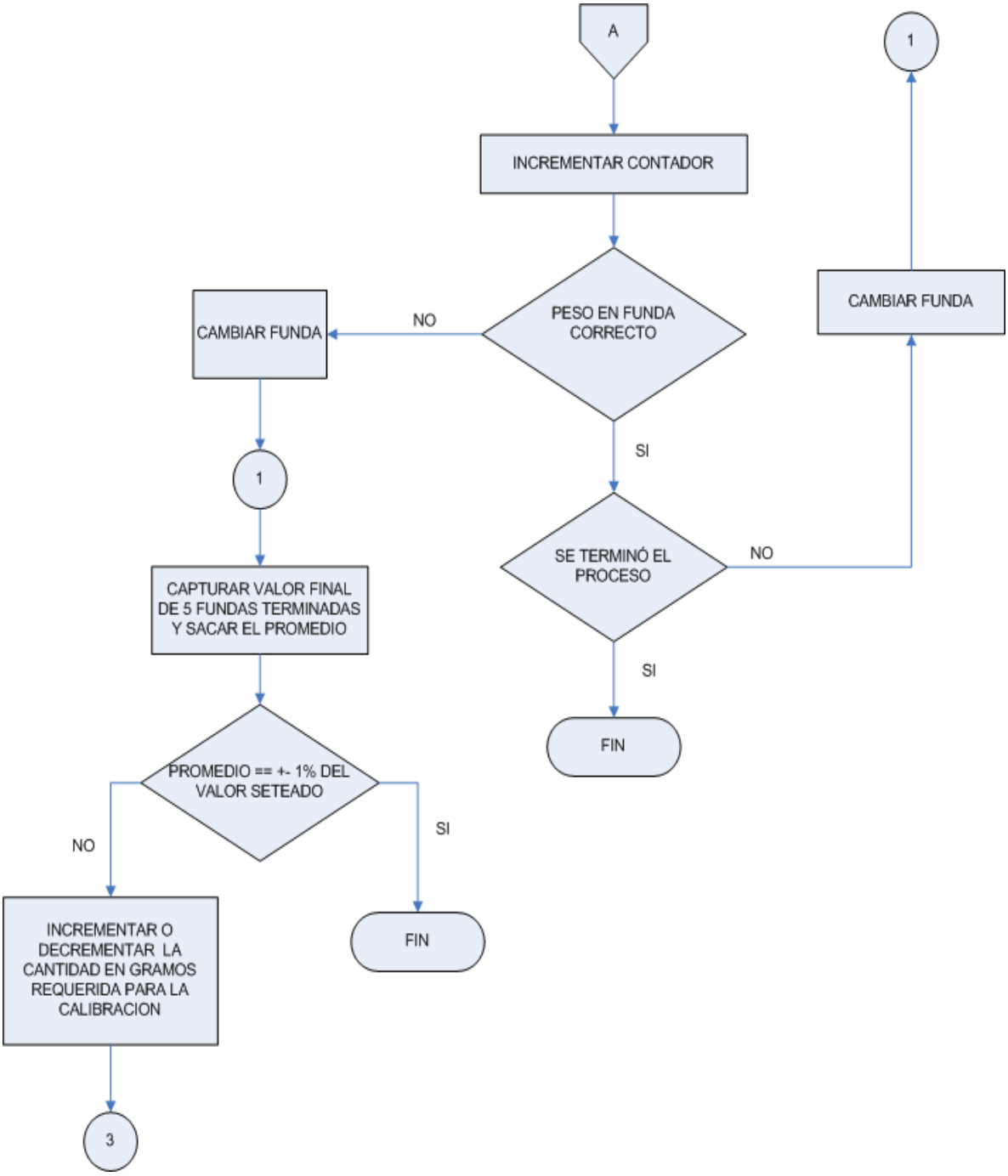



Figura 3.5. Secuencia general del algoritmo de control

A continuación se detallará el lenguaje estructurado del algoritmo de control:

**VERIFICAR CONDICIONES DE INICIO:**

Activar máquina: Hacer
Verificar que el Pulsador de Paro de emergencia está activo (lógica inversa)
Detectar señal de sensor magnético activa (Tolva de dosificación se encuentra colocada)
Pulsar botón de encendido de la máquina
Caso contrario
Máquina inactiva

**Fin Tarea**

**INGRESAR PARAMETROS EN LA PANTALLA TÁCTIL**

Para ingresar datos: Hacer
Ingresar Nombre del Producto
Ingresar Número de unidades a dosificar
Ingresar Peso a dosificar
Si datos ingresados son correctos:
Pulsar botón “Guardar Datos”
Encender Variador de velocidad
Encender Motor 3 (Motor 3 que controla al agitador)
Caso contrario
Pulsar botón “Reingresar Datos”

**Fin Tarea**

**VERIFICAR ESTADO DE TOLVA DE DOSIFICACIÓN**

Si la tolva está vacía:
El sensor de nivel está activo: Hacer
Tiempo de retardo para activación del motor 2 (Motor 2 que controla el tornillo sin fin horizontal). Tiempo de retardo t=120s
Encender motor 2
Caso contrario
Si el sensor de nivel está inactivo: Hacer
Motor 2 apagado

**Fin Tarea**

**COLOCAR FUNDA MANUALMENTE**

Colocar funda en el brazo de la balanza: Hacer
Pulsar botón “Encerrar” en pantalla táctil
Pulsar botón “Tara” en pantalla táctil.
Capturar del peso de la funda para todo el proceso

**Fin Tarea**

**LLENAR FUNDA**

Pulsar botón dosificador: Hacer
Activar electroválvulas: ajuste de funda y abertura de compuerta ON/OFF
Establecer tiempo de retardo para activar la señal de control del variador de velocidad. Tiempo de retardo t= 2s
Activar señal de control del variador de velocidad
Adquirir señales de peso de la balanza : Hacer
Si el peso es menor al 20% del valor seteado
Fijar motor 1 a velocidad alta

Si el peso es mayor al 80% del valor seteado
Fijar motor a velocidad mínima
Desactivar el control del variador de velocidad
Desactivar electroválvulas: de ajuste funda y cierre de compuerta ON/OFF
**Fin Tarea**

**MOSTRAR PESO DE LA FUNDA, NUMERO DE UNIDADES Y LUCES INDICADORAS**
Mostrar en la pantalla táctil el llenado de la funda indicando el peso en tiempo real
Mostrar en la pantalla táctil el número de unidades dosificadas
Encendido de luces indicadoras: Hacer
Si el peso es correcto
Encender luz indicadora de color Verde
Cambiar funda
Caso contrario
Encender luz indicadora de color Roja
Cambiar funda
**Fin Tarea**

**CALIBRACIÓN AUTOMATICA**

Capturar y comparar el peso de la funda dosificada con el valor del peso seteado: Hacer
Si el peso de la funda dosificada está entre los márgenes de error permitidos
El proceso continúa sin cambios
Caso contrario
Capturas 5 muestras de fundas dosificadas
Sacar el promedio de las muestras
Disminuir o aumentar el porcentaje del cambio de velocidad máxima a velocidad mínima del Motor 1 en la sección LLENAR FUNDA

Volver a: OPERADOR PRESIONA PULSADOR DOSIFICADOR
**Fin Tarea**

**PROCESO**

Realizar las acciones:
Pulsar botón dosificador
Llenar funda
Verificar si la funda está llena
Mostrar estado de la producción
Incrementar contador
Se incrementa el número de unidades dosificadas: Hacer
Si el número de unidades dosificadas es igual al número de unidades ingresadas por el operador
Finalizar proceso
Caso contrario
Proceso continua
**Fin Tarea**

## 3.3. INTRODUCCIÓN AL SOFTWARE STEP 7 MICRO-WIN

Mediante la utilización del software STEP 7-MICROWIN de Siemens, se procederá a realizar la debida programación para el sistema de control del proceso, para lo cual se detallarán los componentes del software y los distintos lenguajes de programación.

### 3.3.1. COMPONENTES DEL STEP 7-MICROWIN

Los componentes del software a utilizarse se muestran en la Figura 3.6 que se detallan a continuación:

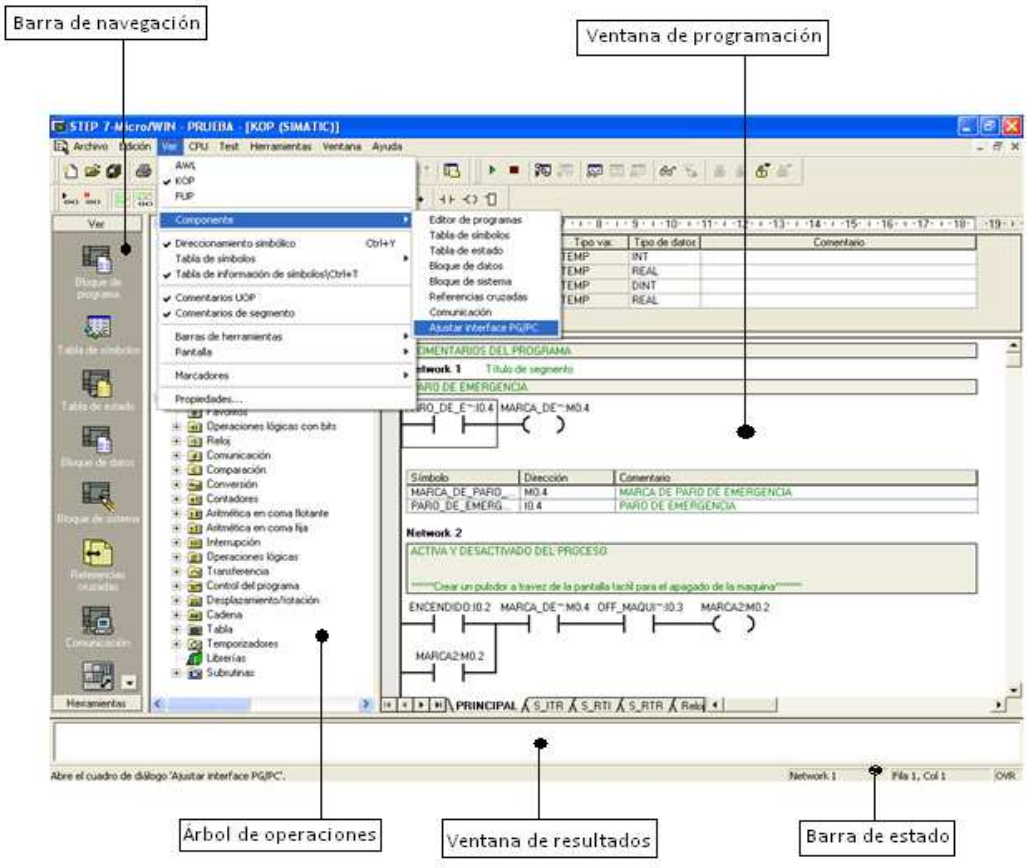



Figura 3.6. Componentes del Step 7-Microwin

**Barra de Navegación**

Esta barra permite acceder directamente a las herramientas de programación como son: bloque del programa, tabla de símbolos, tabla de estados, bloque de datos, bloque del sistema, referencias cruzadas, comunicaciones, ajuste interface PG/PC.

**Árbol de Operaciones**

En este bloque se encuentran los diferentes comandos para la programación como por ejemplo: contactos, bobinas, operaciones lógicas, operaciones aritméticas, subrutinas, temporizadores, etc.

**Ventana de Resultados**

En la ventana de resultados se visualiza una lista de las unidades de organización del programa que se han compilado recientemente, indicando también los posibles errores que se hayan detectado durante la compilación. Se puede saltar automáticamente al segmento del programa donde esté localizado el error.

**Ventana de Programación**

En esta ventana de programación se desarrolla la programación mediante la utilización de los diferentes componentes del árbol de operaciones. En la ventana de programación contiene el programa principal, subrutina e interrupciones y una tabla de de variables locales. Su aspecto varía según el lenguaje elegido (KOP, AWL o FUP)

**Barra de estado**

La barra de estado ubicada en el borde inferior de la pantalla principal, informa acerca del estado de las funciones que se ejecuten en STEP 7-Micro/WIN.

**Tabla de estados**

Permite observar el estado de las entradas, salidas y variables del programa. (Ver Figura 3.7)

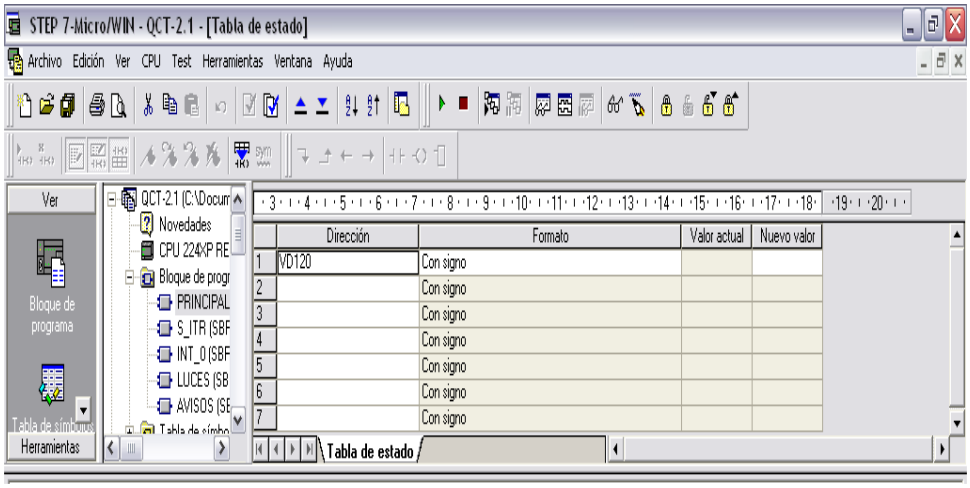



Figura 3.7. Tabla de estados

### 3.3.2. EDICIÓN DEL PROGRAMA MEDIANTE STEP 7 MICRO/WIN.

Step 7-Micro/Win permite implementar proyectos en tres modos de programación diferentes:

**Lenguaje KOP**

Siendo este lenguaje el utilizado para la programación de la automatización de la máquina dosificadora de sólidos.

Este lenguaje también llamado lenguaje de escalera permite crear programas con componentes similares a los elementos de un esquema de circuitos. Los programas realizados en KOP emulan la circulación de corriente eléctrica desde una fuente de alimentación y a través de una serie de condiciones lógicas de entrada (interruptores, pulsadores, marcas) habilitan lógicas de salidas (relés).

Los programas se dividen en unidades lógicas pequeñas llamadas networks, y el programa se ejecuta segmento a segmento, secuencialmente.

Las operaciones se representan mediante símbolos gráficos que incluyen 3 formas básicas:

1. Contactos representan condiciones lógicas de “entrada”
2. Bobinas representan condiciones lógicas de “salida”
3. Cuadros, representan operaciones adicionales tales como temporizadores, contactores u operaciones aritméticas

**Lenguaje AWL**

Este lenguaje incluye una lista de instrucciones que se ejecutan secuencialmente dentro de un ciclo. Una de las principales ventajas que presenta es que cualquier programa creado en FUP o KOP puede ser editado por AWL, no así a la inversa.

**Lenguaje FUP**

Consiste en un diagrama de funciones que permite visualizar las operaciones en forma de cuadros lógicos similares a las puertas lógicas.

En la Figura 3.8. se puede visualizar en la ventana de programación los diferentes lenguajes de programación.

Figura 3.8. Esquemas de los Lenguajes de Programación

## 3.4. DISEÑO DEL CIRCUITO DE FUERZA Y CONTROL

Para el funcionamiento de la máquina dosificadora de sólidos se procedió a diseñar los siguientes diagramas de conexiones que fueron re hechos en su totalidad

- Diseño del Circuito de fuerza
- Diseño del Circuito de control
- Diseño del Circuito Neumático

### 3.4.1. DISEÑO DEL CIRCUITO DE FUERZA

La Figura 3.9 muestra el circuito de fuerza de la máquina dosificadora de sólidos. Se cuenta con una red de alimentación de 220VAC que provienen de la EEQ, el mismo que ingresa a un transformador con relación n=1:1 y su salida es enviada a un autotransformador para elevar el voltaje de 380VAC que son requeridos por los tres motores, cada uno con su respectiva protección y contactores.

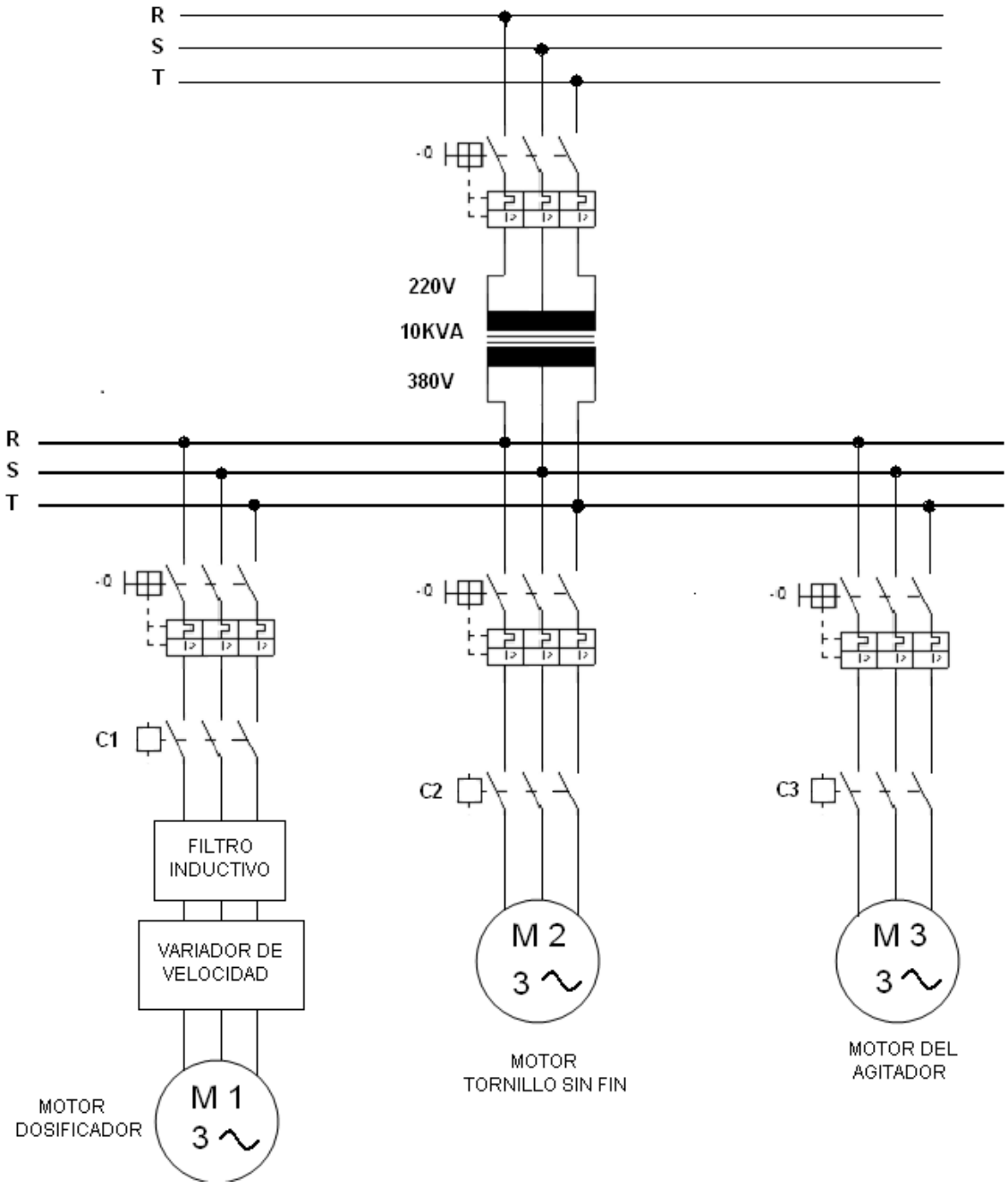



Figura 3.9. Circuito de fuerza del sistema de dosificación

### 3.4.2. DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN.

Mediante la utilización del autómata S7-200 se realizó el control del sistema de dosificación, este autómata recibe señales de los sensores y activa los actuadores. Las entradas discretas del autómata provienen de pulsantes, sensor de nivel y sensor magnético mientras que la entrada analógica proviene de un módulo de expansión EM231 que adquiere señales normalizadas de corriente de un transductor de peso IND110. Las salidas discretas del autómata no se encuentran conectadas directamente a las bobinas de los actuadores, ya que este autómata posee salida de transistor, por lo cual se utilizó relés cuyo objetivo es proteger las salidas de posibles daños externos. En caso de producirse un daño en la salida es más económico cambiar un relé que el autómata. (Ver Figura 3.10 y Figura 3.11).

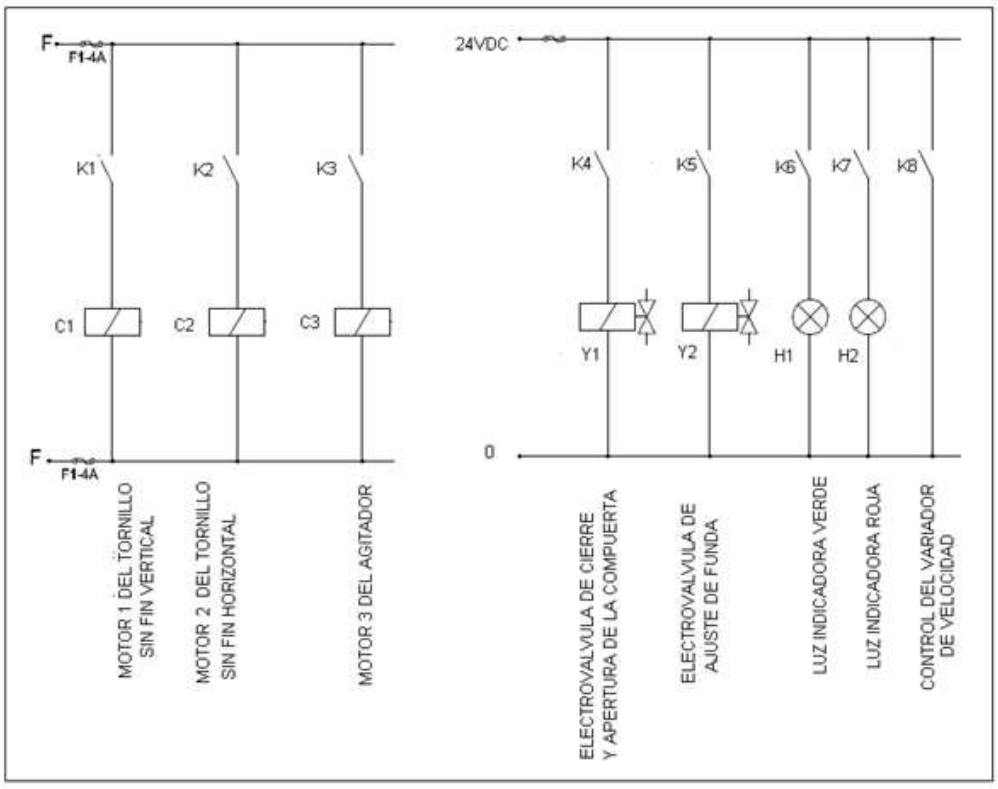



Figura 3.10. Circuito de acoplamiento de los relés a las bobinas de los diferentes actuadores

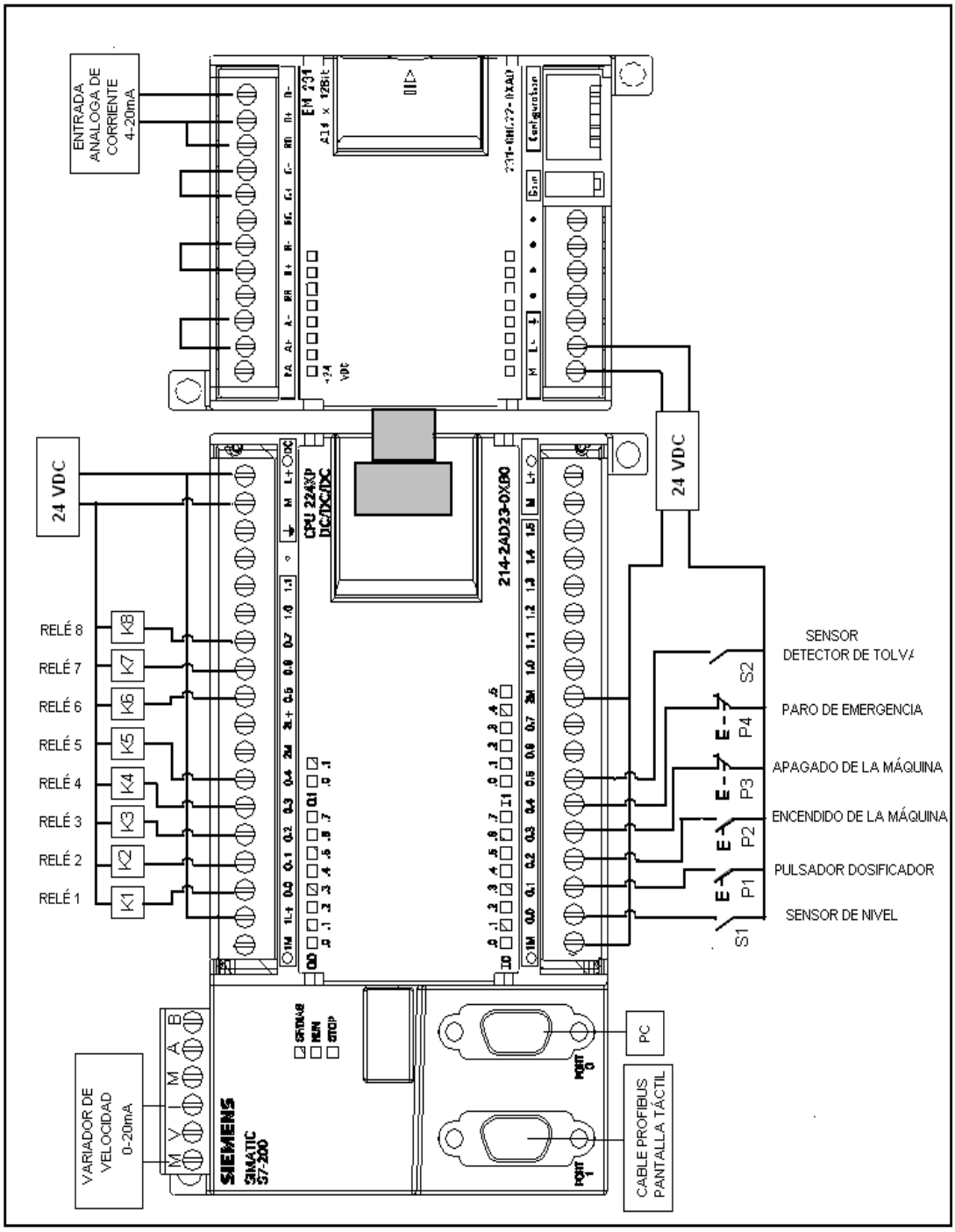



Figura 3.11. Diagrama de entradas y salidas del autómata

### 3.4.3. DISEÑO DEL CIRCUITO NEUMÁTICO.

La máquina dosificadora de sólidos cuenta con un sistema neumático que permite ajustar la funda al momento de iniciar el proceso, así como, el cierre y apertura de una compuerta que permite el paso de producto a la funda. Esto se activó mediante cilindros de cierre neumáticos que serán controlados por electroválvulas.

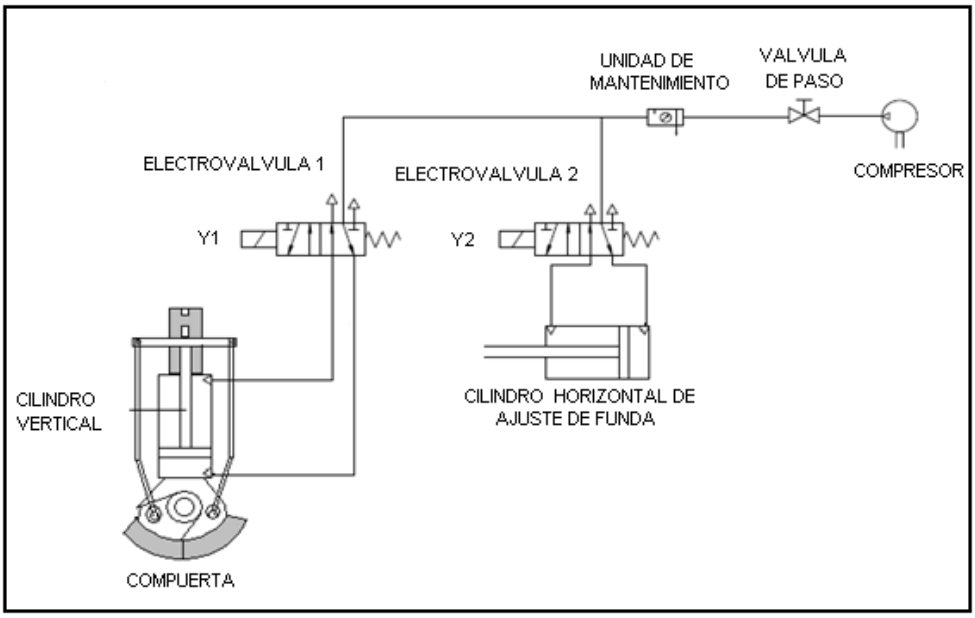



Figura 3.12. Esquema del circuito neumático del sistema de dosificación

## 3.5. DESARROLLO DE LA HMI (INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA)

Con el desarrollo de la industria se ha visto la necesidad de facilitar la comunicación entre el operador/usuario con la máquina/sistema. Por esta razón se desarrolló una HMI a través de una pantalla táctil para que el operador puede ingresar los parámetros necesarios con los cuales la máquina pueda realizar el proceso de dosificación de sólidos. Además, en la misma pueda visualizar información como el pesaje del producto en tiempo real y cuantas unidades se encuentran ya producidas.

El panel táctil TP177micro de la familia de Siemens fue seleccionado por las ventajas descritas en el CAPÍTULO 2, en el que se encuentran sus características en la

Tabla 2.11. Para poder programar este panel se cuenta con el software de programación llamado WinnCC Flexible que se lo describe a continuación.

### 3.5.1. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN WINCC FEXIBLE

WinCC Flexible son las siglas de Windows Control Center y es un software de programación basado en PC bajo Windows XP, que brinda máxima eficiencia en la configuración gracias a una interfaz de usuario fácil y cómoda, herramientas inteligentes, funciones de búsqueda y modificación, manejo sencillo de gráficos y tecnología de bloques gráficos son, entre otras, las ventajas que brinda este software.

La edición de WinCC flexible determina que panel de operador se puede configurar dentro de la familia SIMATIC HMI, el software que permite realizar todas las tareas de configuración de los paneles es WiCCflexible Engineering System.

Como se decidió trabajar con el Panel Táctil TP177micro el software de programación es WinCC flexible Micro, que es la edición más pequeña de los sistemas de ingeniería de WinCC flexible. Ver Figura 3.13.

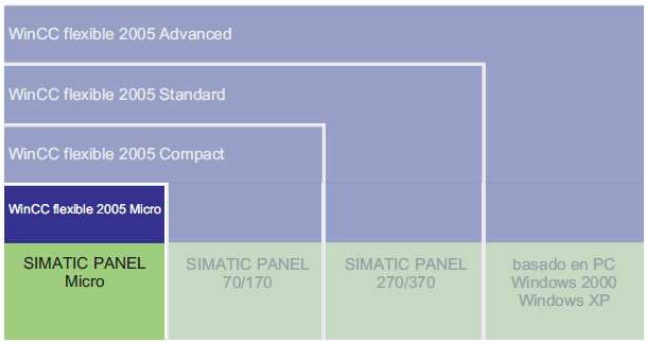



Figura 3.13. Ediciones de WinCC flexible

Una vez instalado WinCC flexible Micro se crea en el escritorio el icono representativo del programa a través del cual se puede acceder al mismo o por medio del menú de inicio de Windows. Ver figura 3.14.

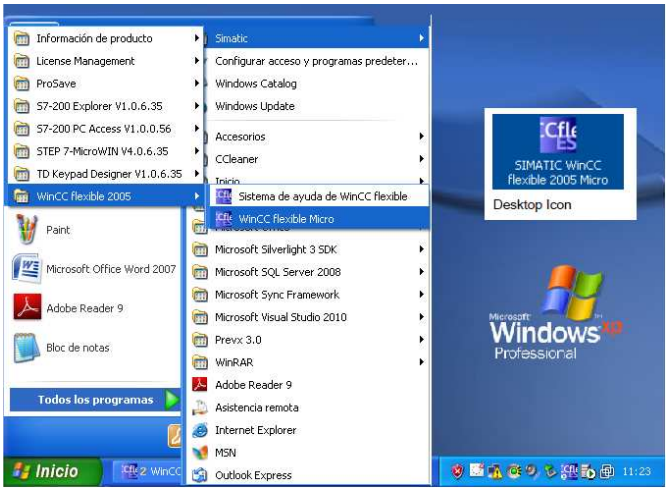



Figura 3.14. Acceso a WinCC flexible Micro

Una vez abierta la aplicación y si aún no tiene ningún proyecto, se procede a la creación de un nuevo proyecto para lo cual se despliega la siguiente pantalla (ver Figura 3.15):

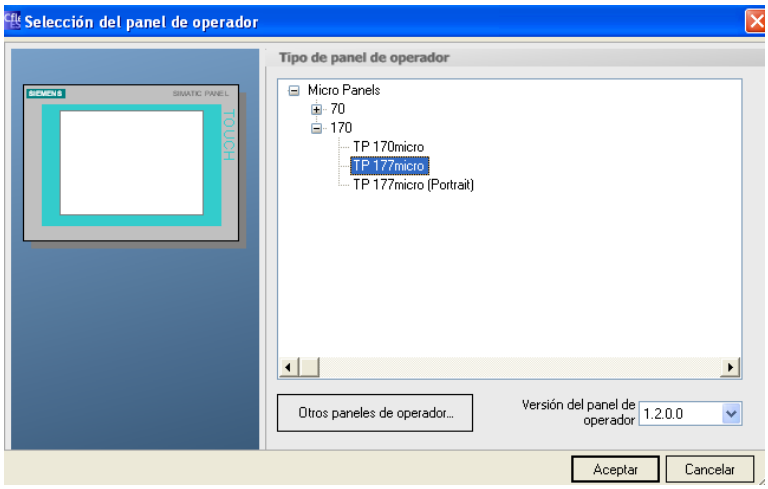



Figura 3.15. Selección del panel

La cual permite seleccionar el tipo de panel con el que se va a trabajar en el nuevo proyecto, en este caso con el TP177micro. Luego de escoger el panel se despliega la siguiente ventana (ver Figura 3.16.):

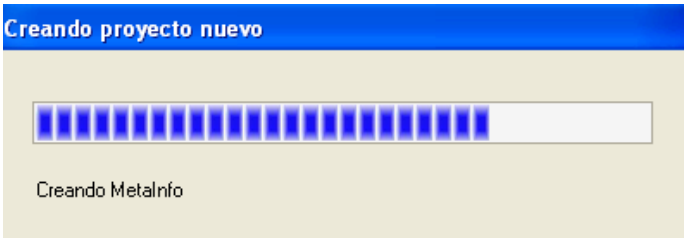



Figura 3.16. Creando proyecto nuevo

Al finalizar el proceso de creación del uno proyecto se despliega la ventana principal que consta de los siguientes elementos (ver Figura 3.17):

- Menús y barras de herramientas
- Área de trabajo
- Ventana de proyecto
- Ventana de propiedades
- Ventana de herramientas

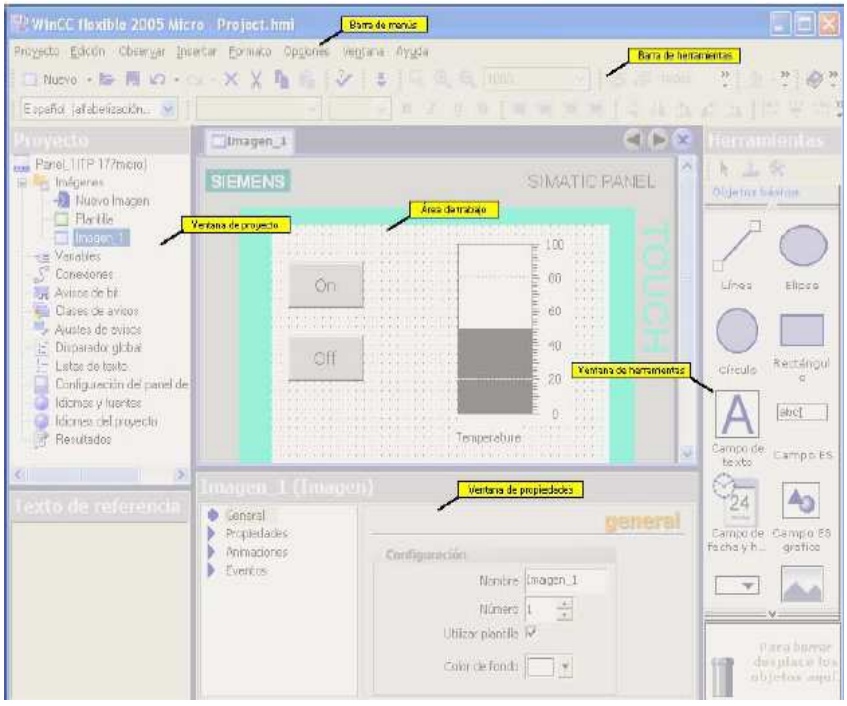



Figura 3.17. Ventana principal de trabajo

- Menús y barras de herramientas

WinCC tiene funciones similares en sus barras y menús de herramientas como las del Office, en las cuales se pueden encontrar todas las funciones necesarias para configurar el panel de operador.

- Área de trabajo

En el área de trabajo todo editor abierto se represente en una ficha propia, si hay varios editores abiertos a la vez, solo estará activa una única ficha, y haciendo clic en una de las fichas se activa la misma. La Figura 3.18. muestra el área de trabajo.

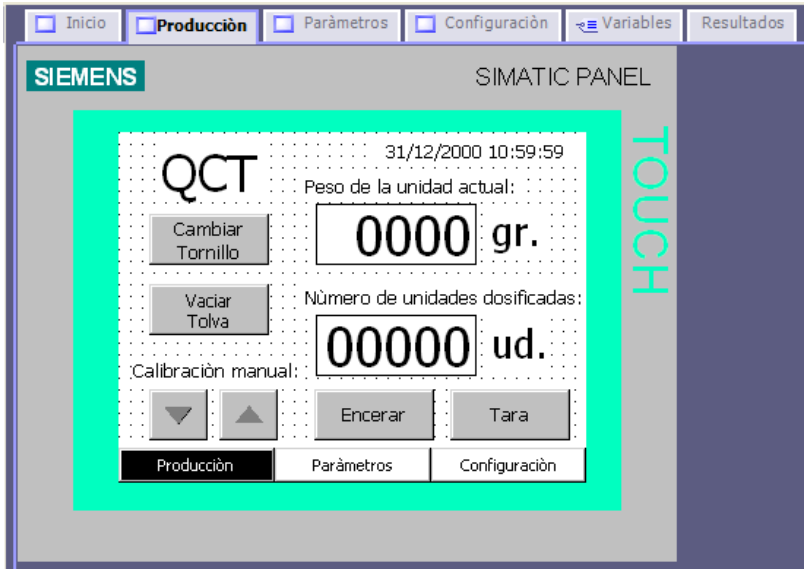



Figura 3.18. Área de trabajo y fichas mostradas

- Ventana de proyecto

Esta ventana (ver Figura 3.19.) muestra todo los componentes y editores disponibles para la creación de un proyecto. Cada editor tiene un símbolo que permite identificar el objeto correspondiente, además se puede acceder a los ajustes del panel de operador como el editor de avisos, ventana de resultados y demás.

Figura 3.19. Ventana de proyecto

- Ventana de propiedades

En esta ventana (ver Figura 3.20.) se pueden modificar las propiedades de un objeto seleccionado en el área de trabajo. Se debe señalar que las propiedades de esta ventana cambian dependiendo del objeto seleccionado. Esta ventana se puede editar el nombre el elemento, si necesita comunicación con el PLC, tipo de variable y más.

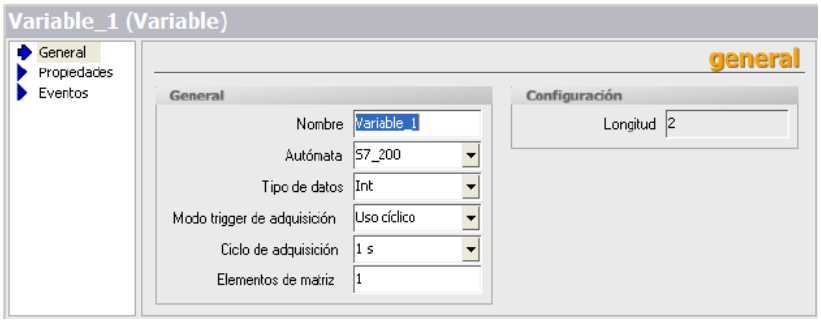



Figura 3.20. Ventana de propiedades

- Ventana de herramientas

Esta ventana (ver Figura 3.21.) muestra dos pestañas: la primer pestaña es objetos básicos, en la que se puede encontrar una seria de elementos como líneas, botones, vista de avisos, campos de hora y fecha, campo de texto, campo simbólico, etc., en

la segunda pestaña o gráficos se puede encontrar una serie de gráficos para pode r realizar presentaciones en las imágenes que se van creando.

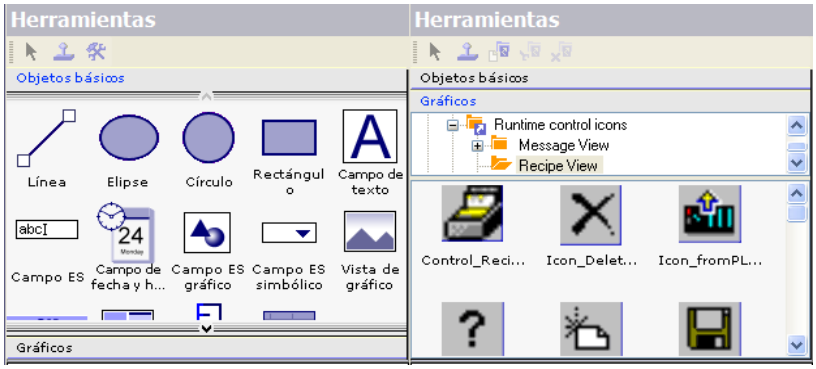



Figura 3.21. Ventana de herramientas

Una vez explicado las principales ventanas con las que cuenta el panel de operador TP177micro, se procede a explicar de manera general como se crea un proyecto y se va a aprovechar para explicar cómo fue creado el proyecto llamado QCT, cuáles son sus propiedades, con que imágenes cuenta, que variables contiene, que tipo de conexión fue configurada, etc., se irá detallando en si la creación del proyecto.

### 3.7.2.1. Creación del proyecto QTC

Al crear un proyecto se debe tener en cuenta que este contiene todos los datos de configuración e información que permiten controlar y supervisar una instalación. Estos datos de configuración pueden ser: imágenes representativas del proyecto, variables creadas para transmitir datos entre el control y el panel de operador en runtime, avisos creados para mostrar estados operativos en runtime y ficheros que almacenan valores de proceso y avisos.

En WinCC flexible se pueden crear y editar los siguientes objetos:

- Imágenes
- Variables

- Configurar una conexión
- Lista de texto
- Avisos, etc.
- Imágenes, crear imágenes

Esta opción permite la creación de imágenes haciendo clic derecho sobre esta la misma. Al realizar esta acción aparece un sub-menú que permite realizar las siguientes funciones: agregar imagen, copiar, pegar, cortar, borrar y mas propiedades.

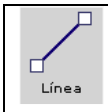
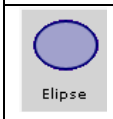
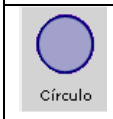
Una vez creadas las imágenes se puede acceder a ellas haciendo doble clic sobre una de ellas, al realizar esta acción se despliega en el área de trabajo para poder modificarla.

Figura 3.22. Crear una imagen

Estas son las imágenes con las que cuenta el panel de operador que fue configurado para el proyecto:

- Inicio
- Producción
- Parámetros y
- configuración

Para poder comprender de mejor manera como crear o editar una imagen se explican los elementos con los que cuenta la ventana de herramientas (ver Tabla 3.1.):

| | |
|---|---|
|  | Sirve para crear líneas con extremos rectos, redondeados y en forma de flacha. |
|  | Sirve para crear elipses las cuales se pueden llenenar con los colores permitidos por este panel o con un patrón. |
|  | Sirve para crear circulos las cuales se pueden llenenar con los colores permitidos por este panel o con un patrón. |
| | Los rectangulos se pueden crear con esta opción en los cuales se puede ajustar un redondeo cualquiera en las esquinas. Su interior también puede ser rellenado con un color permitido por el panel o con un patrón. |
| | Sirve para representar textos de una o varias líneas a los que se puede asignar un color o un tipo de fuente. Un campo de texto se lo puede rellenar con un color o un patrón |
| | • Salida de valores de una variable.<br>• Entrada de valors por parte del operador, los mismo que se guardan en una variable.<br>• Entrada y salida combinadas, en cuyo caso el operador puede cambiar el valor de la variable emitida. |
| | Este campo puede tener las siguientes funciones:<br>• Indicación de hora y fecha.<br>• Introducción y emiciones combinadas<br>La fuente de referencia puede ser la hora y fecha del sistema CPL. |
| | Este campo puede tener las siguientes funciones:<br>• Emisión de gráficos dependiendo del estado.<br>Por ejemplo se puede mostrar el estado de una válvula, es decir si esta abierta o |

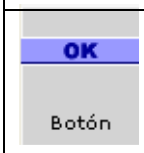
| | |
|---|---|
| | cerrada. |
| | Pued tener las siguientes funciones:<br>• Salida de las entradas de una lista de texto.<br>• Entrada y salida combinadas, en cuyo caso el operador puede seleccionar un texto de dificarla.<br>Por ejemplo el operador puede eleguir entre los estados de Motro On o Motor Off. |
| | Aquie se piede visualizar una lista de gráficos creados en programas externos en los siguientes formatos: “*.emf”, “*.wmf”, “*.dib”, “*.bmp”, “*.jpg”, “*.jpeg”, “*.gif”. |
|  | Sirve para genenar botones através de los cueles el operador puede controlar un proceso.<br>Un botón se puede incorporar al proceso dinamizando sus propiedades. |
| | En runtime el interruptor sirve para introducir y visualizar dos estados, por ejemplo: On/Off y bien pulsado y/o soltado. |
| | Sirve para representar valores enviados desde el autómata con una escala determinada. En la barra se pueden visualizar los diferentes niveles de llenado. |
| | En runtime el operador puede visualizar en la vista de avisos, avisos o eventos de avisos seleccionados desde el buffer de avisos. |
| | Esta ventana solo se puede configurar en una plantilla.<br>En esta ventana el operador pued visualizar en runtime avisos o eventos de avisos seleccionados desde el baffer de avisos. Esta ventana puede activarse automáticamente cuando se genera un aviso. |
| | Aquí se muestran avisos pendientes de acuse que no se han acusado a todavía.<br>El indicador de avisos solo puede configurarse en una plantilla. |

Tabla 3.1. Opciones mostradas en la ventana de herramientas

En la imagen inicio (ver Figura 3.23.) se encuentra información básica referente al nombre de la empresa, quienes son parte de la creación de proyecto, y un botón con el nombre de INICIO que al presionar sobre él salta a una segunda imagen llamada Parámetros.

Figura 3.23. Imagen 1 llamada Inicio

La Figura 3.24. muestra como dar propiedades al botón Inicio. El proceso para poder configurar un botón es el siguiente:

- Primero se crea el botón seleccionando de la ventana de herramientas la opción “Botón”. Una vez seleccionado se lo arrastra hasta una imagen en el área de trabajo, aquí se le da las dimensiones requeridas por el operador.
- En la ventana propiedades se muestran todos las propiedades del botón como:
    - o General: modo del botón: texto o grafico, para poder identificarlo visualmente.

- En propiedades: apariencia, niveles de la imagen, formato de texto, seguridad, misceláneo.
- En animaciones: visibilidad
- Eventos: aquí se muestra todas las opciones disponibles para poder establecerlas en el botón y que el mismo funcionen como el operador lo requiera. Por ejemplo: si se necesita que una acción se realice al pulsar el botón, al soltar el botón, etc. Las opciones son las siguientes: hacer clic, pulsar, soltar, desactivar, modificar.

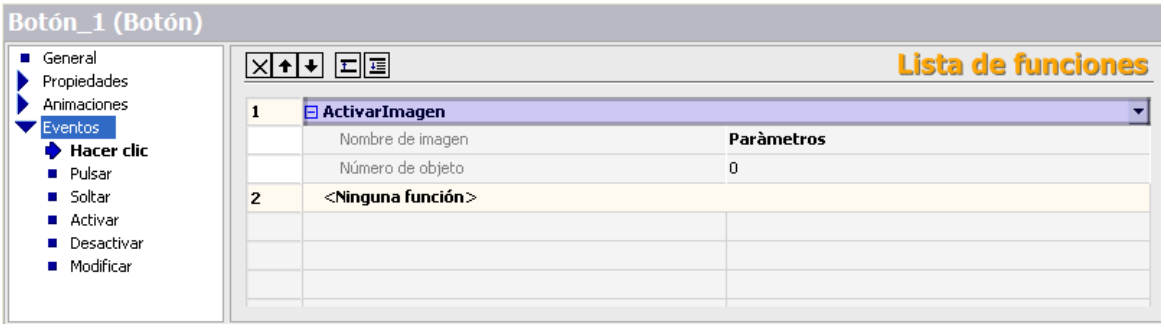



Figura 3.24. Propiedades del botón Inicio

Al seleccionar una de ellas se despliega una lista de funciones con las cuales se va dando propiedades al botón para que realice una acción determinada.

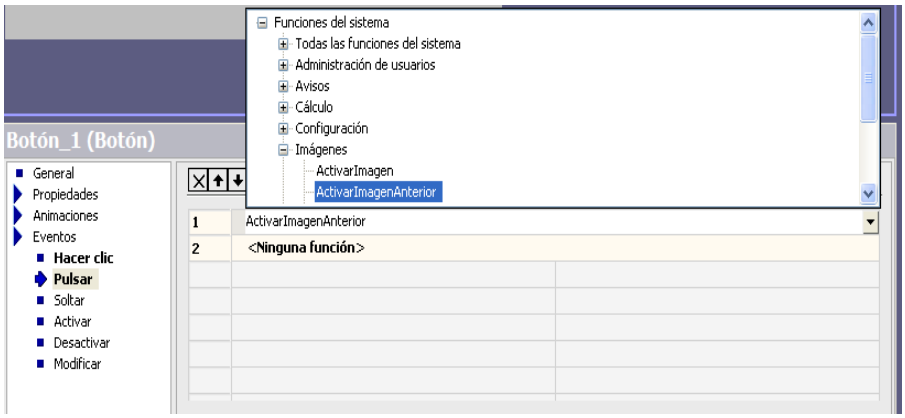



Figura 3.25. Árbol mostrado al seleccionar una de las opciones del botón Inicio

El botón Inicio cuenta con las siguientes características:

- Hacer clic > Funciones del sistema > Imágenes > Activar imagen > Nombre de imagen > Parámetros.

Al hacer clic en el botón Inicio se salta a la imagen Parámetros que cuenta con la siguiente presentación (ver Figura 3.256):

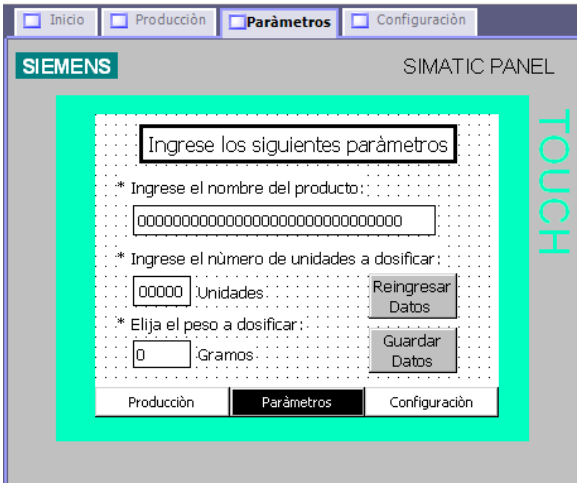



Figura 3.26. Imagen 1 llamada Parámetros

La ventana Parámetros cuenta con aplicaciones como:

- Nombre del producto: es un “Campo ES” configurado como campo de texto, en el que el operador introduce en nombre con el que se identifica al producto. Configurado para 30 caracteres como máximo, es una salida que va hacia el PLC.
- Número de unidades: es un “Campo ES” configurado como un campo numérico, en el que el operador introduce el número de unidades que se va a producir. Está configurado para un máximo de 30.000 unidades. Es una salida que va hacia el PLC.
- Peso a dosificar: es un “Campo ES”, en el que se pueden realizar tablas para mostrar opciones definidas, en este caso se muestra una tabla creada en la

opción lista de texto con los valores de pesaje predefinidos por el jefe de producción. Es una salida que va hacia el PLC. La lista de texto se la crea de la siguiente manera:

En la ventana de proyecto se selecciona la opción Lista de texto, al dar doble clic sobre esta se despliega una ventana en el área de trabajo en la que se puede crea la aplicación requerida. En la pestaña Lista de texto se puede visualizar dos sub-ventanas de trabajo (Lista de texto y Entradas de la lista de texto) que se relacionan; es decir, al crear una lista de texto dándole un nombre, se vincula a ésta la ventana Entradas de la Lista de texto en la que se va a crear la tabla requerida, en este caso la tabla cuenta con los valores para el proceso de dosificación que van desde 50 gramos hasta 500 gramos en pasos de 50 gramos y de 500 gramos hasta 2500 gramos en pasos de 500 gramos. Para poder tener acceso a ella se debe crear variables que pueden ser de tipo internas (utiliza la memoria del panel táctil) o externas (sirven para la comunicación con el PLC, son reflejo de una dirección o espacio de memoria del PLC).

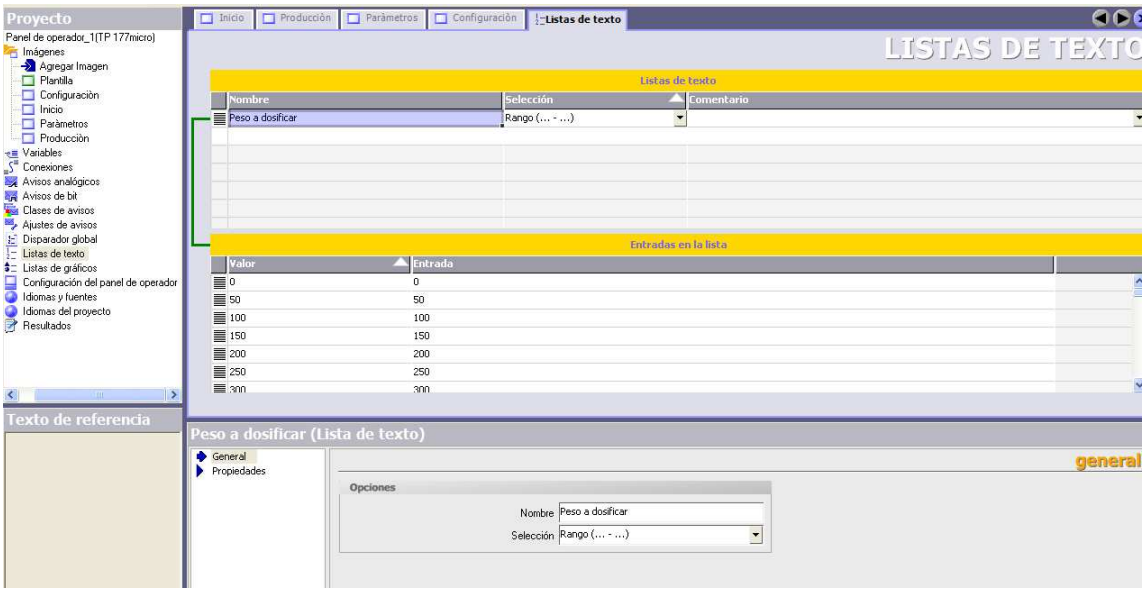



Figura 3.27. Creación de una Lista de texto

- Reingresar datos: este botón permite borrar los campos al operador en caso de error en el ingreso de los parámetros (nombre del producto, número de unidades a dosificar, paso a dosificar) para la producción. Su creación es similar al botón de Inicio, y sus propiedades de funcionamiento van de acuerdo a la función del botón.
- Guardar datos: este botón, como su nombre lo indica, permite guardar los parámetros que fueron ingresados por el operador para la producción. Se debe tener en cuenta que, por programa en el PLC, el proceso no puede iniciar si no se ingresa datos en todos los parámetros mencionados (nombre del producto, número de unidades a dosificar, peso a dosificar), pues es una de las condiciones que debe cumplir el programa. Al hacer clic sobre este botón se guardan los datos y salta automáticamente hacia la ventana "Producción", para que el operador pueda empezar con el dosificado del producto.

En la parte inferior se puede visualizar tres botones que son: Producción, Parámetros y Configuración, los cuales indica según el color en que ventana se encuentra trabajando en ese momento. En este caso se encuentra de color negro el botón de Parámetros, pues se está trabajando en esta ventana. A continuación se describe qué función cumplen estos tres botones:

- Producción: este botón permite saltar o pasar a la ventana producción.
- Configuración: este botón permite saltar o pasar a la ventana configuración.
- Parámetros: en este ventana el botón parámetros esta deshabilitado, pues el operador se encuentra trabajando en esta ventana.

Antes de explicar que contiene la ventana de producción, se explica que es una variable, de qué tipo de variables se dispone y como crear una variable.

- Variables, crear variables

Al realizar doble clic sobre la opción de variables que se encuentra en la ventana de proyecto, en el área de trabajo se despliega la ventana de variables, la cual permite la creación de variables las que pueden ser:

- Variables internas: las variables internas no tienen conexión con el autómata, y se almacenan en la memoria del panel de operador, por lo que se pueden acceder con derechos de lectura y escritura solo desde el panel de operador.
- Variables externas: estas variables permiten la comunicación entre el panel de operador y el autómata programable; es decir, el autómata puede acceder a ellas con derechos de lectura y escritura. Estas variables son una imagen de una posición de memoria del autómata y los tipos de variables que se podrán utilizar dependerán del autómata al que esté conectado el panel de operador.

Una vez que se ha desplegado la pestaña de Variables (ver Figura 3.28.) en el área de trabajo, se podrá configurar cada una de las variables dependiendo de las necesidades del usuario.

Figura 3.28. Pestaña de variables en el área de trabajo

En la ventana de propiedades (ver Figura 3.29.) se encuentran todas las propiedades con las que cuenta una variable, por ejemplo: si necesita una conexión con el autómata, tipo de datos, ciclo de adquisición de datos, nombre de la variable, etc. La Tabla 3.2. muestra las variables creadas

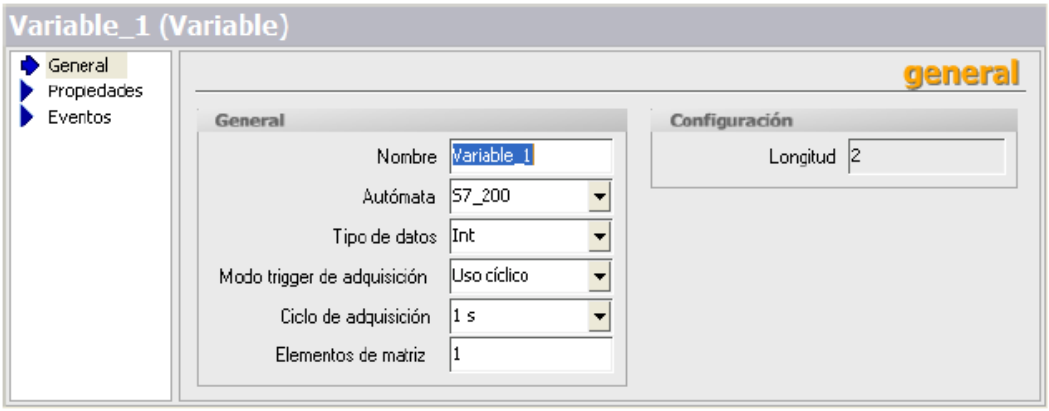



Figura 3.29. Pestaña de variables en el área de trabajo

| Nombre | Conexión | Tipo de datos | Dirección | Ciclo de adquisición |
|---|---|---|---|---|
| cambiar_tornillo | Conección_1 | Bool | V 70.0 | 1 s |
| Decrementar | Conección_1 | Bool | V 60 .0 | 1 s |
| Encerar | Conección_1 | Bool | V 40.0 | 1 s |
| guargar_datos | Conección_1 | Bool | V 20.0 | 1 s |
| Incrementar | Conección_1 | Bool | V 50.0 | 1 s |
| inc_dec_valor | Conección_1 | Int | VW 26 | 1 s |
| nom_producto | Conección_1 | StringChar | VB 0 | 5 s |
| num_u_dosificar | Conección_1 | Int | VW 14 | 5 s |
| p_dosificar | Conección_1 | Real | VD 100 | 5 s |
| reingresar_datos | Conección_1 | Bool | V 30.0 | 1 s |
| Tara | Conección_1 | Bool | V 10.0 | 1 s |
| vaciar_tolva | Conección_1 | Bool | V 80.0 | 1 s |
| p_u_a_dosificando | Conección_1 | Real | VD 18 | 100 ms |
| u_dosificadas | Conección_1 | Word | VW 22 | 1 s |

Tabla 3.2. Variables creadas para el proyecto

Ventana producción:

Como se dijo al explicar el botón “Guardar datos” de la ventana de “Parámetros”, al pulsar este botón se guarda los datos ingresados en una memoria del PLC y salta automáticamente a la ventana de producción que tiene la siguiente presentación (ver Figura 3.30.):

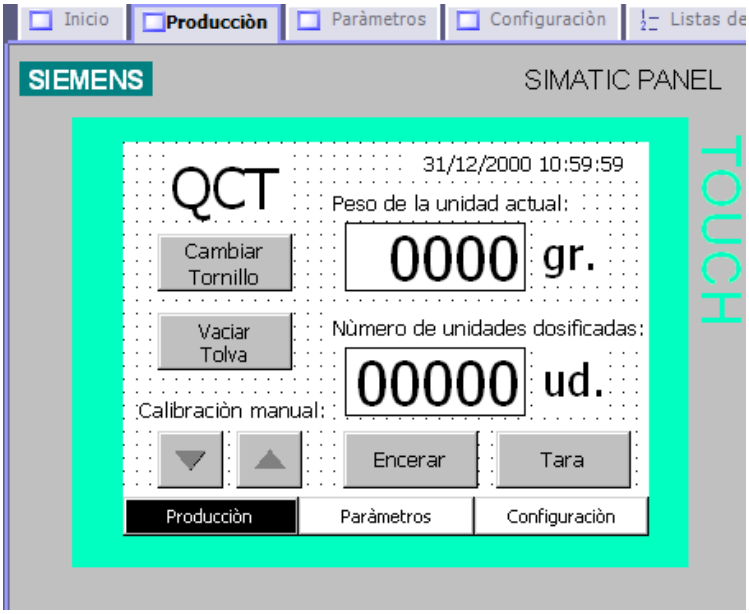



Figura 3.30. Ventana producción

A continuación se describe las funciones de cada uno de los botones de la ventana “Producción”. Se debe tener en cuenta que la creación de estos botones es similar a la creación del botón de Inicio que ya se explicó.

- Cambiar tornillo: una vez empezado el proceso de dosificación con un peso determinado se puede proceder al cambio del tornillo, si así el proceso lo requiere. Por ejemplo, se da el caso que se desea producir el mismo producto pero con un peso diferente al ya establecido. Esto es posible presionando este botón, que da la orden de vaciado solo de la tolva_1; es decir, la tolva de dosificación. Una vez vacía esta tolva se procede con el cambio del tornillo, se

ingresan los parámetros necesarios para guardar los cambios y se empieza un nuevo proceso con el mismo producto pero con un peso de dosificado diferente.

- Vaciar tolva: este botón permite el vaciado total de la tolva. Por ejemplo, se solicita a la empresa el enfundado de un producto diferente, entonces se debe vaciar por completo toda la maquina y limpiarla para el ingreso del nuevo producto, y proceder con el dosificado del nuevo producto.
- Botones de calibración manual: se crearon dos botones para poder realizar ajustes finos en el pesaje final. Esta idea surgió por el tipo de producto que se dosifica en esta empresa.

  La configuración de estos botones es la siguiente:

  Botón decrementar: en la ventana de propiedades se elije las siguientes opciones. Eventos>Pulsar>Funciones del Sistema>Procesamiento de bits>Activar bits mientras tecla pulsada>Variable entrada/salida_decrementar>Calculo>Reducir valor>variable entrada/salida inc_dec_valor>Valor 5.

  Botón incrementar: en la ventana de propiedades se elije las siguientes opciones. Eventos>Pulsar>Funciones del Sistema>Procesamiento de bits>Activar bits mientras tecla pulsada>Variable entrada/salida_incrementar>Calculo>Reducir valor>variable entrada/salida inc_dec_valor>Valor 5.

- Encerar: este botón permite encerar la balanza para tener un pesaje exacto. Después de un uso prolongado se verificó que la balanza pierde su referencia de cero, por esta razón se programó este botón.
- Tara: este botón permite realizar la operación de tarar, que quiere decir establecer el peso de la funda en vacio colocada sobre la balanza y descontar este valor para poder tener un pesaje exacto con respecto al valor ingresado por pantalla.

Los botones de Cambiar tornillo, Vaciar tolva, Encerar y Tara tienen la siguiente configuración: en la ventana de propiedades se elije las siguientes opciones. Eventos>Pulsar>Funciones del Sistema>Procesamiento de bits>Activar bits mientras tecla pulsada>Variable entrada/salida_(depende del botón el nombre de la variable).

- Campo ES: la ventana producción muestra dos Campos ES, los cuales sirven para mostrar el peso de la unidad actual en proceso de dosificación y el número de unidades producidas.

Ventana configuración:

En la ventana configuración mostrada en la Figura 3.31. se va a desarrollar botones a través de los cuales se puede tener acceso a funciones como transferir, el que da la opción de poder cargar un nuevo programa desarrollado en WinCC, esta es una gran ventaja ya que se puede dar nuevas funciones a la máquina dosificadora de sólidos y estas funciones incluidas pueden reflejarse directamente en el HMI desarrollado para este efecto.

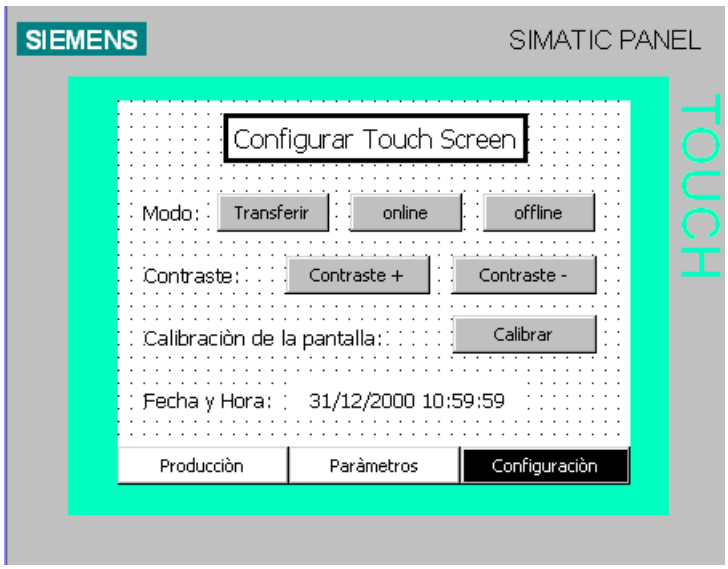



Figura 3.31. Ventana producción

A continuación se describe cada una de las funciones de la ventana configuración:

- Modo (transferir, on-line, off-line): se refiere al modo de operación de la pantalla, es decir, el modo transferir permite descargar una nueva aplicación o programa en el panel de operación. El modo on-line permite la comunicación entre el panel de operador y el PLC. El modo off-line no permite la comunicación entre el panel de operación y el PLC.
- Contraste: con estos botones se puede ajustar el contraste de la pantalla en un amplio margen. Se debe tener en cuenta que en condiciones de luz desfavorables el operador puede llagar a no visualizar o distinguir los objetos en la pantalla.
- Calibración de la pantalla: al presionar sobre este botón se sigue las instrucciones que van apareciendo, para la calibración del panel de operador. Al finalizar el procedimiento el panel le preguntará si se desea guardar los cambios realizados o no.
- Fecha y hora: en esta opción se puede configurar la fecha y hora del panel de operador.

Se puede notar que en las ventanas Producción, Parámetros y Configuración, en la parte inferior se encuentran tres botones con estos mismos nombres. Son para poder acceder a cada una de estas ventanas como ya se explicó. En la ventana Parámetros estos botones no están protegidos por una contraseña, es decir, cuando se encuentra en la ventana Parámetros se pude saltar rápidamente a cualquiera de las otras dos ventanas, en la ventana de Configuración se puede realizar cualquiera de las operaciones ya explicadas y retornar a la ventada Parámetros. Una vez que se guarda los datos con el botón guardar datos, salta automáticamente a la ventana producción, pues así está configurado. Una vez realizada esta acción y al encontrase en la ventana producción, ya no se puede acceder a las otras dos pantallas si no es bajo el ingreso de una contraseña. Al utilizar una contraseña se está dando un grado de seguridad al operador y al proceso en sí, pues se protege al proceso de manipulaciones no autorizadas.

Para poder configurar una contraseña se procede de la siguiente manera:

- Para asignar una contraseña se configura en los ajustes de panel de operador del proyecto de WinCC flexible. En la ventana del proyecto haga doble clic en la entrada “configuración del panel de operador”, la misma que se mostrará en el área de trabajo. Ver Figura 3.32.

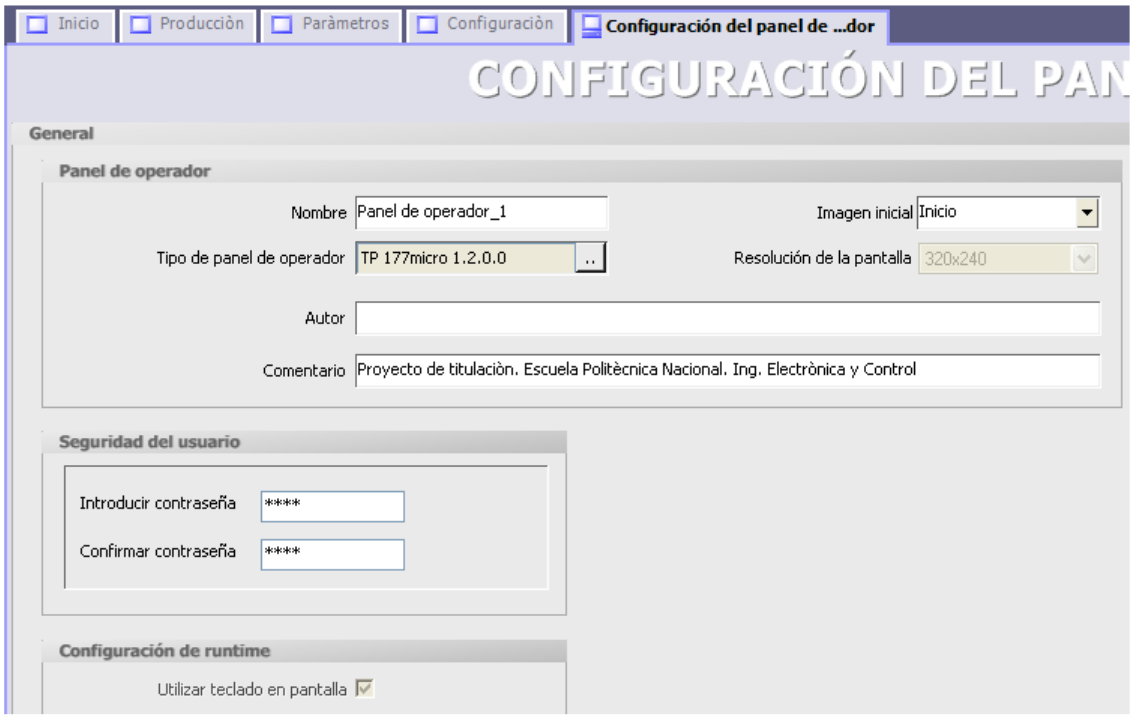



Figura 3.32. Configurar una contraseña

En la ventana Configuración del panal de operador también se puede establecer la primera imagen que aparece en el proyecto, así como el tipo de panel de operador.

- Configurar una conexión

En la ventana de proyecto se encuentra la pestaña conexiones, la cual permite crear y configurar una conexión básica, la misma que se puede ajustar a las necesidades del proyecto. Ver Figura 3.33.

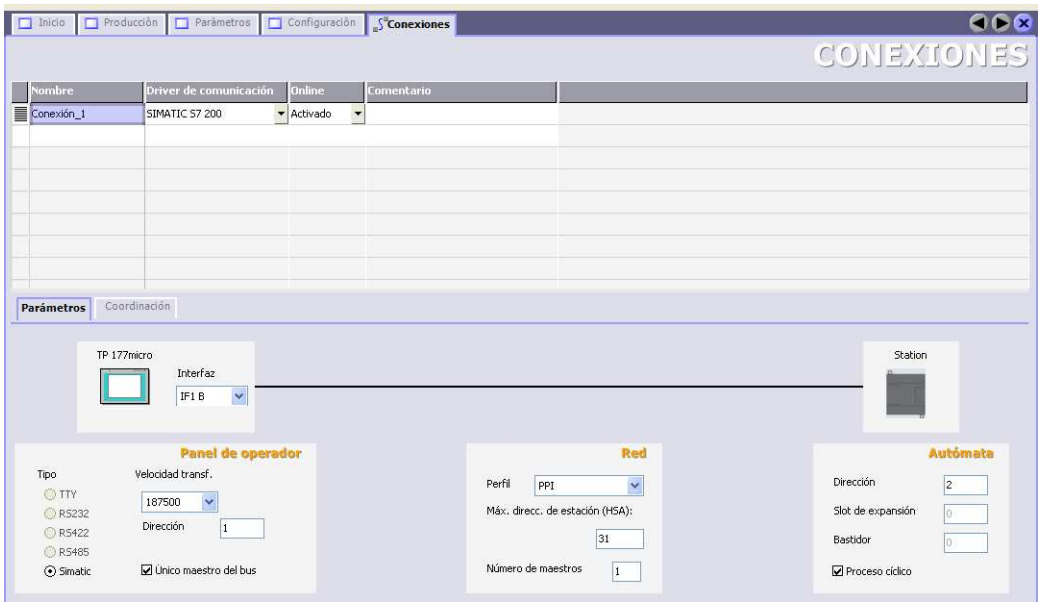



Figura 3.33. Configurar una conexión

En esta ventana se pude configurar el nombre de la conexión, el driver de comunicación (en este caso SIMATIC S7 200), si el panel debe aparecer en estado Online.

En la sub-pestaña parámetros se puede configurar los siguientes elementos:

- Panel de operador: la velocidad de transferencia para la comunicación con el autómata, la dirección
- Red: el perfil de red para la comunicación, en este caso PPI, el número máximo de direcciones para estaciones, y el número de maestros, que existen en el proyecto.
- Autómata: la dirección del autómata

En la sub-pestaña coordinación se puede configurar los siguientes:

- Dirección.
- Ciclo de adquisición de datos: en este caso 1 minuto.
- Transferir un proyecto

Una vez terminada la elaboración de un proyecto, se comprueba la coherencia del mismo accediendo a los comandos del menú: Proyecto> Generador>Comprobar coherencia. Si no existen errores al terminar con este proceso de verificación de errores, el sistema crea un archivo de proyecto compilado. También se pueda realizar este proceso a través de los iconos que se encuentran en los menús. Ver Figura 3.34.

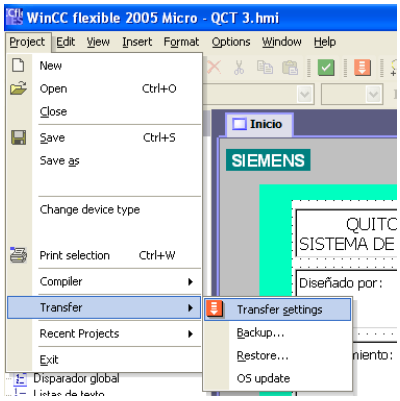



Figura 3.34. Transferir un proyecto

Para transferir un proyecto se debe verificar que el panel de operador se encuentre conectado. Una vez verificado este punto se realizan los siguientes pasos:

1. Elegir las opciones de transferencia para el panel de operador, en WinCC flexible.
2. Ajustar el modo de transferencia en el panel de operador.
3. Transferir el archivo de proyecto compilado del equipo de configuración al panel de operación.
4. Verificar que el panel de operador se encuentra en el modo de transferencia.

- Configurar la transferencia

Antes de transferir un proyecto al panel de operador se abre un dialogo de configuración en el que se debe elegir el panel de operador, la velocidad de la transferencia, el modo (serie o usb). Ver Figura 3.35

Figura 3.35. Configuración de una transferencia

La conexión entre un panel de operador y una PC se la realiza a través de un cable serie tipo adaptador PC/PPI, por el que se efectua la transferencia.

### 3.7.2.2. Protocolo PPI/MPI de Siemens

El protocolo PPI/MPI es un protocolo propietario de Siemens utilizado en la familia S7 el cual puede conectar hasta 32 equipos mono-maestro, multi-maestro o complejas, con velocidades que van entre 9,6 y 187 Kbps. Está basado en los protocolos RS-485 y RS-232, con cables de 2 y 4 hilos. La distancia máxima entre equipos es de 50 metros o utilizando repetidoras hasta 1100m. Otras características:

- La transmisión de rige por un protocolo maestro/esclavo (pregunta respuesta).
- Si la red es compleja, se utiliza el modo PPI avanzado (PPI+), que incluye el paso de testigo entre los diferentes maestros.
- Diversos temporizadores de mantenimiento y rotación del testigo permiten el comportamiento determinista del protocolo MAC.

Este protocolo es un secreto de Siemens. La Figura 3.35. muestra un ejemplo de comunicación entre un PC (maestro) y un PLC (esclavo).

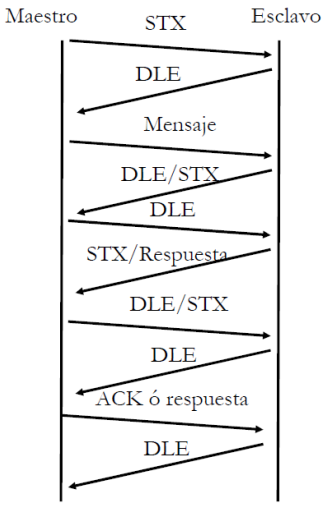



Figura 3.36. Ejemplo de comunicación maestro esclavo

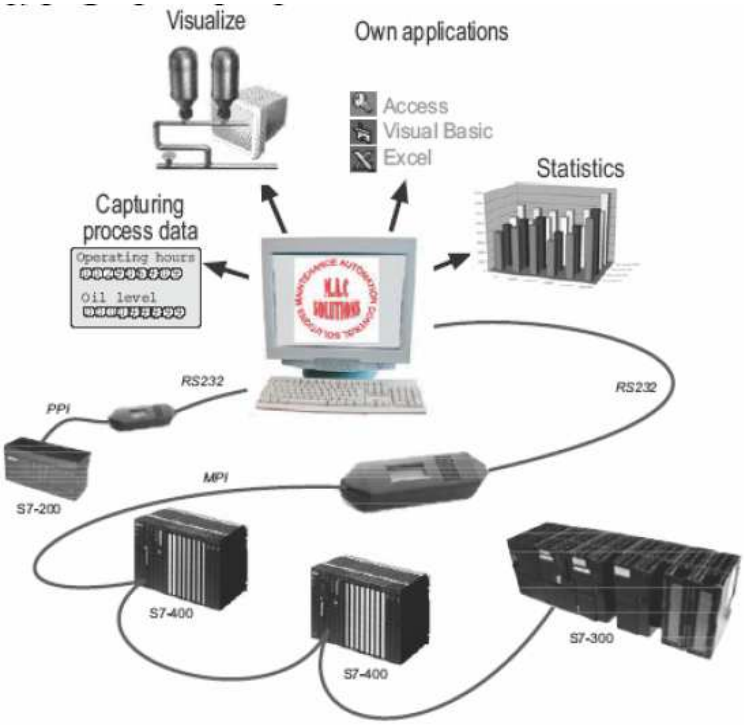



Figura 3.37. Conexión PPI y MPI de Siemens

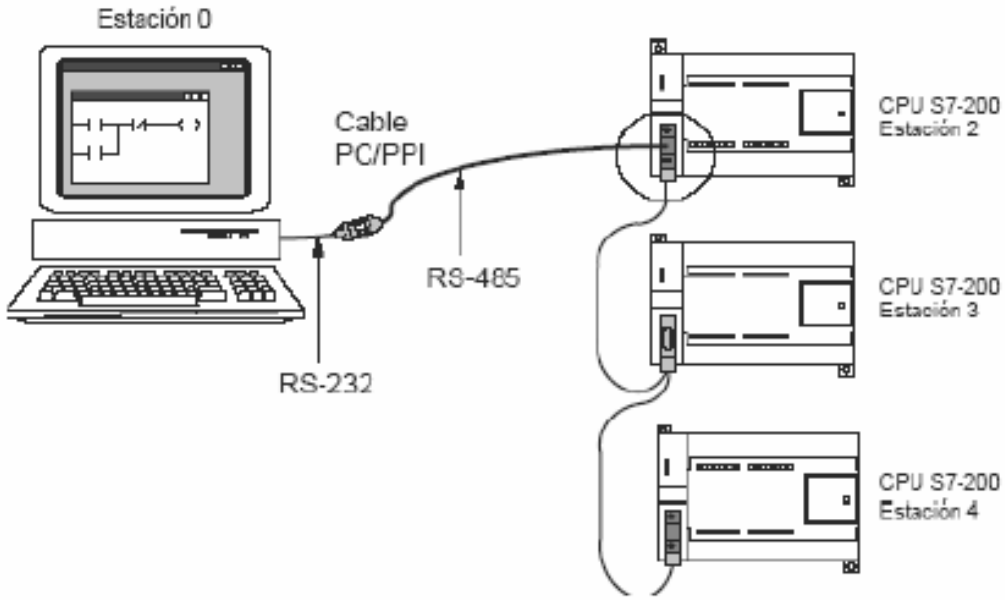



Figura 3.38. Comunicación a través de un cable PC/PPI

## 3.6. PROGRAMACIÓN DEL VARIADOR DE VELOCIDAD G120

El variador de velocidad usado para el motor del tornillo sin fin vertical fue programado para controlar la caída del producto. Este variador fue programado inicialmente con la puesta en servicio rápida. Luego, dependiendo de las necesidades, se realizaron ajustes en los parámetros del variador.

Cabe mencionar que para el ingreso de los parámetros se utilizo el panel de operación básica (BOP).

En la Tabla 3.3. se muestra los parámetros implementados en la programación del Sinamic g120 con los cuales se obtuvo un eficiente resultado en la dosificación del polvo. La Tabla 3.3. muestra los parámetros implementados.

| Nº Par | Nombre | Nivel de acceso | Puede cambiarse |
|---|---|---|---|
| P0100 | Europa/ Norte América | 1 | C |
| P0304 | Tensión nominal del motor | 1 | C |
| P305 | Corriente nominal del motor | 1 | C |
| P307 | Potencia nominal del motor | 1 | C |
| P0310 | Frecuencia nominal del motor | 1 | C |
| P0311 | Velocidad nominal del motor | 1 | C |
| P0700 | Selección de la fuente de ordenes | 1 | CU |
| P0701 | Función de la entrada digital 0 | 2 | T |
| P0712 | Entrada Análoga/Digital | 2 | T |
| P0756 | Tipo de entrada análoga | 2 | T |
| P1000 | Selección de la consigna de frecuencia | 1 | CT |
| P1080 | Velocidad mínima | 1 | CUT |
| P1082 | Velocidad máxima | 1 | CT |
| P1120 | Tiempo de aceleración | 1 | CUT |
| P1121 | Tiempo de desaceleración | 1 | CUT |
| P1300 | Modo de control | 2 | CT |
| P3900 | Fin de la puesta de servicio | 1 | C |

Tabla 3.3. Parámetros implementados en el Sinamic G120

Cuando P0010 = 1, el P0003 (nivel de acceso de usuario) se puede utilizar para seleccionar los parámetros para acceder a ellos. Este parámetro también permite la selección de una lista de parámetros definida por el usuario para puesta en marcha rápida.

Mediante el parámetro P0756 con acceso de nivel 2 se define el tipo de entrada analógica y también permite el control de la entrada analógica, para lo cual se implemento el control por corriente. Para cambiar la corriente a la entrada analógica actual no es suficiente sólo el parámetro P0756. Por el contrario, el DIP en la placa terminal también se debe establecer en la posición correcta. Para una entrada de corriente de (0-20mA) el DIP tiene que estar en la posición ON.

## 3.7. PANELES DE CONTROL

El sistema cuenta con tres paneles:

- Panel frontal
- Tablero de control y potencia

### 3.7.1. PANEL FRONTAL

- BOTONERA

Tanto los pulsadores y las luces se encuentran ubicados en una botonera en la parte izquierda de la tolva 1. En la Tabla 3.4. se detalla el funcionamiento de cada uno de los elementos de la botonera.

| Número | FUNCION |
|---|---|
| 1 | PARO DE EMERGENCIA |
| 2 | PULSADOR DE ENCENDIDO DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA |
| 3 | PULSADOR DE APAGADO DE LA MAQUINA DOSIFICADORA |
| 4 | LUZ VERDE INDICADORA DE PESO BUENO |
| 5 | LUZ ROJO INDICADORA DE PESO MALO |
| 6 | PULSADOR DE INICIO DE PROCESO |
| 7 | PANTALLA TÀCTIL TP177 MICRO |

Tabla 3.4. Descripción de la botonera

- PANTALLA TÁCTIL

La pantalla táctil se encuentra ubicada en una caja metálica en la parte izquierda de la tolva 1, cuya caja está sujeta por medio de pernos a un brazo que se mueve de acuerdo a los requerimientos del operador. El operador tiene acceso para controlar el proceso del sistema de dosificación, así también ingresar los diferentes parámetros que el sistema requiera

Tanto la pantalla táctil y la botonera se visualiza en la Figura 3.39.

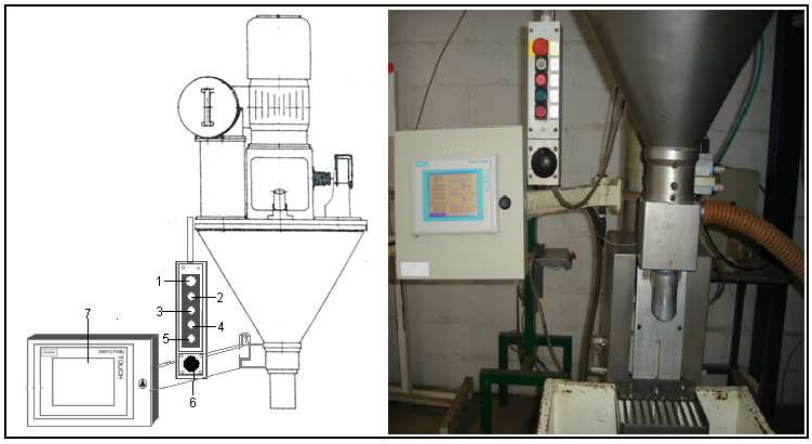



Figura 3.39. Botonera y pantalla táctil

### 3.7.2. TABLERO DE CONTROL Y POTENCIA

Existe un gabinete ubicado a 4 metros de distancia de la maquina dosificadora de sólidos, en la cual se encuentra tanto el sistema de control, como el sistema de potencia. Se ha distribuido de la siguiente manera: parte frontal, el sistema de control y en la parte posterior el sistema de potencia. Cada sistema tiene sus respectivas protecciones.

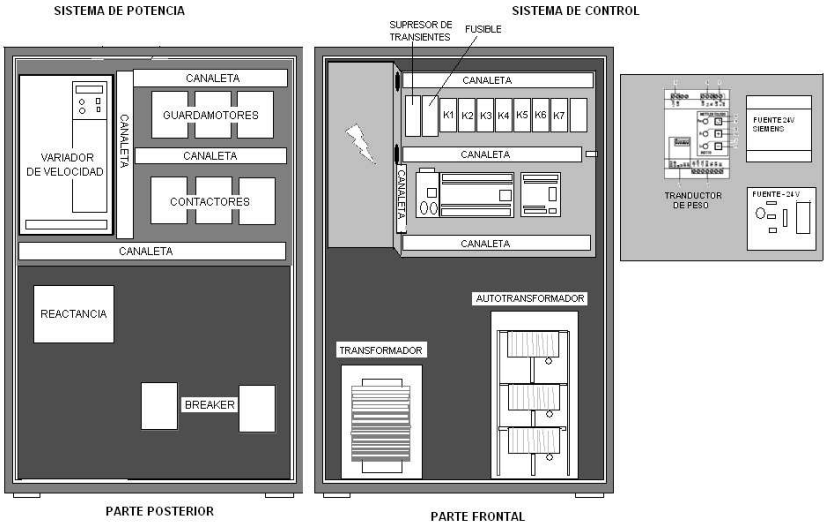



Figura 3.40. Esquema de la parte interna del gabinete

Figura 3.41. Parte interna del gabinete de control y potencia

Los conductores y protecciones para cada uno de los elementos a controlar son diseñados tomando en cuenta los requerimientos eléctricos que presentan, y de las recomendaciones que se tiene para el cálculo de los conductores.

En el capitulo siguiente se indica todas las pruebas que se realizaron durante el funcionamiento y puesta en marcha del proyecto, los resultados alcanzados durante el proceso de automatización de la planta y el estimado de producción de los diferentes pesos.

# CAPITULO 4

# PRUEBAS Y RESULTADOS

# CAPITULO 4

# PRUEBAS Y RESULTADOS

El presente capitulo explica las diferentes pruebas que se realizaron en la máquina dosificadora de sólidos, tanto en la parte mecánica así como en la comunicación de sus componentes y la velocidad de respuesta de los mismos en su funcionamiento real utilizando productos reales (Polvos nocivos)

## 4.1. PRUEBAS MECÁNICAS.

Debido a la antigüedad de la máquina dosificadora de sólidos en la empresa QCT y al largo tiempo de mantenerla sin funcionamiento, se tomó la decisión de realizar las respectivas pruebas de cada uno de sus componentes como son: los motores, sensores, pulsadores, pantalla de datos, y las luces indicadoras.

- Motores

El motor 1 del tornillo sin fin vertical se alimento con un voltaje de 220 VAC, teniendo como resultado que el motor se encontraba en un buen estado a pesar del tiempo de no operación. Se debe indicar que mecánicamente este motor está dispuesto solo para girar en un sentido, es decir, en el sentido que sirve para la dosificación del producto.

Se procedió a realizar pruebas en los otros motores y se obtuvo como resultado que el motor_2 del tornillo horizontal y el motor_3 del agitador estaban trabados, y se procedió a realizar un mantenimiento general de cada uno de ellos, así como, en sus cajas reductoras. Se descubrió que cada caja reductora tiene un aceite especial, el cual se encontraba cristalizado y no permitía el movimiento de los engranes. Esto a su vez hacia que el motor incremente su corriente por encima de la nominal, al momento del arranque. (Ver Figura 4.1.).

Figura 4.1. Motores de la máquina dosificadora de sólidos

- **Sensores**

Debido a la falta de información del tipo de alimentación y funcionamiento de los sensores se procedió a realizar pruebas con voltajes diferentes tomando como referencia los elementos que están en las placas electrónicas de los mismos. Esto dio como resultado que la alimentación del sensor piezoeléctrico de nivel era de 24 voltios $V_{DC.}$

Se realizó pruebas en vacio del sensor piezoeléctrico teniendo como resultado que al introducir cualquier objeto en medio de las dos barras, este hacia que se cierre o se abra un contacto tipo relé.

Igualmente el sensor magnético se comportaba de la misma manera: al momento de separar a los dos elementos que constituyen este sensor, se activaba un contacto tipo relé. (Ver Figura 4.2.).

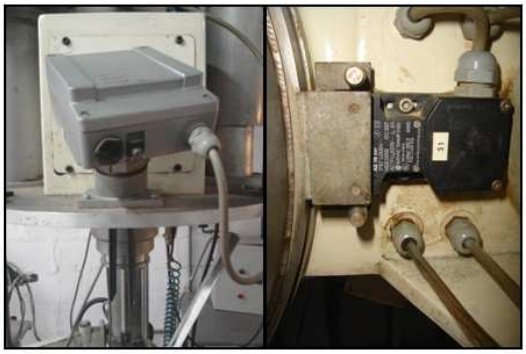


Figura 4.2. Sensor piezoeléctrico y sensor magnético

- **Pantalla de datos**

De la pantalla de la Figura 4.3 no existía ningún tipo de respuesta. De la misma no seposeía ningún tipo de información para poder realizar pruebas, siendo la más importante el tipo y valor de alimentación eléctrica de la pantalla.

Figura 4.3. Pantalla antigua.

- **Pulsadores y luces indicadoras**

Se procedió a probar cada uno de los pulsadores, constatando la continuidad al momento de pulsarlos. Para las luces se alimento con una fuente de 24 $V_{DC}$ dando como resultado que los focos estaban fuera de servicio (quemados), los mismos que fueron cambiados por luces de tecnología LED. Ver Figura 4.4.

Figura 4.4 Pulsadores y luces indicadoras

## 4.2. PRUEBA NEUMÁTICAS

Para la comprobación del sistema neumático se construyo una fuente de 24 $V_{DC}$ con la que se alimentó a cada una de las electroválvulas que controlan al cilindro horizontal (de ajuste o sujeción de la funda) y la compuerta ON-OFF (que no permite que el producto siga cayendo una vez que se ha detenido el motor de dosificación), así como el funcionamiento de la unidad de mantenimiento. Como resultado se obtuvo que las unidades de mantenimiento y una electroválvula se encontraba en buen estado, no así la electroválvula que controla el ajuste de la funda, por lo que se procedió a cambiarla. (Ver Figura 4.5.)

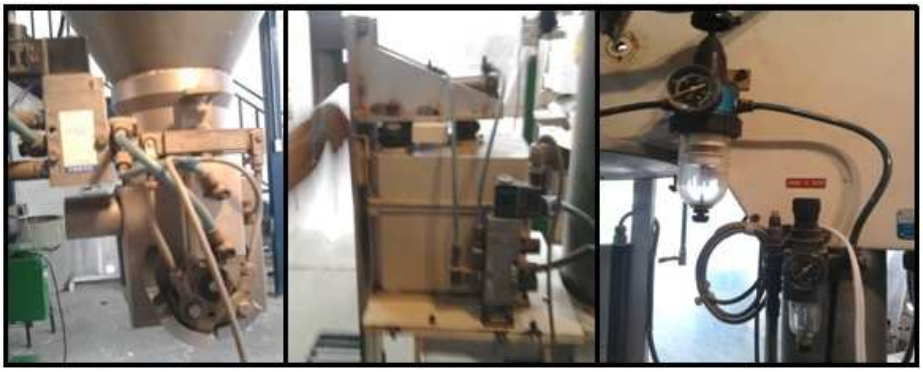


Figura 4.5. Electroválvulas y unidad de mantenimiento.

## 4.3. PRUEBAS EN EL PANEL DE OPERADOR

En el panel de operador se produjeron los siguientes inconvenientes:

Al tratar de realizar la primera descarga del programa en el Panal Táctil se produjo un error: no coincidía la versión de software instalada en el panel táctil, con la versión de instalación que viene en el software de programación WinCC flexible.

Al descargar el programa se desplegaba la ventana de resultados mostrada en la Figura 4.6. la cual indica, que no se puede completar la descarga por qué no se pudo establecer la comunicación entre la PC y el Panel de Operador.( Ver Figura 4.6).

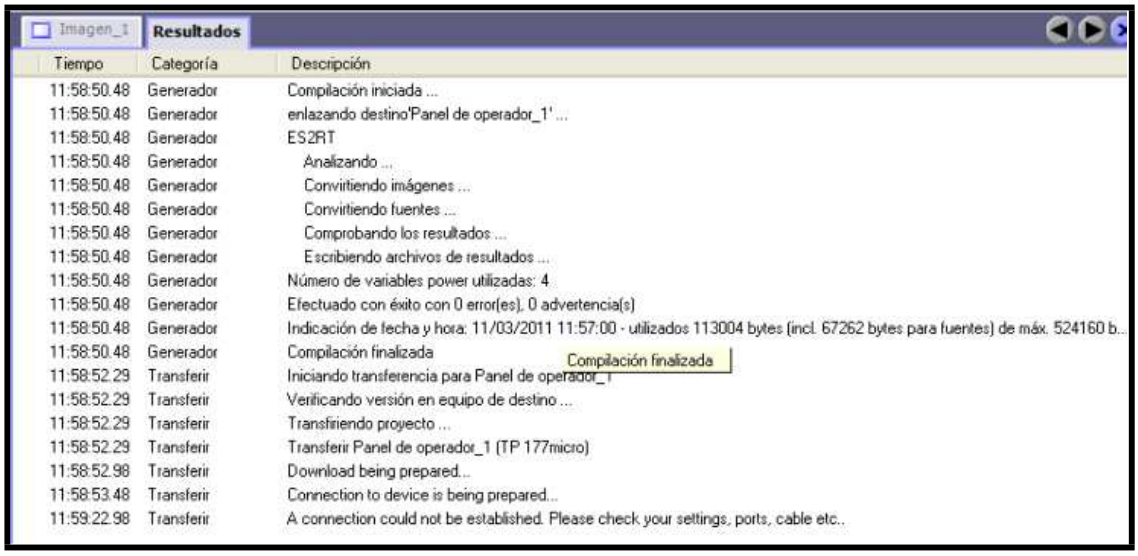



Figura 4.6. Ventana resultados con el error mostrado

Para resolver este problema se procedió de la siguiente manera:

- Actualizar el sistema operativo

Si el panel de operador está conectado a un equipo de conFiguración, el sistema operativo se podrá actualizar utilizando WinCC flexible. Al realizar una actualización en el sistema operativo en el panel de operador, se borran todos los datos existentes en el sistema de destino.

Reinicializar: si la actualización del sistema operativo se cancela antes de tiempo, el sistema operativo ya no existirá en el panel de operador. En este caso el sistema operativo solo se podrá cargar de nuevo utilizando la función “Reinicializar”.

Al actualizar el sistema operativo, la comunicación entre el equipo de conFiguración y el panel de operador se efectúa a través del sistema operativo de este último. En cambio, al “Reinicializar”, el equipo de conFiguración se comunica con el “boot loader” del panel de operador. Por lo tanto, la comunicación solo se puede efectuar a través de la conexión serie. Este proceso puede durar varios minutos.

Tras arrancar la función “Reinicializar” en WinCC flexible, el panel de operador se deberá desconectar y conectar de nuevo para que éste pueda establecer el contacto a través de “boot loader”.

## 4.3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO ENTRE EL PLC Y PANTALLA TÁCTIL

Para realizar pruebas en el proceso, se requirió en primer lugar conFigurar la pantalla táctil y diseñar una HMI en la misma.

Entre PLC y Pantalla táctil existe un protocolo de comunicación llamado PPI que es propietario de Siemens y se lo realiza a través de un cable USB/PPI, la misma que se configuró como se muestra en la Figura 4.7.

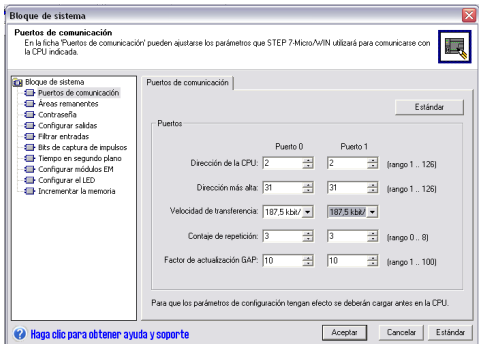



Figura 4.7. Configuración de velocidad de transferencia

El pórtico 0 corresponde a la comunicación entre la PLC-pantalla táctil mediante cable USB/PPI. El pórtico 1 corresponde a la comunicación entre PLC y PC mediante cable USB/PPI.

Uno de los aspectos más importantes en la comunicación es la velocidad de transferencia para los dos pórticos, la cual debe ser la misma para ambos casos. Se definió la velocidad de transferencia por la permanencia de la comunicación entre estos dos dispositivos al momento de realizar el proceso, teniendo como resultado

una velocidad de 187 kbit/s, ya que en la velocidad estándar se perdía la comunicación a cada momento.

Cuando existe una comunicación entre el PLC y la PC existe una ventana en el software STEP7, la cual indica el tipo de PLC con su respectiva CPU como se muestra en la siguiente Figura 4.8.

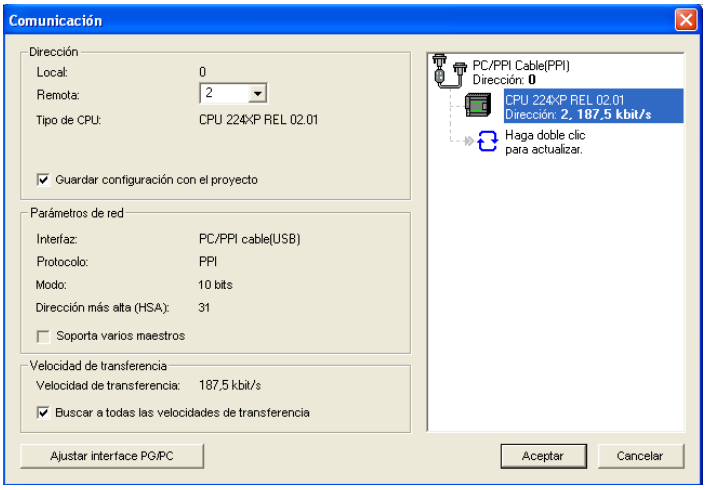



Figura 4.8 Comunicación entre PLC y PLC mediante cable USB/PPI

## 4.4. ESTIMADO DE PRODUCCIÓN

Para un aumento en la productividad, que es el objetivo principal de la empresa, se realizó varias pruebas que permitieron un aumento en la cantidad de fundas producidas en un lapso de tiempo, buscando la eficiencia o rentabilidad en el proceso de dosificación

Entre las pruebas más importantes se destacan dos para aumentar la producción:

**Primera prueba:**

En esta etapa se calibró con valores estándares del número de muestreos en una banda muerta en la entrada análoga como se puede observar en la Figura 4.9.

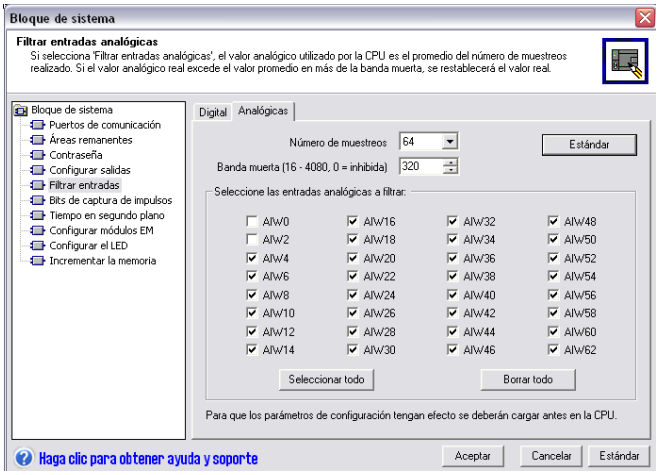



Figura 4.9. Filtro con entradas análogas estándares.

Mediante la Tabla 4.1 se indica los resultados que se obtuvieron con la primera prueba para los diferentes pesos.

| PESOS (Gramos) | PRODUCCIÓN | | |
|---|---|---|---|
| | 1 minuto | 1 hora | 1 día (8 horas) |
| 50 | 10 | 600 | 4800 |
| 100 | 6 | 360 | 2880 |
| 150 | 6 | 360 | 2880 |
| 200 | 5 | 300 | 2400 |
| 250 | 5 | 300 | 2400 |
| 300 | 6 | 360 | 2880 |
| 350 | 6 | 360 | 2880 |
| 400 | 6 | 360 | 2880 |
| 450 | 5 | 300 | 2400 |
| 500 | 5 | 300 | 2400 |
| 1000 | 4 | 240 | 1920 |
| 1500 | 4 | 240 | 1920 |
| 2000 | 3 | 180 | 1440 |
| 2500 | 3 | 180 | 1440 |

Tabla 4.1. Producción por minuto de primera prueba

**Segunda Prueba**

En la Tabla 4.1, como se puede observar la producción es demasiado baja. Por lo cual se buscó el modo de incrementar la producción. Esto se logró reduciendo el número de muestreos en la entrada análoga, con el objetivo de aumentar la velocidad de adquisición de datos, haciendo de esta manera que el sistema funcione de una forma rápida y, lo más importante, que no existan errores de lecturas que puedan afectar el sistema ( Ver Figura 4.10).

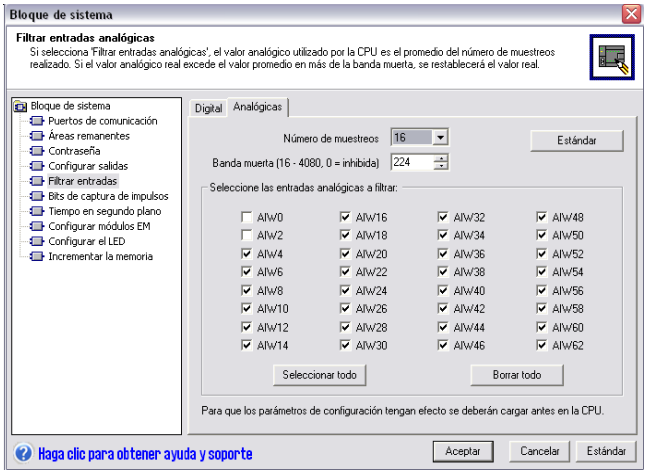



Figura 4.10. Filtro de entradas análogas con número de muestreos implementados.

En la Tabla 4.2 se muestra el incremento de la producción con la segunda prueba, mediante la cual se buscó la eficiencia tanto en peso dosificado, lecturas de comparación, así como en velocidad de producción. Se obtuvo un resultado favorable.

| PESOS (Gramos) | PRODUCCIÓN | | |
|---|---|---|---|
| | 1 minuto | 1 hora | 1 día (8 horas) |
| 50 | 23 | 1380 | 11040 |
| 100 | 17 | 1020 | 8160 |
| 150 | 15 | 900 | 7200 |
| 200 | 15 | 900 | 7200 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 250 | 14 | 840 | 6720 |
| 300 | 13 | 780 | 6240 |
| 350 | 12 | 720 | 5760 |
| 400 | 14 | 840 | 6720 |
| 450 | 14 | 840 | 6720 |
| 500 | 12 | 720 | 5760 |
| 1000 | 12 | 720 | 5760 |
| 1500 | 11 | 660 | 5280 |
| 2000 | 10 | 600 | 4800 |
| 2500 | 9 | 540 | 4320 |

Tabla 4.2. Producción por minuto de segunda prueba.

Para pesos superiores a 350 gramos se incremento la producción disminuyendo el tiempo de llenado con el tornillo sin fin vertical de mayor diámetro, ya que tiene mayor alimentación de polvo para la dosificación y con la adquisición de datos a través de la disminución del número de muestreos en una banda muerta (Ver Tabla 4.3).

| **PESOS (Gramos)** | **PRODUCCIÓN** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Tornillo de menor diámetro** | | **Tornillo de mayor diametro** | |
| | **1 minuto** | **1 día (8 horas)** | **1 minuto** | **1 día (8 horas)** |
| 400 | 6 | 2880 | 14 | 6720 |
| 450 | 5 | 2400 | 14 | 6720 |
| 500 | 5 | 2400 | 12 | 5760 |
| 1000 | 4 | 1920 | 12 | 5760 |
| 1500 | 4 | 1920 | 11 | 5280 |
| 2000 | 3 | 1440 | 10 | 4800 |
| 2500 | 3 | 1440 | 9 | 4320 |

Tabla 4.3. Producción con tornillos de diferente diámetro.

## 4.5. COMPARACIÓN DE PESO EN PANTALLA TÁCTIL CON BALANZA REFERENCIAL.

Para la verificación de los pesos en el sistema de dosificación, fue necesario realizar la comparación del peso entre una balanza certificada referencial con la balanza implementada en la máquina dosificadora, cuya visualización del peso se muestra en la pantalla táctil.

### 4.5.1. PRUEBAS Y RESULTADOS PARA LA OBTENCION DE LA TARA

Entre las pruebas que se realizaron es la obtención de la Tara dando como resultado una eficiente adquisición del valor del peso. Para esta prueba se utilizó una funda cuyo valor es de 6 gramos. Como se muestra en la Figura 4.11.

Figura 4.11. Peso de la funda.

Tanto en la pantalla táctil como en la balanza de referencia existe un botón cuyo nombre es “Tara”. Esta permite capturar el peso del recipiente a utilizar, permitiendo que en las balanzas se descuente peso del recipiente para que no afecte al peso

neto de dosificación. En las balanzas se muestran con un signo (-) el peso del recipiente o la tara (Ver Figura 4.12).

Figura 4.12. Visualización del peso o tara del recipiente.

Una vez obtenida la tara, se coloca el recipiente en la balanza dando como resultado en la visualización el valor de 0 gramos, de esta manera se puede detectar que el peso de recipiente está capturado tal como se muestra en la Figura 4.13.

Figura 4.13. Detección del Peso del recipiente.

### 4.5.2. PRUEBAS Y RESULTADOS DEL SISTEMA DE DOSIFICACION PARA LOS DIFERENTES PESOS.

Para esta prueba se debe tener en cuenta que la balanza de la máquina dosificadora tiene una sensibilidad de 0.5 gramos, frente a la balanza de comparación que tiene una sensibilidad 1 gramo.

Para las pruebas de dosificación se realizó la comparación del peso dosificado entre la balanza referencial y la balanza de la máquina dosificadora de sólidos, teniendo como resultado un gramo de error, Esta comparación se la realizó con la misma funda dosificada como se muestra en la Figura 4.14.

Figura 4.14. Peso comparado en las dos balanzas.

Para disminuir este error se calibró el transductor de peso con valores estándares de corriente los cuales se traducen de la siguiente manera para un peso de cero gramos el transductor entregó una señal de 4mA y para un peso de 2510 gramos se obtuvo una corriente de 20mA. Estas se escalaron para visualizar el correcto valor del peso

en la HMI. Para la calibración se utilizo pesos que están certificados bajo normas INEN como se muestra en la Figura 4.15.

Figura 4.15. Peso calibrado en las dos balanzas

Una vez calibrado el transductor de peso se tomaron 20 muestras de los diferentes pesos ya establecidos en la pantalla táctil y se obtuvieron los resultados que se indican en la Tabla 4.4. En esta tabla se calculó el promedio así como el grado de desviación estándar de los diferentes pesos.

| | PESOS EN GRAMOS | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Nº de mu** | | **10** | | | | | | | | | | | **00** | **1500** | **2000** | **25** | **0** |
| **1** | 49 | 100 | 150 | 198 | 248 | 299 | 348 | 401 | 452 | 500 | 998 | 1498 | 1998 | 25 | 98 | 250 |
| **2** | 50 | 100 | 151 | 199 | 249 | 299 | 351 | 401 | 450 | 500 | 999 | 1500 | 2000 | 25 | 00 | 250 |
| **3** | 50 | 99 | 150 | 201 | 249 | 300 | 350 | 400 | 448 | 502 | 1000 | 1499 | 2002 | 25 | 02 | 250 |
| **4** | 50 | 101 | 150 | 201 | 249 | 300 | 350 | 397 | 451 | 503 | 1000 | 1500 | 1999 | 25 | 99 | 250 |
| **5** | 49 | 99 | 150 | 202 | 249 | 298 | 349 | 398 | 450 | 498 | 1001 | 1498 | 1999 | 24 | 99 | 249 |
| **6** | 48 | 98 | 150 | 201 | 250 | 299 | 347 | 402 | 448 | 499 | 1002 | 1497 | 1998 | 24 | 98 | 249 |
| **7** | 50 | 99 | 149 | 199 | 251 | 298 | 350 | 399 | 448 | 501 | 999 | 1500 | 2002 | 25 | 02 | 250 |
| **8** | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 399 | 450 | 498 | 1000 | 1501 | 2001 | 24 | 01 | 249 |
| **9** | 49 | 98 | 150 | 201 | 250 | 300 | 350 | 399 | 450 | 500 | 1001 | 1501 | 2003 | 25 | 03 | 250 |
| **10** | 49 | 99 | 151 | 199 | 250 | 300 | 350 | 399 | 450 | 500 | 1002 | 1499 | 1997 | 25 | 97 | 250 |
| **11** | 49 | 100 | 149 | 200 | 248 | 300 | 351 | 399 | 448 | 500 | 998 | 1497 | 1999 | 25 | 99 | 250 |
| **12** | 51 | 101 | 150 | 198 | 249 | 298 | 350 | 399 | 450 | 501 | 998 | 1499 | 1998 | 25 | 98 | 250 |
| **13** | 50 | 100 | 150 | 200 | 249 | 299 | 349 | 400 | 449 | 500 | 999 | 1496 | 1997 | 25 | 97 | 250 |
| **14** | 50 | 100 | 151 | 200 | 250 | 301 | 350 | 401 | 450 | 500 | 998 | 1499 | 2000 | 25 | 00 | 250 |
| **15** | 50 | 100 | 148 | 200 | 249 | 301 | 350 | 400 | 451 | 499 | 999 | 1500 | 2001 | 24 | 01 | 249 |
| **16** | 49 | 99 | 149 | 200 | 250 | 300 | 348 | 399 | 450 | 498 | 999 | 1500 | 2002 | 24 | 02 | 249 |
| **17** | 50 | 100 | 150 | 201 | 247 | 299 | 350 | 399 | 449 | 499 | 1001 | 1501 | 1998 | 24 | 98 | 249 |
| **18** | 51 | 100 | 150 | 199 | 249 | 298 | 350 | 399 | 449 | 500 | 1001 | 1500 | 1999 | 25 | 99 | 250 |
| **19** | 49 | 99 | 149 | 199 | 250 | 300 | 349 | 400 | 450 | 500 | 999 | 1502 | 1999 | 25 | 99 | 250 |
| **20** | 50 | 100 | 149 | 200 | 249 | 301 | 351 | 400 | 451 | 500 | 998 | 1498 | 1999 | 25 | 99 | 250 |
| PROMEDIO | 49,6 | 9,6 | 14 | | | 9,25 | 29 | 9,65 | 39 | | | | 99,3 | 1999,6 | 249 | | |
| DESVIACION ESTANDAR | 0,745 | 1590,8 | 8,2080 | 0,768 | 1,0712 | 0,9105 | 1 | 1,04 | 1,146 | 1,1286 | 1,2524 | 1,3534 | 1,5517 | 1,7614 | 1,01 | | |

Tabla 4.4 Pruebas para la dosificación de los diferentes pesos ya establecidos

En la Figura 4.16 se muestra los datos obtenidos para la dosificación de 50 gramos teniendo una desviación estándar de 0.74 lo que implica que el peso está entre 50±0.74gramos. Los 0.74 gramos representan un error del 1.48% de error y un valor promedio de 49.65.

La conclusión que se puede tener de esta gráfica es que la dosificación no cumple con lo que se esperaba que es del 1% del valor permitido por la empresa QCT (49.5g a 50.5), Esto se dedujo al final se debía a que para este tipo de peso se debe contar con un tornillo sin fin vertical más fino, pues para el peso de 50 g el rango de tolerancia está entre 48g a 51g

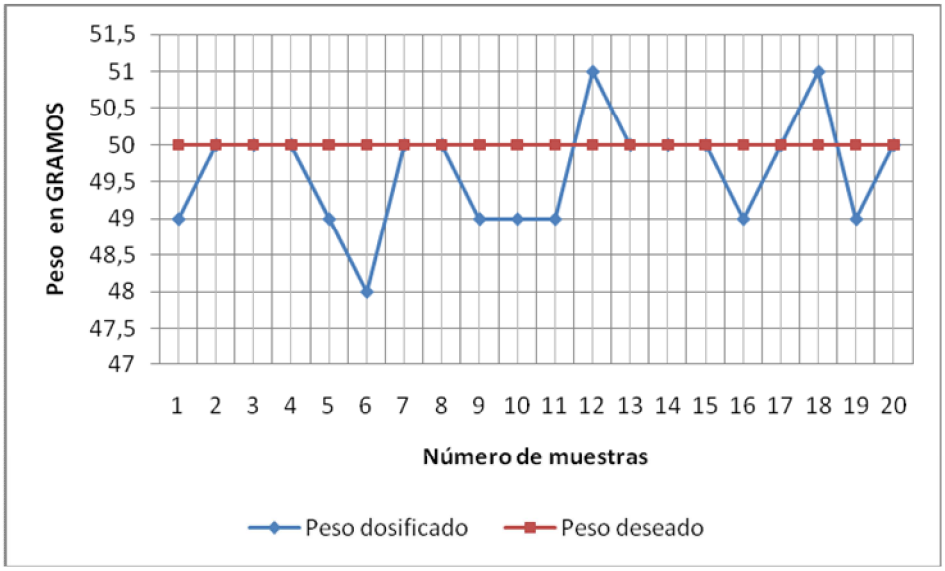



Figura 4.16.Peso dosificado por cada muestra realizada para 50 gramos

El comportamiento de llenado para un peso de 100 gramos se muestra en la Figura 4.17 teniendo como resultado una desviación estándar de 0,82, lo que implica que el peso está en 100±0.82 gramos. La dosificación tiene un valor promedio de enfundado de 99.6 gramos De esta manera se puede ver que el sistema está dosificando de acuerdo a los requerimientos del 1% del peso total para 100 gramos

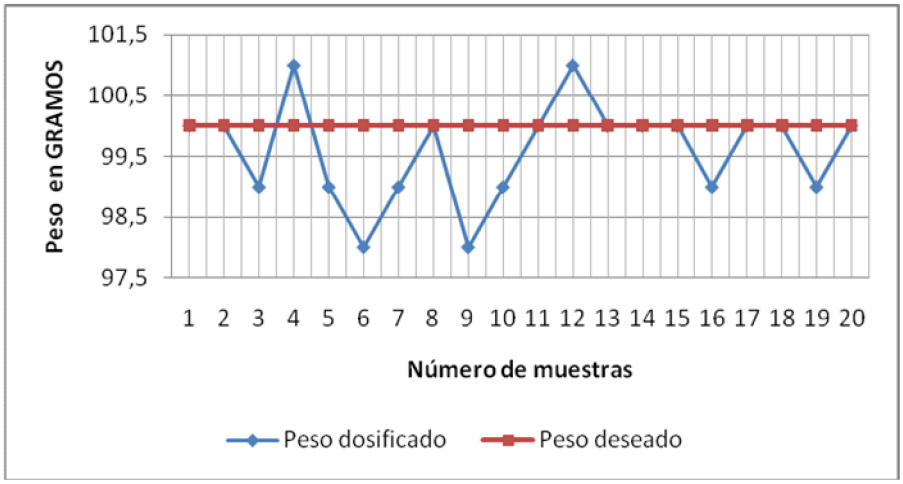



Figura 4.17. Peso dosificado por cada muestra realizada para 100 gramos

La Figura 4.18 muestra el resultado de las muestras obtenidas en la dosificación de 150 gramos, teniendo como resultado un desviación estándar de 0.77 lo que implica que el peso esta en 150±0.77 gramos cumpliendo de esta manera el porcentaje de error permitido.

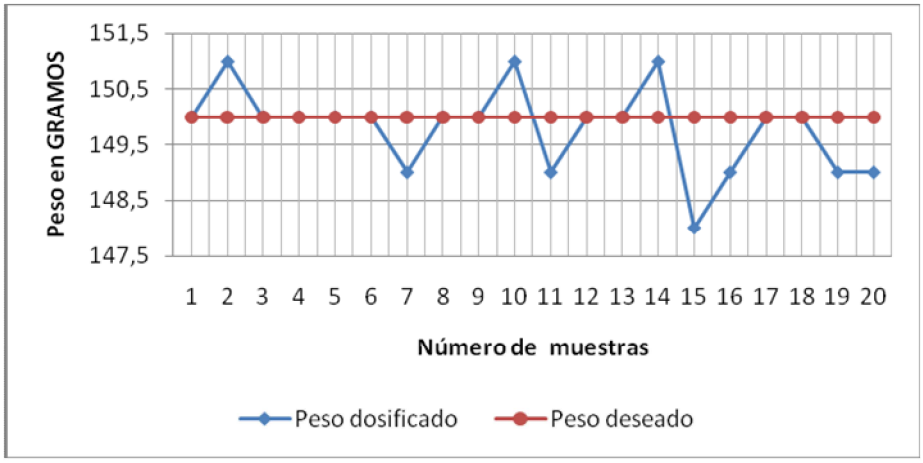



Figura 4.18. Peso dosificado por cada muestra realizada para 150 gramos.

En la siguiente Figura 4.19 se muestra el comportamiento para una dosificación de 200 gramos. La desviación estándar es de 1.07 gramos lo que implica que el peso esta en 200±1.07 gramos.

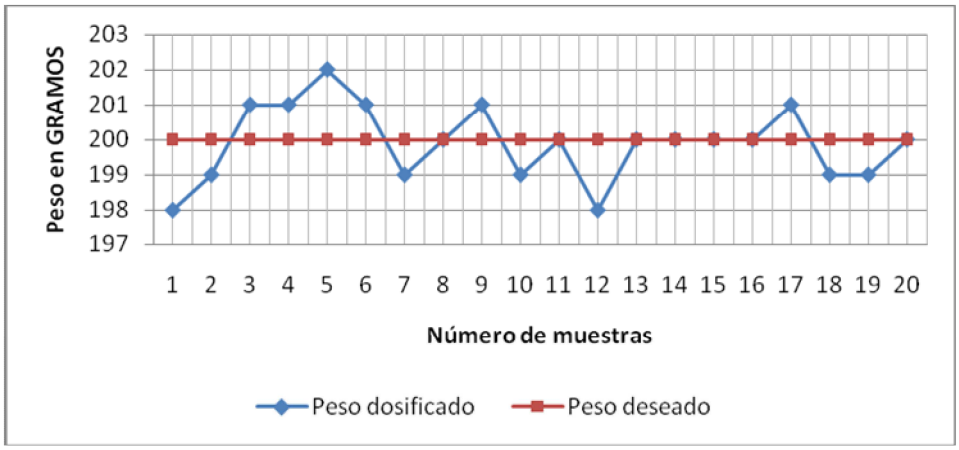



Figura 4.19.Peso dosificado por cada muestra realizada para 200 gramos

La Figura 4.20 muestra el comportamiento de las muestras obtenidas en la dosificación de 250 gramos, teniendo como resultado un desviación estándar de 0.91 lo que implica que el peso está en 250±0.91 gramos cumpliendo de esta manera el porcentaje de error permitido.

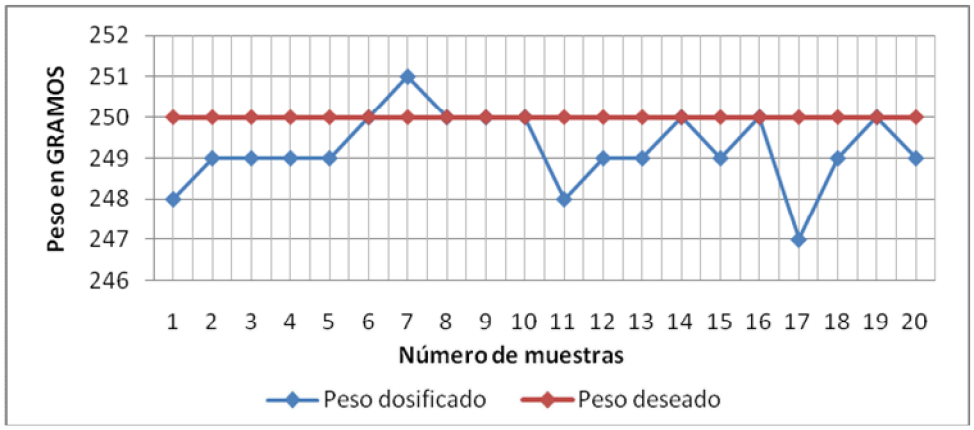



Figura 4.20.Peso dosificado por cada muestra realizada para 250 gramos

La Figura 4.21 muestra el resultado de las muestras obtenidas en la dosificación de 300 gramos, teniendo como resultado un desviación estándar de 1.0 lo que implica que el peso está en 300±1.0 gramos cumpliendo de esta manera el porcentaje de error permitido.

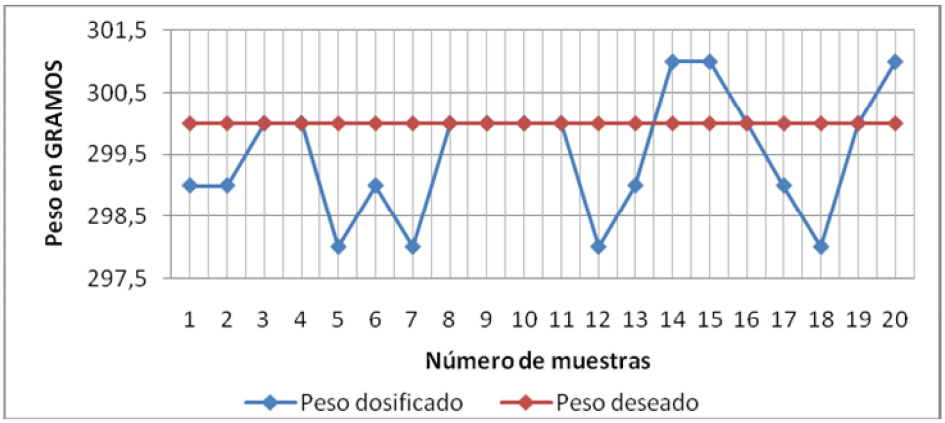



Figura 4.21. Peso dosificado por cada muestra realizada para 300 gramos

En la Figura 4.22. se muestra el resultado de las muestras obtenidas en la dosificación de 350 gramos, teniendo como resultado un desviación estándar de 1.04 lo que implica que el peso esta en 350±1.04 gramos cumpliendo de esta manera el porcentaje de error permitido.

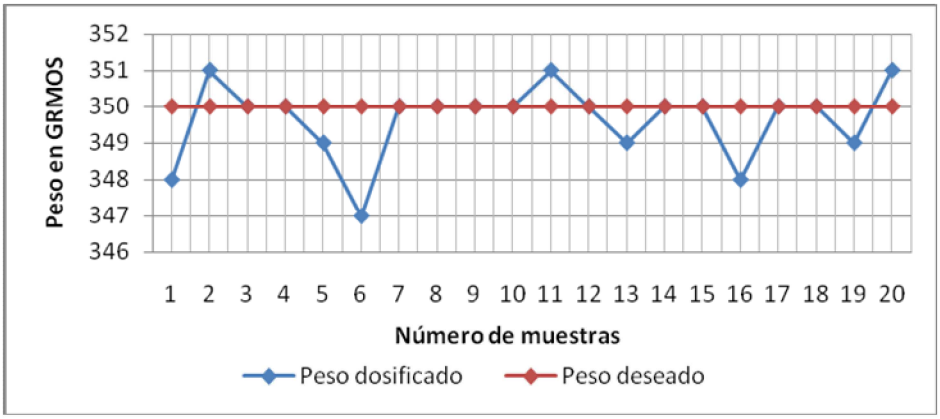



Figura 4.22.Peso dosificado por cada muestra realizada para 350 gramos

En la Figura 4.23 muestra el resultado de las muestras obtenidas en la dosificación de 400 gramos, teniendo como resultado un desviación estándar de 1.14 lo que implica que el peso está en 400±1.14 gramos cumpliendo de esta manera el porcentaje de error permitido.

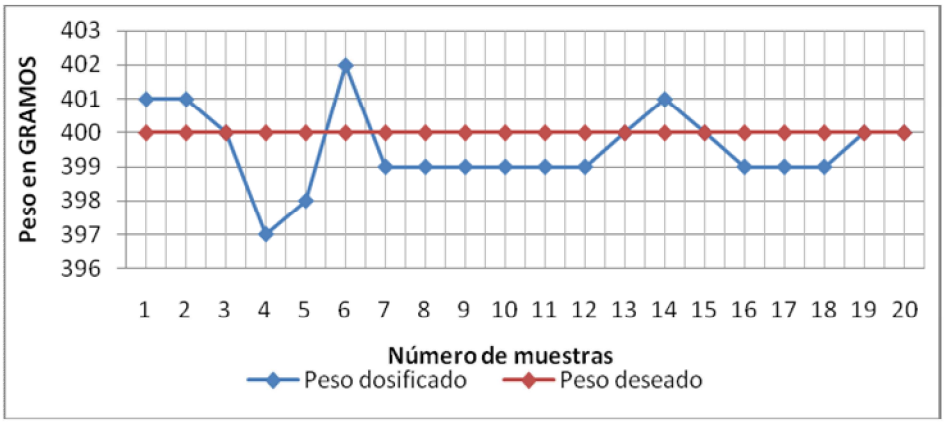



Figura 4.23. Peso dosificado por cada muestra realizada para 400 gramos.

En la Figura 4.24 muestra el resultado de las muestras obtenidas en la dosificación de 450 gramos, teniendo como resultado un desviación estándar de 1.12 lo que implica que el peso esta en 450±1.12 gramos cumpliendo de esta manera el porcentaje de error permitido.

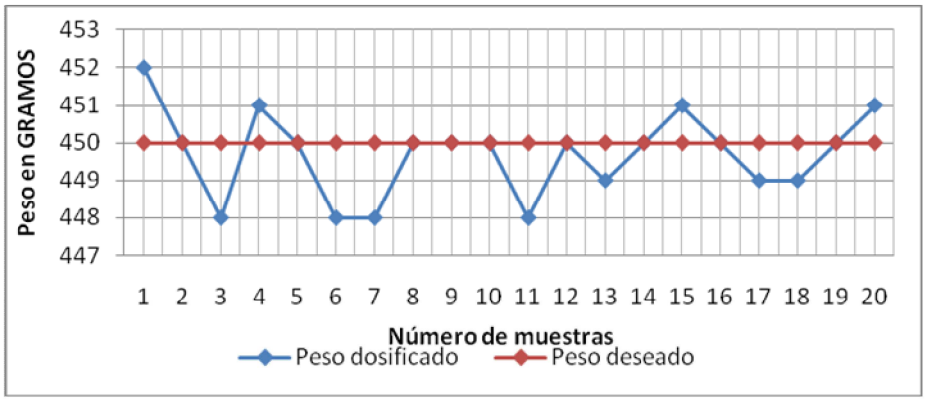



Figura 4.24. Peso dosificado por cada muestra realizada para 450 gramos

La Figura 4.25 muestra el resultado de las muestras obtenidas en la dosificación de 150 gramos, teniendo como resultado un desviación estándar de 1.25 lo que implica que el peso está en 500±1.25 gramos cumpliendo de esta manera el porcentaje de error permitido.

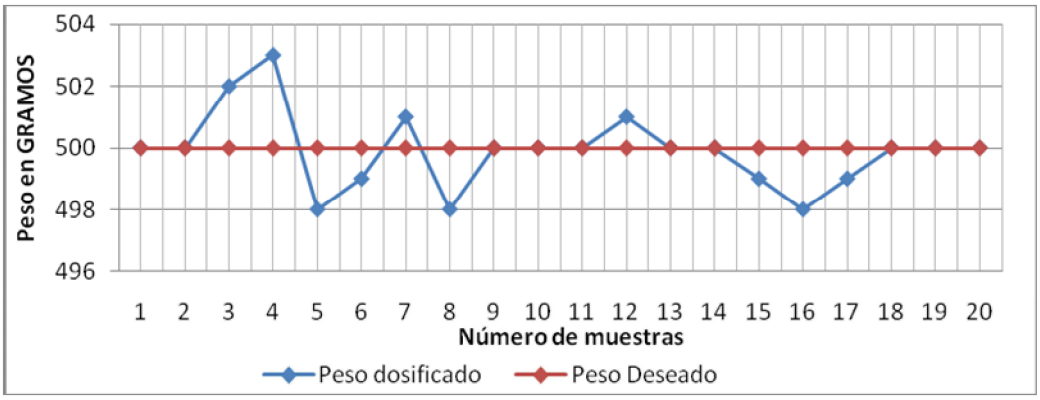



Figura 4.25. Peso dosificado por cada muestra realizada para 500 gramos

La Figura 4.26 muestra el resultado de las muestras obtenidas en la dosificación de 1000 gramos, teniendo como resultado un desviación estándar de 1.35 lo que implica que el peso está en 1000±1.35 gramos cumpliendo de esta manera el porcentaje de error permitido.

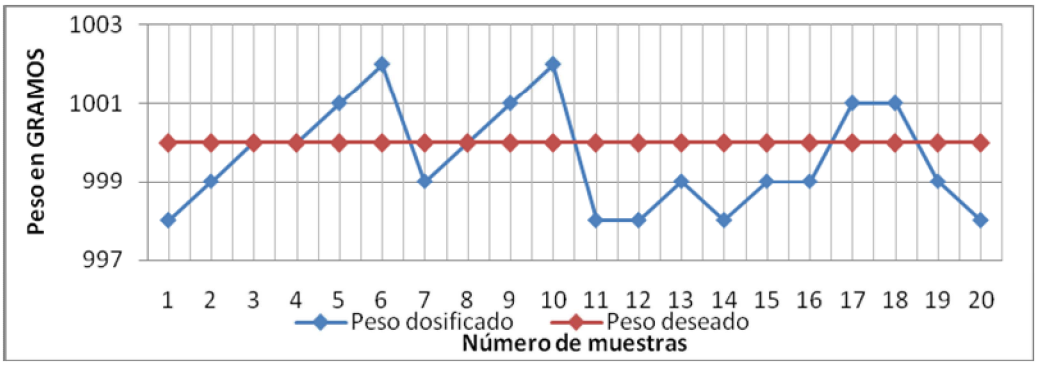



Figura 4.26. Peso dosificado por cada muestra realizada para 1000 gramos

La Figura 4.27 muestra el resultado de las muestras obtenidas en la dosificación de 1500 gramos, teniendo como resultado un desviación estándar de 1.55 lo que implica que el peso está en 1500±1.55 gramos cumpliendo de esta manera el porcentaje de error permitido.

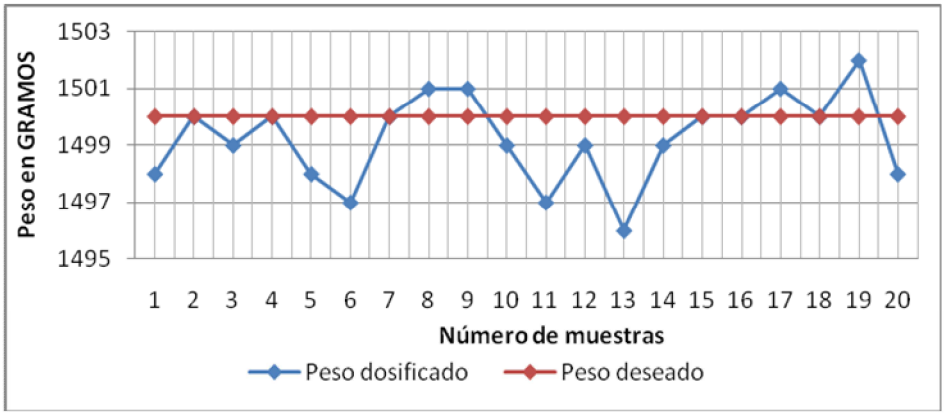



Figura 4.27. Peso dosificado por cada muestra realizada para 1500 gramos

La Figura 4.28 muestra el resumen de los resultados de las muestras obtenidas en la dosificación de 2000 gramos, teniendo como resultado un desviación estándar de 1.76 lo que implica que el peso está en 2000±1.76 gramos cumpliendo de esta manera el porcentaje de error permitido.

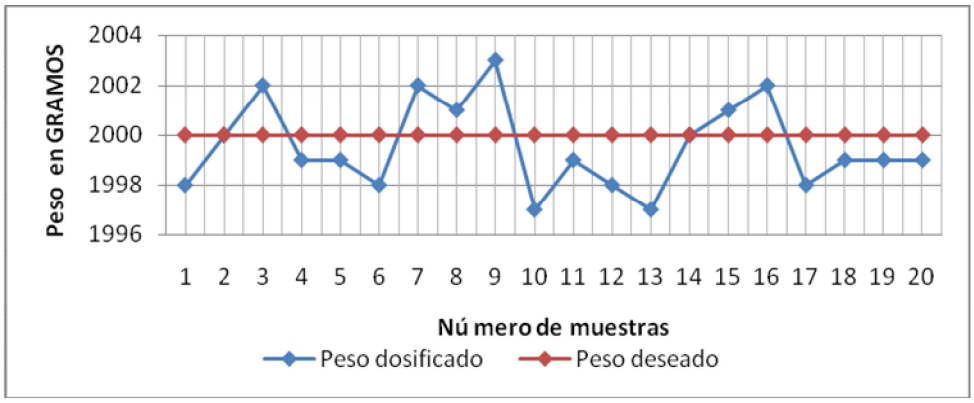



Figura 4.28. Peso dosificado por cada muestra realizada para 2000 gramos

La Figura 4.29 muestra el comportamiento de las muestras obtenidas en la dosificación de 2500 gramos, teniendo como resultado un desviación estándar de 1.01 lo que implica que el peso está en 2500±1.01 gramos cumpliendo de esta manera el porcentaje de error permitido.

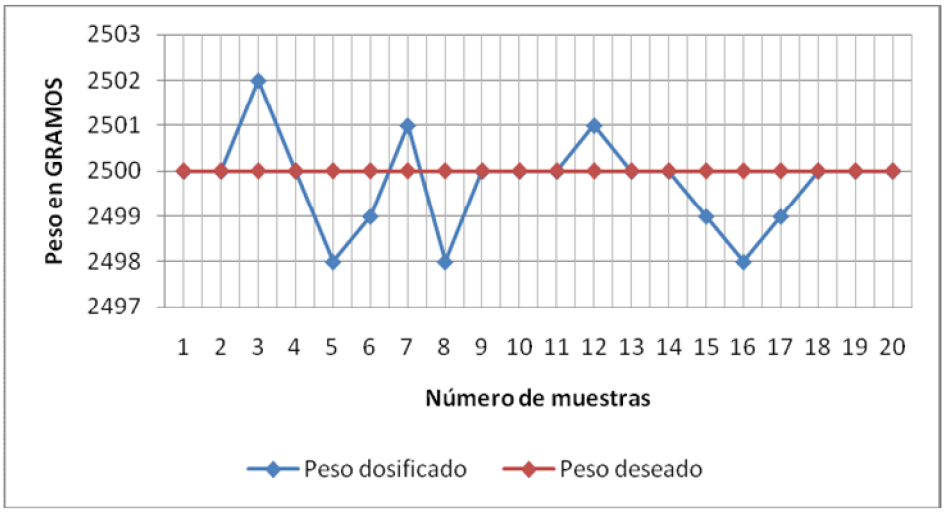



Figura 4.29. Peso dosificado por cada muestra realizada para 2500 gramos

Se realizó un análisis estadístico tomando un muestreo de 100 fundas para pesos de 100, 150 y 200 gramos, los resultados y gráficos de los mismos se muestran en el en la Tabla 4.5. y en las Figuras 4.29. 4.30. y 4.31. respectivamente.

| | 100 GRAMOS | | 150 GRAMOS | | 200 GRAMOS | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 100 | 100 | 150 | 149 | 200 | 199 |
| 2 | 100 | 99 | 150 | 149 | 200 | 200 |
| 3 | 100 | 100 | 150 | 149 | 200 | 200 |
| 4 | 100 | 100 | 150 | 150 | 200 | 200 |
| 5 | 100 | 101 | 150 | 151 | 200 | 201 |
| 6 | 100 | 100 | 150 | 150 | 200 | 200 |
| 7 | 100 | 99 | 150 | 151 | 200 | 200 |
| 8 | 100 | 101 | 150 | 148 | 200 | 200 |
| 9 | 100 | 98 | 150 | 150 | 200 | 199 |
| 10 | 100 | 101 | 150 | 150 | 200 | 200 |
| 11 | 100 | 100 | 150 | 149 | 200 | 200 |
| 12 | 100 | 100 | 150 | 150 | 200 | 200 |
| 13 | 100 | 101 | 150 | 151 | 200 | 201 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | 100 | 100 | 150 | 150 | 200 | 200 |
| 15 | 100 | 98 | 150 | 150 | 200 | 199 |
| 16 | 100 | 99 | 150 | 150 | 200 | 199 |
| 17 | 100 | 101 | 150 | 149 | 200 | 201 |
| 18 | 100 | 101 | 150 | 150 | 200 | 202 |
| 19 | 100 | 99 | 150 | 149 | 200 | 200 |
| 20 | 100 | 101 | 150 | 150 | 200 | 199 |
| 21 | 100 | 101 | 150 | 150 | 200 | 199 |
| 22 | 100 | 99 | 150 | 151 | 200 | 199 |
| 23 | 100 | 101 | 150 | 150 | 200 | 200 |
| 24 | 100 | 99 | 150 | 150 | 200 | 200 |
| 25 | 100 | 100 | 150 | 149 | 200 | 200 |
| 26 | 100 | 100 | 150 | 150 | 200 | 201 |
| 27 | 100 | 101 | 150 | 149 | 200 | 201 |
| 28 | 100 | 101 | 150 | 149 | 200 | 199 |
| 29 | 100 | 100 | 150 | 149 | 200 | 199 |
| 30 | 100 | 100 | 150 | 148 | 200 | 199 |
| 31 | 100 | 100 | 150 | 148 | 200 | 199 |
| 32 | 100 | 101 | 150 | 149 | 200 | 200 |
| 33 | 100 | 100 | 150 | 149 | 200 | 200 |
| 34 | 100 | 100 | 150 | 148 | 200 | 199 |
| 35 | 100 | 99 | 150 | 150 | 200 | 201 |
| 36 | 100 | 100 | 150 | 149 | 200 | 200 |
| 37 | 100 | 100 | 150 | 150 | 200 | 200 |
| 38 | 100 | 101 | 150 | 150 | 200 | 199 |
| 39 | 100 | 100 | 150 | 148 | 200 | 200 |
| 40 | 100 | 100 | 150 | 150 | 200 | 199 |
| 41 | 100 | 99 | 150 | 151 | 200 | 198 |
| 42 | 100 | 100 | 150 | 151 | 200 | 200 |
| 43 | 100 | 99 | 150 | 150 | 200 | 198 |
| 44 | 100 | 100 | 150 | 150 | 200 | 201 |
| 45 | 100 | 100 | 150 | 149 | 200 | 200 |
| 46 | 100 | 100 | 150 | 149 | 200 | 200 |
| 47 | 100 | 100 | 150 | 148 | 200 | 200 |
| 48 | 100 | 100 | 150 | 148 | 200 | 199 |
| 49 | 100 | 98 | 150 | 151 | 200 | 200 |
| 50 | 100 | 100 | 150 | 149 | 200 | 199 |
| 51 | 100 | 100 | 150 | 150 | 200 | 200 |
| 52 | 100 | 100 | 150 | 150 | 200 | 200 |
| 53 | 100 | 100 | 150 | 150 | 200 | 199 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 54 | 100 | 101 | 150 | 149 | 200 | 199 |
| 55 | 100 | 100 | 150 | 149 | 200 | 199 |
| 56 | 100 | 101 | 150 | 148 | 200 | 201 |
| 57 | 100 | 100 | 150 | 150 | 200 | 201 |
| 58 | 100 | 100 | 150 | 150 | 200 | 202 |
| 59 | 100 | 99 | 150 | 150 | 200 | 201 |
| 60 | 100 | 100 | 150 | 149 | 200 | 200 |
| 61 | 100 | 99 | 150 | 151 | 200 | 202 |
| 62 | 100 | 100 | 150 | 148 | 200 | 200 |
| 63 | 100 | 99 | 150 | 150 | 200 | 201 |
| 64 | 100 | 99 | 150 | 149 | 200 | 201 |
| 65 | 100 | 100 | 150 | 149 | 200 | 199 |
| 66 | 100 | 99 | 150 | 149 | 200 | 201 |
| 67 | 100 | 100 | 150 | 149 | 200 | 201 |
| 68 | 100 | 100 | 150 | 148 | 200 | 201 |
| 69 | 100 | 99 | 150 | 149 | 200 | 199 |
| 70 | 100 | 98 | 150 | 150 | 200 | 201 |
| 71 | 100 | 99 | 150 | 150 | 200 | 201 |
| 72 | 100 | 100 | 150 | 149 | 200 | 200 |
| 73 | 100 | 100 | 150 | 148 | 200 | 200 |
| 74 | 100 | 100 | 150 | 149 | 200 | 201 |
| 75 | 100 | 100 | 150 | 150 | 200 | 201 |
| 76 | 100 | 99 | 150 | 151 | 200 | 201 |
| 77 | 100 | 100 | 150 | 148 | 200 | 200 |
| 78 | 100 | 100 | 150 | 150 | 200 | 201 |
| 79 | 100 | 100 | 150 | 150 | 200 | 200 |
| 80 | 100 | 100 | 150 | 150 | 200 | 200 |
| 81 | 100 | 100 | 150 | 151 | 200 | 200 |
| 82 | 100 | 99 | 150 | 149 | 200 | 199 |
| 83 | 100 | 100 | 150 | 149 | 200 | 199 |
| 84 | 100 | 99 | 150 | 150 | 200 | 200 |
| 85 | 100 | 100 | 150 | 149 | 200 | 200 |
| 86 | 100 | 100 | 150 | 148 | 200 | 200 |
| 87 | 100 | 100 | 150 | 150 | 200 | 200 |
| 88 | 100 | 99 | 150 | 149 | 200 | 198 |
| 89 | 100 | 99 | 150 | 148 | 200 | 200 |
| 90 | 100 | 100 | 150 | 148 | 200 | 199 |
| 91 | 100 | 100 | 150 | 149 | 200 | 200 |
| 92 | 100 | 99 | 150 | 151 | 200 | 200 |
| 93 | 100 | 98 | 150 | 150 | 200 | 199 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 94 | 100 | 100 | 150 | 150 | 200 | 200 |
| 95 | 100 | 98 | 150 | 150 | 200 | 201 |
| 96 | 100 | 100 | 150 | 149 | 200 | 201 |
| 97 | 100 | 100 | 150 | 150 | 200 | 201 |
| 98 | 100 | 99 | 150 | 150 | 200 | 201 |
| 99 | 100 | 99 | 150 | 151 | 200 | 200 |
| 100 | 100 | 100 | 150 | 150 | 200 | 201 |

Tabla 4.5. Resultados de las pruebas para un muestreo de 100 unidades

| | | | |
|---|---|---|---|
| **PROMEDIO** | **99,79** | **149,5** | **200,01** |
| **DESVIACION ESTANDAR** | 0,7692972 | 0,89329715 | 0,87033025 |
| **VARIANZA** | 0,59181818 | 0,7979798 | 0,75747475 |

Tabla 4.6. Resultados de las pruebas para un muestreo de 100 unidades

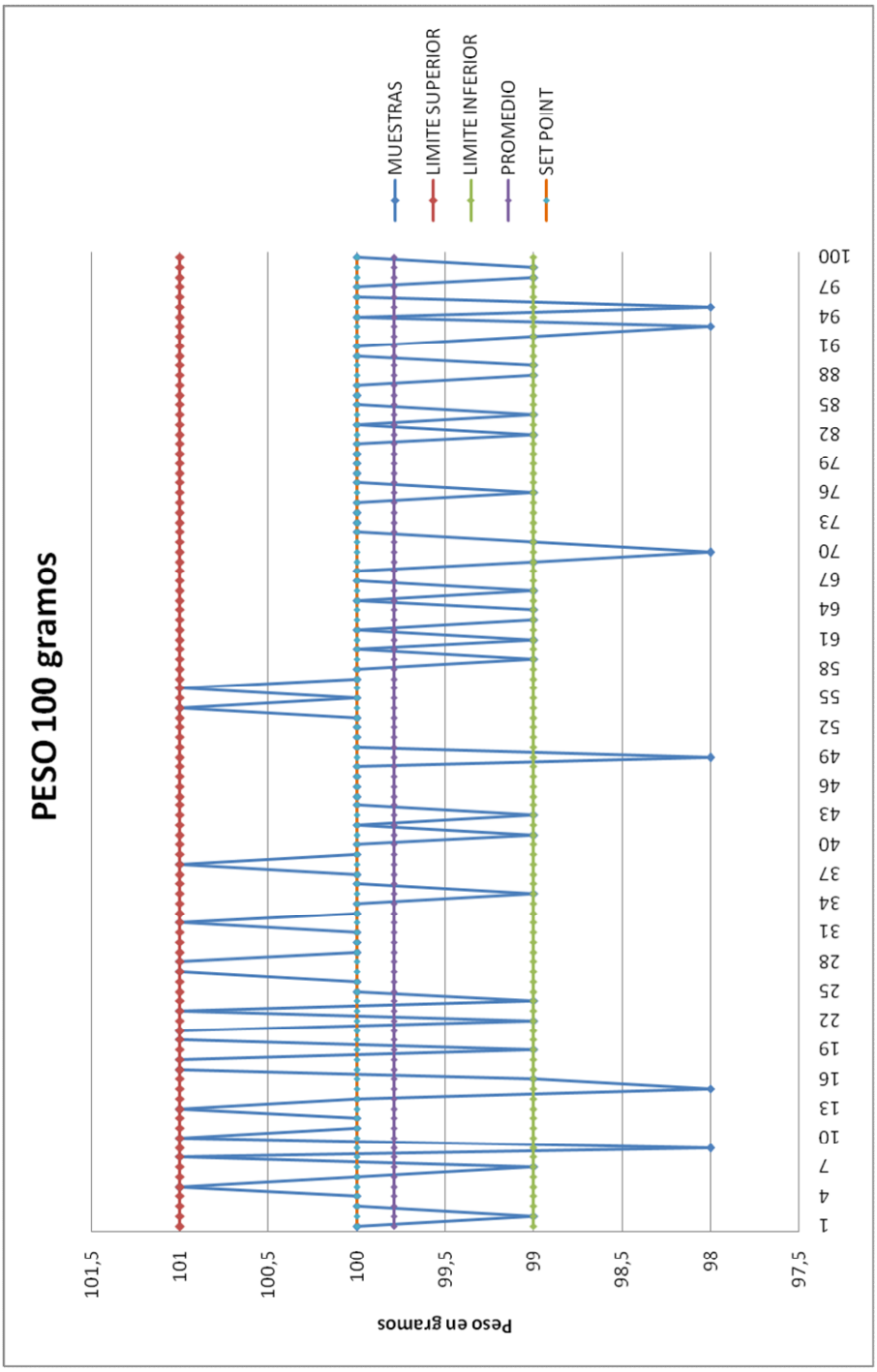



Figura 4.30. Estadístico 1 para peso de 100 gramos

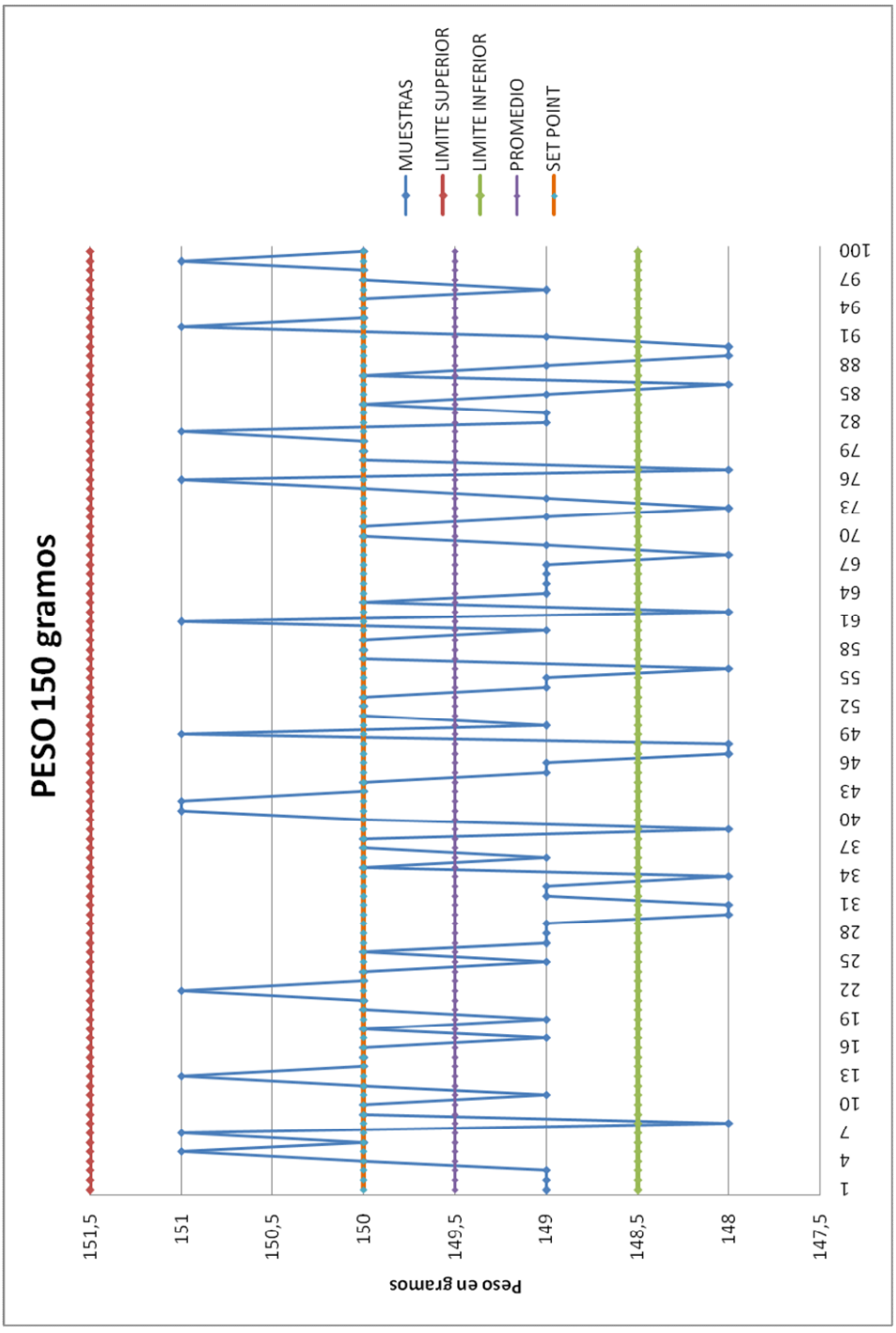



Figura 4.31. Estadístico 2 para peso de 150 gramos

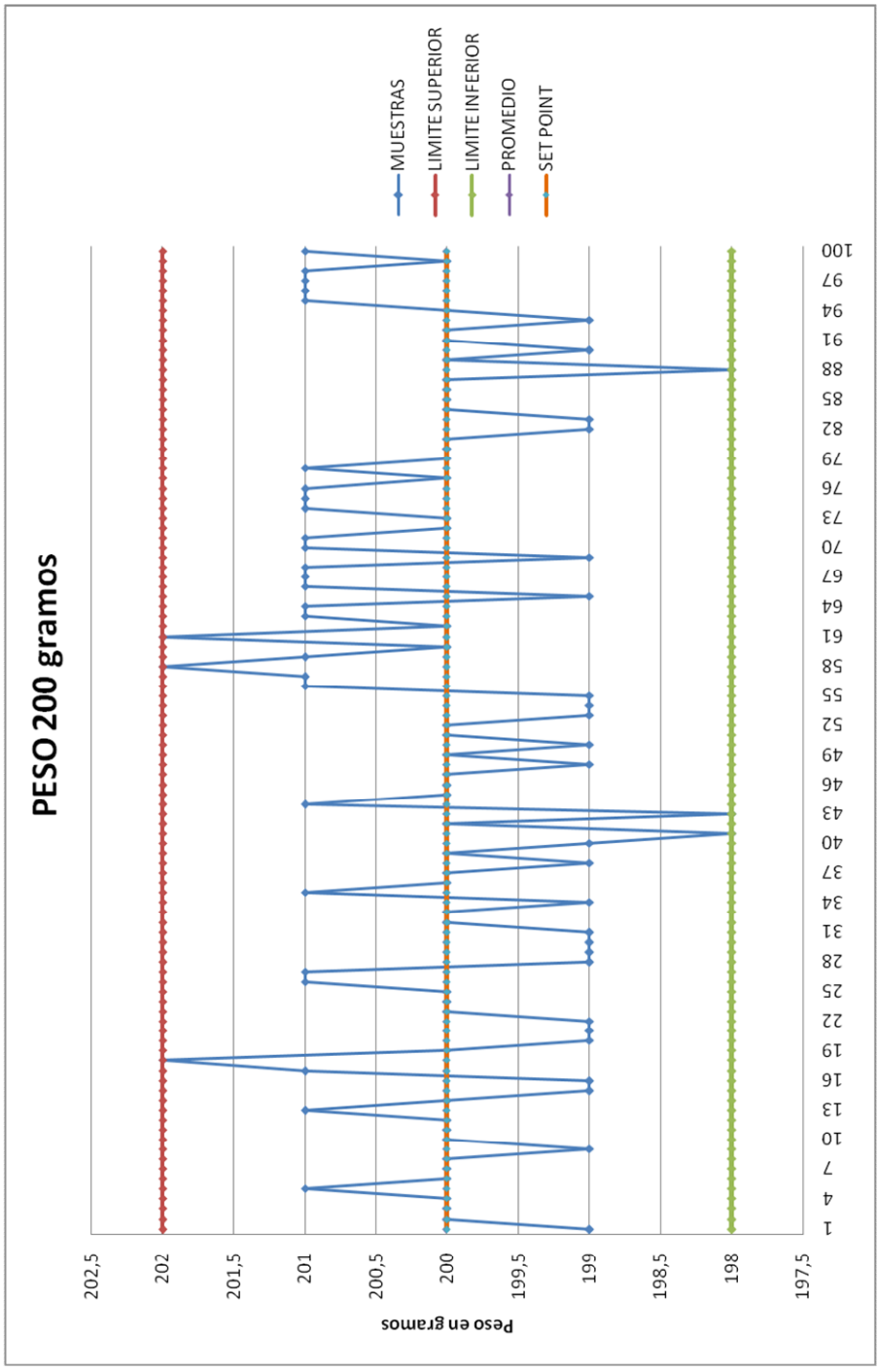



Figura 4.32. Estadístico 3 para peso de 200 gramos

Las graficas muestran el límite superior estándar, límite inferior estándar, el valor medio y el set point.

En la Tabla 4.6. se muestran los resultados obtenidos como el valor promedio, la desviación estándar y la varianza.

De las pruebas realizadas se puede observar que la máquina cumple con los estándares de producción requeridos por la empresa QCT.

Para el muestreo en el enfundado de 100 gramos, se puede observar que existen 6 fundas que están fuera de los rangos permitidos de la producción que es del ±1% del peso neto de producto.

Para el muestreo en el enfundado de 150 gramos, se puede observar que existen 15 fundas que están fuera de los rangos permitidos de la producción que es del ±1% del peso neto de producto.

Para el muestreo en el enfundado de 200 gramos, se puede observar que no existen fundas que estàn fuera de los rangos permitidos de la producción que es del ±1% del peso neto de producto.

El error se lo puede corregir modificando las velocidades de enfundado, es decir, bajando la velocidad de inicio enfundado y la velocidad de cierre de enfundado, cambiando el motor de dosificación que es un motor de inducción por un motor a pasos.

En el siguiente capítulo se indicaran las conclusiones y recomendaciones que se han obtenido en la realización del sistema de dosificación de sólidos.

## 4.6. COSTO DEL PROYECTO

La elaboración del proyecto tuvo un costo aproximado de 5453 dólares con 66 centavos de dólar, como se detalla en la siguiente Tabla 4.7.

**COTIZACIÓN**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Cliente:** | QCT | **TELÉFONO:** | |
| **Atención:** | QCT | **FAX:** | |
| **Ciudad:** | Quito-Ecuador | **e-mail:** | |

***A continuación nos es grato presentarle nuestra mejor propuesta para el suministro de los siguientes materiales y servicios***

| ITEM | CANT | DESCRIPCIÓN | VALOR UNIT. | DSCTO. | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | **EQUIPOS DE AUTOMATIZACIÓN** | | | |
| 1 | 1 | CPU224XP ALIMENTACION 24VDC E/S 24VDC | 725,10 | 15% | 616,34 |
| 2 | 1 | FUENTE PARA LOGO/LOGO POWER 24VDC /2.5A SIEMENS* | 93,36 | 15% | 79,36 |
| 3 | 1 | PANEL TACTIL TP177MICRO 6AV6640-OCA11-0AX0 SIEMENS*. | 731,30 | 15% | 621,61 |
| 4 | 1 | BREAKER DE 2 POLOS 2A 240V 10KA RIEL SIEMENS*. | 22,60 | 15% | 19,21 |
| 5 | 1 | CABLE DE COMUNICACION USB/PPI P'SIMATIC S7-200 SIEMENS.* | 203,90 | 15% | 173,32 |
| 6 | 2 | CONECTOR PARA PROFIBUS S/BORNE DE CONEXION A PG FC.SIEMENS*. | 70,00 | 15% | 119,00 |
| 7 | 10 | CABLE PROFIBUS 6XV1 830-OEH10 ESTANDAR SIMAT/SIEMENS* | 3,50 | 15% | 29,75 |
| 8 | 5 | RELE INTERFACE 1 CONTACTO 10 A. 24VDC /LED C/BASE | 12,00 | 15% | 51,00 |
| 9 | 1 | MEMORIA 256 KB / S7-200 6ES7291-8GH23-0XA0 | 90,00 | 15% | 76,50 |
| 10 | 2 | CONTACTOR 7A 3RT1015 1NA 220V SIEMENS*. | 20,50 | 15% | 34,85 |
| 11 | 2 | GUARDAMOTOR 1.1-1.6A SIEMENS.* | 48,50 | 15% | 82,45 |
| 12 | 1 | VARIADOR 3HP 380/ 480V SINAMICS 6SL3224-0BE22-2UA0 | 538,00 | 15% | 457,30 |
| 13 | 1 | PANEL PROGRAMACION BASICO PARA SINAMICS SIEMENS.* | 29,00 | 15% | 24,65 |
| 14 | 1 | UNIDAD DE CONTROL G120 CU240E SIEMENS | 254,00 | 15% | 215,90 |
| 15 | 1 | GUARDAMOTOR 9.-12.5A. SIEMENS 3RV1021 | 62,30 | 15% | 52,96 |
| 16 | 1 | REACTANCIA /MM 3HP 440V Y 2HP 220V/9.1A SIEMENS.* | 184,00 | 15% | 156,40 |
| 17 | 1 | SUPRESOR DE TRANSIENTES BIFASICO/MONOFASICO | 385,00 | 15% | 327,25 |
| 18 | 1 | MODULO DE 4 ENTRADAS ANALÓGICAS V/I, RESOLUCIÓN 12BITS | 260,60 | 15% | 221,51 |
| 19 | 1 | TRANSDUCTOR DE PESO Y CELDA DE CARGA | 1010,00 | 0% | 1010,00 |
| 20 | | VARIOS | 500,00 | 0% | 500,00 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | **SUBTOTAL** | | **4869,34** |
| **FORMA DE PAGO:** | | CONTADO | **IVA 12%** | | **584,32** |
| **VIGENCIA DE LA OFERTA:** | | 5 Días | **TOTAL** | | **5453,66** |

Tabla 4.7. Cotización de la Máquina Dosificadora de Sólidos

# CAPITULO 5

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

# CAPITULO 5

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1.CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se puede extraer las conclusiones siguientes:

- Los objetivos planteados inicialmente en este proyecto de titulación se han cumplido satisfactoriamente, al automatizar el sistemas de control y la respectiva visualización del estado de funcionamiento de la máquina dosificadora de sólidos.

- Los resultados obtenidos permiten concluir que el programa desarrollado en el PLC permitió que el sistema de dosificación funcione de manera eficiente y asertiva.

- Se verificó satisfactoriamente la facilidad de trabajar y cambiar el programa del PLC, según las necesidades que son requeridas no solo por el sistema, sino también por las experiencias obtenidas hasta lograr el objetivo final, es decir, obtener el máximo provecho del mismo.

- La decisión de utilizar una pantalla para sus dos funciones importantes las cuales son: ingresar variables al PLC y la visualización del proceso de la máquina dosificadora de sólidos demostró ser acertada de las pruebas realizadas.

- Los resultados del nuevo sistema de control permitió que la máquina dosificadora de sólidos cumpla con las normas y requerimientos con los cuales se trabaja en el enfundado o envasado de estos tipos de productos,

que es del ±1 % del peso a dosificar y que cumple con lo solicitado por el Gerente General de QCT.

- De los resultados que se obtuvieron de las pruebas de pesaje realizados se puede concluir que la máquina dosificadora de sólidos enfunda diferentes pesos establecidos con un margen de error aceptados para la empresa QCT.

- En el sistema de dosificación implementado es muy importante descontar el peso del recipiente para que este no afecte al peso deseado que es introducido por el operador, a través de un botón llamado TARA colocado en la pantalla táctil, se cumple con este objetivo.

- Para el sistema de dosificación fue muy importante calibrar el transductor de peso con muestras de pesos de referencia certificados bajo normas INEN, ya que de esta manera se puede tener el valor real de peso deseado por el operador.

- Gracias a que el PLC es modular se tiene una gran variedad de módulos de expansión los mismos que ayudan a simplificar las operaciones como: adquisición de datos, ampliar el número de entradas y salidas, introducir directamente sensores como RTD´s, termocuplas, etc., las mismas que son de gran utilidad dentro de un proceso.

- Siemens cuenta con un protocolo propietario como lo es el protocolo PPI, con el cual se trabajó en este proyecto, a través de un cable USB/PPI.

- El análisis estadístico de la producción demuestra que se pueden enfundar un promedio de 4360 unidades aproximadamente de 100 gramos, en una jornada de trabajo de 8 horas, con una desviación estándar del 0.79 y una varianza del 0.59.

- Gracias a la información recibida dentro de las aulas de clase se pudo llevar a buen término este proyecto de titulación, pues se puso en práctica electrónica industrial, interfaces, mandos neumáticos, control de procesos, control de maquinas.

- Se debe tomar en cuenta las propiedades tanto físicas como químicas de los productos con los que se van a trabajar, ya que estos tienen una enorme influencia al momento de ser enfundados. En este proyecto se trabajo con ferticidas agroindustriales, los mismo que cuentan con la propiedad de ser higroscópicos, es decir, absorben la humedad del ambiente, lo que ocasiona que el producto se emplaste en las paredes de las tolvas así como en el tornillo de dosificación, ocasionando una mala dosificación del mismo.

## 5.2. RECOMENDACIONES

De la experiencia adquirida durante la ejecución de este proyecto se puede extraer las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda dar un mantenimiento preventivo periódico al sistema de aspersión del polvo y a sus respectivos filtros, para que no permitan la contaminación excesiva en el medio ambiente, así como en el lugar de envasado de polvos dando una protección al operador.

- Antes de poner a funcionar la máquina se recomienda que este activado el sistema de aspersión de polvos, el compresor y la válvula de paso de aire para un correcto funcionamiento de las electroválvulas; caso contrario, ocurrirá un trabamiento entre el producto con la compuerta.

- Se recomienda calibrar el transductor de peso a los valores de corriente estándares para que el sistema pueda adquirir de manera adecuada las lecturas de los pesos.

- Se recomienda cambiar el pulsador de dosificado que es activado por la mano por uno que sea de pedal, para dar mayor facilidad al trabajo del operador.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] CORRALES Luis. “Interfaces de comunicación industrial”. Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, Quito, Mayo 2004.

[2] CREUS Antonio Sóle,. “Instrumentación Industrial”.

[3] Manual de Usuario, WinCC flexible 2005 Micro, Simatic HMI

[4] Instrucciones de servicio, Panel de operador PO 73micro, TP177micro (WinCC flexible), Simatic HMI

[5] Parameter Manual, Sinamics G120 Control Units CU240S.

[6] Operating Instructions, Control Unit CU240E.

# DIRECCIONES ELECTRÓNICAS

[7] Siemens. Automatización Industrial y Drives tecnológicos

http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?query=tp177&func=cslib.cssearch&content=adsearch%2Fadsearch.aspx&lang=es&siteid=cseus&objaction=cssearch&searchinprim=&nodeid4=20229805&x=0&y=0

[8] SIMATIC SIEMENS MANUAL. http://www.automation.

• Siemens.com/mcms/industrial-automation-systems-simatic/en/manualoverview/

Page/Default.aspx

[9] http://www.automatas.org/siemens/s7-200.htm

[10]http://isa.uniovi.es/~vsuarez/ii/CursoOnline/10aoperaciones%20de%20transferencia.htm

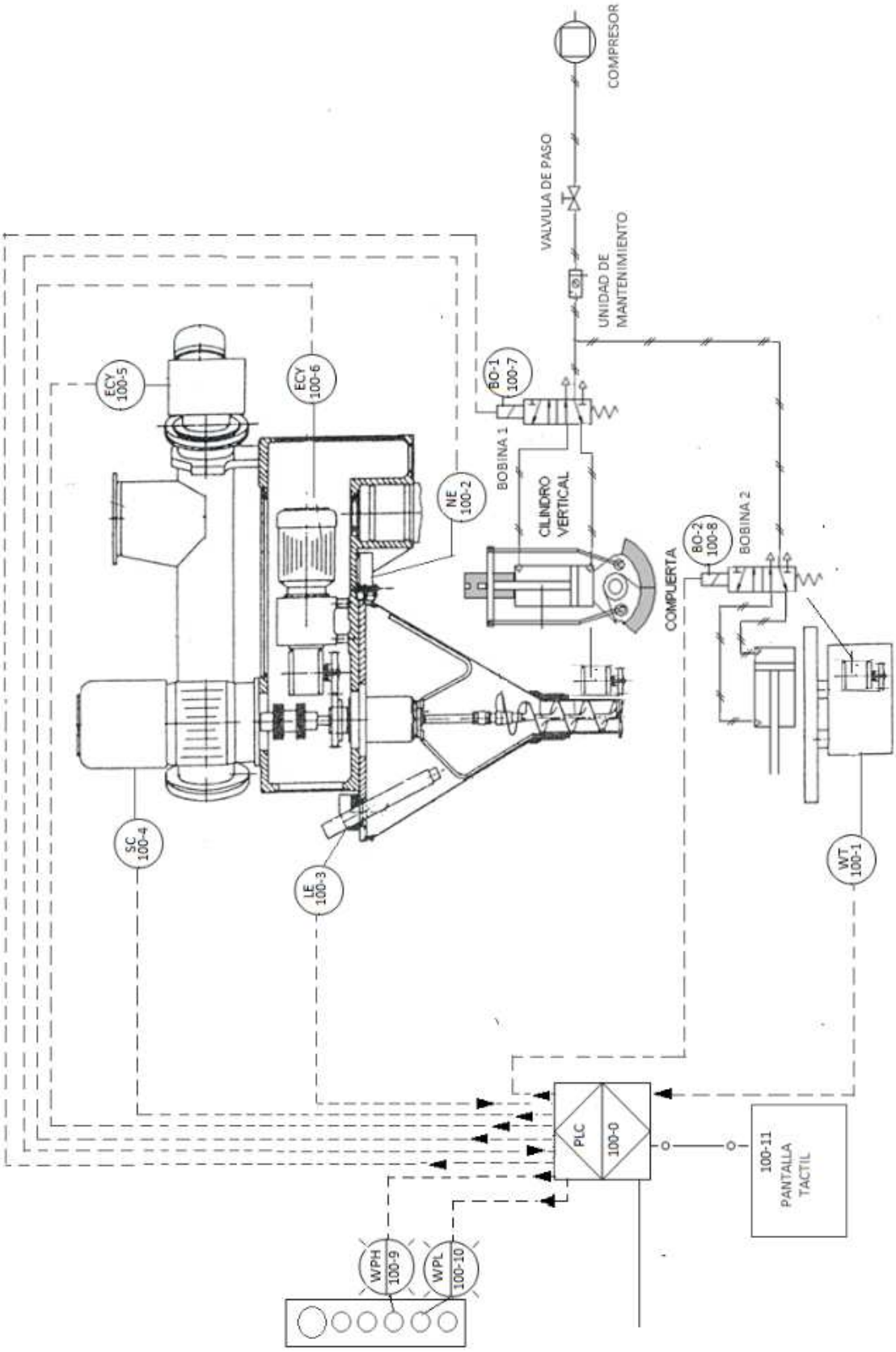
[11] http://www.festo.com/argentina/104.htm

# ANEXOS

# ANEXO A

**PIPING AND INSTRUMENTATION DIAGRAM, DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA DE SÓLIDOS**

A1


COMPRESOR
VALVULA DE PASO
UNIDAD DE MANTENIMIENTO
BO-1 100-7
BOBINA 1
CILINDRO VERTICAL
BO-2 100-8
BOBINA 2
COMPUERTA
ECY 100-5
ECY 100-6
NE 100-2
SC 100-4
LE 100-3
WT 100-1
PLC 100-0
100-11 PANTALLA TACTIL
WPH 100-9
WPL 100-10

| MÁQUINA DOSIFICADORA DE SÓLIDOS EN LA EMPRESA QCT | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lazo 1 | | | Num | Elemento inicial | Rango operación | | Interconexión | | Observaciones |
| Número | Var | Descripción | | | Entrada | Salida | Entrada | Salida | |
| 100-0 | PLC | Controlador lógico programable | 1 | | 0-10v | transistor | | | Interconectado con todos los elementos del proceso |
| 100-1 | WT | Transductor de peso | 1 | | | 4-20mA | Celda de carga | PLC | |
| 100-2 | NE | Sensor magnético | 1 | | | 0-24v | tolva | PLC | |
| 100-3 | LE | Sensor de nivel | 1 | Piezoeléctrico | | 0-24v | tolva | PLC | |
| 100-4 | SC | Controlador de velocidad(VV*) | 1 | | | 0-10v | PLC | M1 | M1 Motor trifásico TSFV[1] |
| 100-5 | ECY | Relé controlador de voltaje | 1 | | | 0-220v | PLC | Contactor | M2 Motor trifásico TSFH[2] |
| 100-6 | ECY | Relé controlador de voltaje | 1 | | | 0-220v | PLC | Contactor | M3 Motor trifásico agitador |
| 100-7 | BO-1 | Electroválvula de compuerta | 1 | | | 0-24v | Bobina | Cilindro vertical | |
| 100-8 | BO-2 | Electroválvula de ajuste de funda | 1 | | | 0-24v | Bobina | Cilindro horizontal | |
| 100-9 | WPH | Luz piloto de peso bueno | 1 | Luz verde | | 0-15mA | | | |
| 100-10 | WPL | Luz piloto de peso malo | 1 | Luz roja | | 0-15mA | | | |
| 100-11 | HMI | Interface Hombre Máquina | 1 | | | | PLC 100-1 | PLC 100-1 | |

*Variador de velocidad
[1]Tornillo sin fin vertical
[2]Tornillo sin fin horizontal

# ANEXOS B

**PLANOS DE LAS MÁQUINA DOSIFICADORA DE SÓLIDOS**

# ANEXOS C

**FICHA TÉCNICA PLC S7 200 DE SIEMENS**

**Características:**

- El micro-PLC para el máximo efecto de automatización al mínimo coste.
- Montaje, programación y uso particularmente fáciles.
- De alta escala de integración, requiere poco espacio, potente.
- Aplicable tanto para los controles más simples como también para tareas complejas de automatización.
- Aplicable aislado, interconectado en red o en configuraciones descentralizadas.
- El PLC también para campos donde, por motivos económicos, no se aplicaban hasta ahora autómatas programables.

- Con destacadas prestaciones de tiempo real y potentes posibilidades de comunicación (PPI, PROFIBUS-DP, AS-Interface).
- La CPU compacta de alto rendimiento.
- Con 24 entradas/salidas a bordo.
- Ampliable con hasta un máximo de 7 módulos de ampliación.

# ANEXOS D

**FICHA TÉCNICA DEL TRANSDUCTOR IND110**

# ANEXOS E

**TABLA DE 310-16 DE LA NORMA NEC**

**TABLA 310-16.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2 000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C**

| mm² | AWG o kcmil | 60 °C | 75 °C | 90 °C | 60 °C | 75 °C | 90 °C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | TIPOS TW* CCE TWD-UV | TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THW-LS, THWN*, XHHW*, TT, USE | TIPOS MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THHW-LS, THW-2*, XHHW*, XHHW-2, USE-2 FEP*, FEPB* | TIPOS UF* | TIPOS RHW*, XHHW* | TIPOS RHW-2, XHHW*, XHHW-2, DRS |
| | | | Cobre | | | Aluminio | |
| 0,824 | 18 | --- | --- | 14 | --- | --- | --- |
| 1,31 | 16 | --- | --- | 18 | --- | --- | --- |
| 2,08 | 14 | 20* | 20* | 25* | --- | --- | --- |
| 3,31 | 12 | 25* | 25* | 30* | --- | --- | --- |
| 5,26 | 10 | 30 | 35* | 40* | --- | --- | --- |
| 8,37 | 8 | 40 | 50 | 55 | --- | --- | --- |
| 13,3 | 6 | 55 | 65 | 75 | 40 | 50 | 60 |
| 21,2 | 4 | 70 | 85 | 95 | 55 | 65 | 75 |
| 26,7 | 3 | 85 | 100 | 110 | 65 | 75 | 85 |
| 33,6 | 2 | 95 | 115 | 130 | 75 | 90 | 100 |
| 42,4 | 1 | 110 | 130 | 150 | 85 | 100 | 115 |
| 53,5 | 1/0 | 125 | 150 | 170 | 100 | 120 | 135 |
| 67,4 | 2/0 | 145 | 175 | 195 | 115 | 135 | 150 |
| 85,0 | 3/0 | 165 | 200 | 225 | 130 | 155 | 175 |
| 107 | 4/0 | 195 | 230 | 260 | 150 | 180 | 205 |
| 127 | 250 | 215 | 255 | 290 | 170 | 205 | 230 |
| 152 | 300 | 240 | 285 | 320 | 190 | 230 | 255 |
| 177 | 350 | 260 | 310 | 350 | 210 | 250 | 280 |
| 203 | 400 | 280 | 335 | 380 | 225 | 270 | 305 |
| 253 | 500 | 320 | 380 | 430 | 260 | 310 | 350 |
| 304 | 600 | 355 | 420 | 475 | 285 | 340 | 385 |
| 355 | 700 | 385 | 460 | 520 | 310 | 375 | 420 |
| 380 | 750 | 400 | 475 | 535 | 320 | 385 | 435 |
| 405 | 800 | 410 | 490 | 555 | 330 | 395 | 450 |
| 458 | 900 | 435 | 520 | 585 | 355 | 425 | 480 |
| 507 | 1 000 | 455 | 545 | 615 | 375 | 445 | 500 |
| 633 | 1250 | 495 | 590 | 665 | 405 | 485 | 545 |
| 760 | 1500 | 520 | 625 | 705 | 435 | 520 | 585 |
| 887 | 1750 | 545 | 650 | 735 | 455 | 545 | 615 |
| 1010 | 2000 | 560 | 665 | 750 | 470 | 560 | 630 |
| FACTORES DE CORRECCION | | | | | | | |
| Temperatura ambiente en °C | Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes | | | | | | |
| 21-25 | | 1,08 | 1,05 | 1,04 | 1,08 | 1,05 | 1,04 |
| 26-30 | | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 31-35 | | 0,91 | 0,94 | 0,96 | 0,91 | 0,94 | 0,96 |
| 36-40 | | 0,82 | 0,88 | 0,91 | 0,82 | 0,88 | 0,91 |
| 41-45 | | 0,71 | 0,82 | 0,87 | 0,71 | 0,82 | 0,87 |
| 46-50 | | 0,58 | 0,75 | 0,82 | 0,58 | 0,75 | 0,82 |
| 51-55 | | 0,41 | 0,67 | 0,76 | 0,41 | 0,67 | 0,76 |
| 56-60 | | ,,,, | 0,58 | 0,71 | ,,,, | 0,58 | 0,71 |
| 61-70 | | ,,,, | 0,33 | 0,58 | ,,,, | 0,33 | 0,58 |

# ANEXOS F

**TABLA DE CARACTERISTICAS DEL VARIADOR DE VELOCIDAD G120**

# ANEXOS G

**PANTALLA TÁCTIL TP 177A**