



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

**“ENSAMBLE DE UN VARIADOR DE FRECUENCIA PARA EL
CONTROL Y REGULACIÓN DE CAUDAL DE UNA BOMBA
DOSIFICADORA EN EL MÓDULO DE AUTOMATIZACIÓN
INDUSTRIAL CON PANTALLA TÁCTIL”**

**SUIN MIRANDA JOHANNA ISABEL
SALAS ARROYO IVÁN GUILLERMO**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA – ECUADOR

2011

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Johanna Isabel Suin Miranda

Iván Guillermo Salas Arroyo

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

Johanna Isabel Suin Miranda

Iván Guillermo Salas Arroyo

DEDICATORIA

El presente trabajo de Tesis quiero dedicarles a mis hermanos y en especial a mi mami que con su apoyo y comprensión ha sido el pilar fundamental en mi vida y en la culminación de mi carrera.

De igual forma quiero hacer un agradecimiento especial a mi padre el Lic. Ramiro Salas Garzón (+), por ser el participe de que mi carrera la culmine en tan prestigiosa institución.

Iván Guillermo Salas Arroyo

Gracias a Dios y especialmente a dedicado a mis padres Hower y Nancy por brindarme su apoyo incondicional, su amor y comprensión en todo momento. A mis hermanos y mi familia que fueron un soporte importante para el logro de esta meta.

Johanna Isabel Suin Miranda

TABLA DE CONTENIDOS

| <u>CAPÍTULO</u> | <u>PÁGINA</u> |
|---|---------------|
| 1. GENERALIDADES..... | 1 |
| 1.1 Antecedentes..... | 1 |
| 1.2 Justificación..... | 1 |
| 1.3. Objetivos..... | 2 |
| 1.3.1. Objetivo general..... | 2 |
| 1.3.2. Objetivos específicos..... | 2 |
| 2. MARCO TEÓRICO..... | 4 |
| 2.1. Bombas..... | 4 |
| 2.1.1. Tipos de bombas..... | 4 |
| 2.1.2. Bombas de desplazamiento positivo..... | 4 |
| 2.1.3. Bombas alternativas..... | 5 |
| 2.1.4. Bombas rotativas..... | 5 |
| 2.1.5. Bomba dosificadora..... | 6 |
| 2.1.6. Bomba dosificadora peristáltica..... | 6 |
| 2.1.7. Principio de funcionamiento de la bomba dosificadora peristáltica..... | 6 |
| 2.1.8. Principales características de las bombas dosificadoras peristáltica..... | 8 |
| 2.1.9. Aplicaciones de las bombas dosificadoras peristálticas..... | 8 |
| 2.2. Formas de controlar la velocidad de una bomba con motor trifásico..... | 9 |
| 2.3. Control de velocidad mediante el cambio de frecuencia de alimentación.... | 9 |
| 2.3.1. Control de la frecuencia de línea..... | 9 |
| 2.4. Métodos para el control de velocidad de motores trifásicos mediante la relación voltaje/frecuencia..... | 10 |
| 2.4.1. Por medio de tiristores..... | 10 |
| 2.4.2. Control del voltaje y frecuencia mediante modulación de ancho de pulso (PWM)..... | 11 |
| 2.5. Variador de velocidad..... | 13 |
| 2.5.1. Ventajas..... | 13 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 2.5.2. | Tipos de variadores de velocidad..... | 14 |
| 2.5.3. | Funciones de los variadores de velocidad electrónicos..... | 16 |
| 2.5.4. | Composición de los variadores de velocidad electrónicos..... | 17 |
| 2.5.4.1. | Rectificadores para convertidores de frecuencia..... | 18 |
| 2.5.4.2. | Circuito intermedio..... | 19 |
| 2.5.4.3. | Ondulador..... | 19 |
| 2.6. | Variador de velocidad SINAMICS G110..... | 20 |
| 2.6.1. | Características del variador de velocidad SINAMICS G110..... | 21 |
| 2.6.2. | Funciones del variador de velocidad SINAMICS G110..... | 21 |
| 2.6.3. | Aplicaciones del variador de velocidad SINAMICS G110..... | 22 |
| 2.6.4. | Panel BOP..... | 22 |
| 2.6.5. | Bornes de entrada y salidas..... | 23 |
| 2.7. | Controladores lógicos programables..... | 25 |
| 2.7.1. | Características..... | 25 |
| 2.7.2. | Ventajas..... | 26 |
| 2.7.3. | Desventajas..... | 26 |
| 2.7.4. | Estructura y componentes básicos..... | 26 |
| 2.7.4.1. | Entradas y salidas..... | 27 |
| 2.7.4.2. | Sección lógica de control CPU..... | 27 |
| 2.8. | PLC SIMATIC S7-200/ CPU 224XP..... | 28 |
| 2.8.1. | Datos técnicos y parámetros de funcionamiento del PLC SIMATIC S7-200..... | 29 |
| 2.9. | Pantalla SIMATIC OP 177B PN/DP..... | 31 |
| 2.9.1. | Datos técnicos de la pantalla SIMATIC OP 177B PN/DP..... | 31 |
| 2.9.2. | Parámetros de funcionamiento de la pantalla SIMATIC OP 177B PN/DP... | 32 |
| 3. | ENSAMBLE DEL MÓDULO DE LABORATORIO CON VARIADOR DE VELOCIDAD..... | 33 |
| 3.1. | Selección de elementos y equipos para el módulo de laboratorio con variador de velocidad..... | 33 |
| 3.1.1 | Bomba centrífuga..... | 33 |
| 3.1.2. | Bomba dosificadora..... | 34 |

| | | |
|----------|---|----|
| 3.1.3. | Tanques..... | 35 |
| 3.1.4. | Módulo de control..... | 37 |
| 3.1.4.1 | Módulo de control TB1..... | 37 |
| 3.1.4.2. | Módulo de automatización..... | 39 |
| 3.2. | Diseño de la estructura para el montaje del sistema de dosificación con variador de velocidad..... | 40 |
| 3.2.1. | Dimensión de la estructura..... | 41 |
| 3.2.2. | Construcción de la estructura..... | 41 |
| 3.2.3. | Distribución de espacios para la ubicación de los equipos..... | 43 |
| 3.3 | Diseño y construcción del módulo de control TB1..... | 43 |
| 3.3.1. | Consideraciones principales para el diseño y construcción del módulo..... | 43 |
| 3.3.2. | Material del módulo de control..... | 44 |
| 3.3.3. | Equipos a instalar en el módulo de control..... | 44 |
| 3.3.4. | Distribución física de los elementos y dispositivos en el módulo de control. | 44 |
| 3.3.5. | Dimensión del módulo de control..... | 45 |
| 3.3.6. | Construcción de la estructura modular..... | 46 |
| 3.3.7. | Montaje de los elementos y dispositivos en el módulo de control..... | 46 |
| 3.3.8. | Conexiones eléctricas..... | 49 |
| 3.3.8.1. | Diseño del circuito de mando..... | 49 |
| 3.3.8.2. | Diseño del circuito de potencia..... | 49 |
| 3.3.9. | Codificación de los equipos en el módulo..... | 51 |
| 3.4. | Montaje e instalación de los equipos y elementos en la estructura... | 51 |
| 3.4.1. | Instalación de la bomba B1..... | 51 |
| 3.4.1.1. | Succión..... | 52 |
| 3.4.1.2. | Descarga..... | 52 |
| 3.4.1.3. | Control de la bomba B1..... | 53 |
| 3.4.2. | Instalación de la bomba dosificadora..... | 53 |
| 3.4.2.1. | Succión y descarga..... | 54 |
| 3.4.2.2. | Control de la bomba dosificadora..... | 54 |
| 3.4.3. | Ubicación de los tanques..... | 54 |
| 3.4.4. | Montaje del módulo de control TB1 y el módulo de automatización TB2... | 57 |
| 3.4.4.1. | Montaje del módulo de control TB1..... | 57 |
| 3.4.4.2. | Montaje del módulo de automatización industrial TB2..... | 57 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3.5. | Funcionamiento del variador de frecuencia..... | 58 |
| 3.5.1 | Puesta en servicio del variador de velocidad SINAMICS G110..... | 58 |
| 3.5.2 | Puesta en servicio rápida..... | 59 |
| 3.5.3 | Puesta en servicio estándar..... | 59 |
| 3.5.4 | Puesta en servicio avanzada..... | 59 |
| 3.5.5. | Puesta en servicio según aplicación..... | 59 |
| 3.5.5.1. | Interface en serie (USS)..... | 60 |
| 3.5.5.2. | Selección de fuente de órdenes..... | 60 |
| 3.5.5.3 | Entrada digital (DIN)..... | 60 |
| 3.5.5.4 | Salida digital (DOUT)..... | 61 |
| 3.5.5.5. | Entrada analógica (ACD)..... | 62 |
| 3.5.5.6 | Frecuencia límite y de referencia..... | 63 |
| 3.5.6 | Parámetros del sistema..... | 63 |
| 3.5.7 | Alarmas y Peligros..... | 66 |
| 3.5.8 | Códigos de alarma..... | 67 |
| 3.5.9. | Datos técnicos del SINAMICS G110..... | 67 |
| 3.5.10. | Estructura de comunicación SINAMICS G110..... | 68 |
| 3.5.11. | Estructura de comunicación SIMATIC S7- 200 / CPU 224XP..... | 70 |
| 3.5.12. | Diseño y construcción de los sensores de nivel..... | 70 |
| 3.6. | Funcionamiento del sistema de dosificación con variador de frecuencia... | 76 |
| 3.6.1. | Sistema de bombeo de agua..... | 76 |
| 3.6.2. | Funcionamiento de la bomba dosificadora..... | 76 |
| 3.6.3. | Control y regulación de caudal del sistema de dosificación..... | 76 |
| 3.6.4. | Programación del sistema de dosificación..... | 77 |
| 3.6.4.1. | Programación del PLC S7-200 con STEEP7-micro/WIN..... | 78 |
| 3.6.4.2. | Programación del panel operador..... | 84 |
| 3.6.5. | Pruebas de funcionamiento..... | 88 |
| 3.6.5.1. | Puesta en marcha del sistema de dosificación..... | 88 |
| 3.6.5.2. | Ajuste de las pantallas para la operación del sistema de dosificación..... | 89 |
| 4. | GUÍAS DE LABORATORIO..... | 92 |
| 4.1. | Elaboración de la guía para prácticas de laboratorio..... | 92 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 4.2. | Elaboración de guías para el mantenimiento del sistema..... | 102 |
| 4.2.1. | Guía para el mantenimiento del sistema de dosificación..... | 102 |
| 4.2.2. | Guía para el mantenimiento del tablero de control TB1..... | 104 |
| 5. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 106 |
| 5.1. | Conclusiones..... | 106 |
| 5.2. | Recomendaciones..... | 106 |

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS ELÉCTRICOS

LISTA DE TABLAS

| <u>TABLA</u> | | <u>PÁGINA</u> |
|---------------------|---|----------------------|
| 2.1 | Operación bomba dosificadora peristáltica..... | 7 |
| 2.2 | Bornes de entradas y salidas..... | 23 |
| 2.3 | Modificación de parámetros..... | 23 |
| 2.4 | Funciones del panel BOP..... | 24 |
| 2.5 | Características de la pantalla OP177B..... | 31 |
| 2.6 | Tensión de alimentación del OP177B..... | 32 |
| 3.1 | Selección del equipo TB1..... | 38 |
| 3.2 | Selección de dispositivos TB1..... | 38 |
| 3.3 | Selección de materiales..... | 39 |
| 3.4 | Selección de equipos módulo HMI..... | 40 |
| 3.5 | Dimensiones de la estructura modular..... | 41 |
| 3.6 | Dimensiones módulo..... | 45 |
| 3.7 | Medidas para el montaje | 48 |
| 3.8 | Pares de apriete para conexiones de potencia..... | 48 |
| 3.9 | Sección de cables para los bornes de control..... | 49 |
| 3.10 | Interface en serie (USS)..... | 60 |
| 3.11 | Selección de fuentes de órdenes..... | 60 |
| 3.12 | Entrada digital (DIN) | 60 |
| 3.13 | Salida digital (DOUT)..... | 61 |
| 3.14 | Entrada analógica (ACD)..... | 62 |
| 3.15 | Frecuencia límite y de referencia..... | 63 |
| 3.16 | Tipo datos..... | 64 |
| 3.17 | Ejemplo de parámetros del sistema..... | 66 |
| 3.18 | Datos técnicos del SINAMICS G110..... | 67 |
| 3.19 | Conexión PC – Convertidor..... | 68 |
| 3.20 | Modos de operación..... | 69 |

LISTA DE FIGURAS

| <u>FIGURA</u> | | <u>PÁGINA</u> |
|----------------------|---|----------------------|
| 2.1 | Tipos de bombas..... | 4 |
| 2.2 | Clasificación de bombas alternativas..... | 5 |
| 2.3 | Clasificación de bombas rotativas..... | 5 |
| 2.4 | Bomba dosificadora..... | 6 |
| 2.5 | Bomba dosificadora peristáltica..... | 6 |
| 2.6 | Movimiento de rodillos en una bomba dosificadora peristáltica..... | 7 |
| 2.7 | Curvas características par-velocidad para todas las frecuencias..... | 9 |
| 2.8 | Control de frecuencia de un motor de corriente alterna..... | 11 |
| 2.9 | Modulación por ancho de pulso sinusoidal..... | 12 |
| 2.10 | Modulación de ancho de pulso sinusoidal unidireccional..... | 12 |
| 2.11 | Variador de velocidad electrónico..... | 16 |
| 2.12 | Composición de un variador de velocidad electrónico..... | 17 |
| 2.13 | Circuito ondulador..... | 19 |
| 2.14 | Variador de velocidad SINAMICS G110..... | 20 |
| 2.15 | Panel BOP SINAMICS G110..... | 22 |
| 2.16 | Familia de controladores lógicos programables..... | 25 |
| 2.17 | Diagrama de bloques de los elementos básicos de un PLC.... | 26 |
| 2.18 | PLC SIMATIC S7-200 / CPU 224XP..... | 29 |
| 2.19 | Pantalla SIMATIC OP 177B PN/DP..... | 31 |
| 3.1 | Bomba centrífuga B1..... | 34 |
| 3.2 | Bomba dosificadora peristáltica..... | 35 |
| 3.3 | Tanque T1..... | 35 |
| 3.4 | Tanque T2..... | 36 |
| 3.5 | Tanque T3..... | 37 |
| 3.6 | Módulo de automatización con HMI..... | 39 |
| 3.7 | Construcción de la estructura..... | 42 |
| 3.8 | Estructura terminada..... | 42 |

| | | |
|------|---|----|
| 3.9 | Distribución de espacios en la estructura..... | 43 |
| 3.10 | Distribución física de los dispositivos y elementos..... | 45 |
| 3.11 | Estructura modular..... | 46 |
| 3.12 | Ubicación de los dispositivos de protección y control..... | 47 |
| 3.13 | Ubicación del variador de velocidad..... | 47 |
| 3.14 | Ubicación de los conectores o jacks..... | 48 |
| 3.15 | Conexiones eléctricas..... | 50 |
| 3.16 | Codificación de elementos y dispositivos..... | 51 |
| 3.17 | Montaje de la bomba B1..... | 51 |
| 3.18 | Succión de la bomba B1..... | 52 |
| 3.19 | Descarga de la bomba B1..... | 53 |
| 3.20 | Montaje de la bomba dosificadora..... | 53 |
| 3.21 | Succión de la bomba dosificadora..... | 54 |
| 3.22 | Tanque T1 instalado..... | 55 |
| 3.23 | Tanque T2 instalado..... | 55 |
| 3.24 | Montaje del tanque T3 en la subestructura..... | 56 |
| 3.25 | Montaje del tablero de control TB1..... | 57 |
| 3.26 | Montaje del módulo de automatización..... | 58 |
| 3.27 | Esquema de descripción de parámetros..... | 63 |
| 3.28 | Transistor en corte..... | 71 |
| 3.29 | Transistor en saturación..... | 72 |
| 3.30 | Diseño del circuito electrónico..... | 72 |
| 3.31 | Distribución de los dispositivos en la tarjeta electrónica..... | 73 |
| 3.32 | Diseño del circuito en el programa..... | 73 |
| 3.33 | Diseño del circuito electrónico en la vaquela..... | 74 |
| 3.34 | Vaquela impresa con el diseño del circuito electrónico..... | 74 |
| 3.35 | Construcción de tarjeta electrónica..... | 75 |
| 3.36 | Pruebas de funcionamiento..... | 75 |
| 3.37 | Comunicación entre PLC-PC..... | 77 |
| 3.38 | Comunicación entre PLC-panel operador..... | 77 |
| 3.39 | Comunicación entre panel operador-PC..... | 78 |
| 3.40 | Elementos básicos del KOB..... | 78 |
| 3.41 | Librería de operaciones..... | 79 |

| | | |
|------|--|-----|
| 3.42 | Programación en diagrama ladder..... | 83 |
| 3.43 | Selección del tipo de CPU..... | 83 |
| 3.44 | Creando nueva aplicación..... | 84 |
| 3.45 | Selección del panel operador..... | 85 |
| 3.46 | Selección del tipo de conexión y controlador..... | 85 |
| 3.47 | Plantilla de imagen..... | 86 |
| 3.48 | (a): Librerías disponibles..... | 86 |
| 3.48 | (b): Librerías seleccionadas..... | 86 |
| 3.49 | Información del proyecto..... | 87 |
| 3.50 | Página inicial del proyecto..... | 87 |
| 3.51 | Pantalla de inicio del panel operador..... | 89 |
| 3.52 | Pantalla de texto del panel operador..... | 90 |
| 3.53 | Pantalla monitor del panel operador..... | 90 |
| 3.54 | Pantalla de parámetros del panel operador..... | 91 |
| 3.55 | Pantalla test del panel operador..... | 91 |
| 4.1 | Módulo didáctico para el control de un sistema de dosificación con variador de velocidad..... | 94 |
| 4.2 | Panel operador con pantalla test..... | 97 |
| 4.3 | Panel operador con pantalla parámetros..... | 100 |

LISTA DE ABREVIACIONES

| | |
|-----------|---|
| CA | Corriente alterna |
| CD | Corriente directa |
| VCD | Voltaje de corriente directa/continua |
| CPU | Unidad central de proceso |
| BOP | Basic operator panel |
| HMI | Human machine interface |
| ACD: | Entrada analógica |
| DIN | Entrada digital |
| DUOT | Salida digital |
| USS | Interface en serie universal |
| PLC | Controlador lógico programable |
| PPI | Interfaz punto a punto |
| IC | Corriente colector |
| VFD | Variable frequency drive |
| VSD | Variable speed drive |
| PWM | Modulación de ancho de pulso |
| TB1 | Módulo de control |
| TB2 | Módulo didáctico de automatización industrial con HMI |
| Tanque T1 | Tanque de almacenamiento de agua |
| Tanque T2 | Tanque de almacenamiento de tinta |
| Tanque T3 | Tanque de mezcla |
| B1 | Bomba centrífuga |
| LED | Diodo luminiscente |
| PNP | Positivo-Negativo-Positivo (tipo de transistor) |
| PVC | Policloruro de vinilo |

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 1:** Selección del variador de frecuencia
- ANEXO 2 :** Diagrama de bloques de la puesta en servicio del variador de velocidad SINAMICS G110
- ANEXO 3:** Puesta en servicio rápida del variador SINAMICS G110
- ANEXO 4:** Características del PLC SIMATIC S7-200/CPU 224XP
- ANEXO 5:** Características técnicas de las CPU S7-200
- ANEXO 6:** Datos específicos y accesorios del PLC SIMATIC S7-200/CPU 224XP
- ANEXO 7:** Datos técnicos bomba dosificadora y bomba centrífuga
- ANEXO 8:** Datos para la conexión V/F
- ANEXO 9:** Guía de conexión

RESUMEN

La investigación es “ENSAMBLE DE UN VARIADOR DE FRECUENCIA PARA EL CONTROL Y REGULACIÓN DE CAUDAL DE UNA BOMBA DOSIFICADORA EN EL MÓDULO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL CON PANTALLA TÁCTIL” y tiene como finalidad principal la implementación del laboratorio de Control Industrial de la Facultad de Mecánica.

Para alcanzar el objetivo principal del proyecto se utilizan equipos electrónicos sofisticados como son el PLC SIMATIC S7-200, Panel Operador y el Variador de Frecuencia SINAMICS G110, además se deben conocer las características técnicas y el funcionamiento de los mismos. Los equipos requieren de una programación y así la puesta en marcha del sistema, se utilizará el software STEP 7/MicroWIN que programará al PLC y el software WinCC Flexible al Panel Operador.

Se consideraron tres aspectos fundamentales en la construcción del sistema de dosificación como son ergonomía, estética y fácil identificación de los equipos, estas condiciones son muy importantes al momento que el estudiante ponga en marcha el sistema.

En las prácticas que se realicen se podrá verificar el correcto funcionamiento de los equipos sin que el sistema de dosificación arranque, mediante el panel operador en la pantalla “Test” se realizarán estas pruebas, una vez comprobado el buen funcionamiento se ajusta el valor en porcentaje para la dosificación y el sistema arrancará sin ningún inconveniente, mientras el proceso se desarrolle el programa emitirá señales de operación, paro o falla.

Recomendamos a los practicantes manipular con las debidas precauciones los equipos y dispositivos instalados en el módulo didáctico.

SUMMARY

Assemble aviator frequency to control and regulation flow of dosage bomb in the module industrial automation with touch screen.

This study was carried out with purpose of implementation the laboratory industrial control from Mechanics Faculty in ESPOCH.

The problems were the follow: satisfying necessities practitioners' knowledge from Faculty, creating didactic module, knowing applications from aviator frequency.

As objective it was to assemble aviator frequency to control and regulation volume from dosage bomb in the module industrial automation with touch screen, to know characteristic dosage bomb, aviator frequency.

The study analyzed compilation information, investigation existent technology in the market, buying set for the laboratory and carrying out tests.

The results include an implementation of the laboratory with electronic set to control processes that is in charge nowadays.

Finally, it conclude and recommend that will be carried out the one it assembles of aviator frequency, it was possible to control and to regulate the flow of a dosage bomb in didactic module for practical laboratory of industrial center, that will be a contribution to the Faculty.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

El avance tecnológico, ha establecido nuevas formas de control y comunicación en los equipos. Dando lugar a la implementación de nuevas formas para controlar una inmensa variedad de sistemas.

Las industrias en la actualidad han tenido un continuo avance con respecto al control de los procesos, de esta manera se obtiene mejoras en la producción. Este paso también conllevó a criterios de automatización más elevados y complicados que se requiere para conseguir una exactitud en los procesos que demanda la industria en la actualidad.

Se ha visto la necesidad desde hace algunos semestres atrás de implementar el laboratorio con equipos que en la actualidad la industria ha ido incorporando para el control de procesos, es por eso que la escuela ha visto la necesidad de incorporar módulos didácticos de control y automatización que en nuestro caso cuenta con variador de velocidad aplicado a un sistema específico.

Los centros de enseñanza deben poseer equipos acorde con la evolución tecnológica, que proporcionen a sus estudiantes los instrumentos necesarios para realizar experimentos que se asemejen a los que se van a utilizar dentro del campo profesional. Por este motivo con la adquisición de nuevos equipos, se ve necesaria la implementación de estos sistemas a nivel educativo y didáctico para el laboratorio de nuestra querida institución.

1.2. Justificación

Se conoce de muchos adelantos en la actualidad es por eso que hemos visto la necesidad de buscar alternativas como el control de las variables de proceso por medio de un variador de frecuencia resulta más directo, flexible y eficiente, al compararlo con los sistemas mecánicos tradicionales.

Considerando esta situación, se ha visto favorable la implementación un módulo de laboratorio con variador de frecuencia para el control y regulación de una bomba

dosificadora, con esta aportación se conseguirá brindar conocimiento científico y tecnológico utilizando módulos didácticos que contribuyan a la formación de los compañeros estudiantes.

Al reducir el número de componentes habituales encargados de controlar y regular una bomba dosificadora aplicado a un sistema de dosificación, disminuyen las pérdidas y se alargan los períodos de mantenimiento y, por consiguiente, se optimizan los costos de operación y además se consigue automatizar el proceso.

Actualmente, y gracias a la capacidad de integración de los variadores de frecuencia a los sistemas de control resulta posible que los sistemas de automatización modifiquen y ajusten los parámetros de operación, (velocidad o frecuencia).

Para empezar la construcción del módulo de laboratorio con variador de frecuencia la idea principal será elaborar un equipo que cumpla con las siguientes características:

- Fácil construcción
- Bajo costo de fabricación
- Tiempo de fabricación mínimo
- Que no dependa de equipo externo para su fabricación y funcionamiento
- Que el costo de mantenimiento sea mínimo
- El tiempo de mantenimiento sea reducido

Con todas estas características se demostrará que no se necesitan de grandes recursos para poder cumplir con nuestras metas y de esta forma dar una solución efectiva, rápida y confiable a problemas reales que se encuentran en distintos procesos dentro de la industria.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Ensamblar un variador de frecuencia para el control y regulación de caudal de una bomba dosificadora en el módulo de automatización industrial con pantalla táctil.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar las características y funcionamiento de una bomba dosificadora.
- Conocer la estructura y características de los variadores de frecuencia.
- Analizar las ventajas y desventajas del uso de variadores de frecuencia.

- Realizar el montaje y pruebas de buen funcionamiento de los equipos.
- Elaborar guías para prácticas de laboratorio.
- Elaborar guías de mantenimiento para el módulo con variador de frecuencia.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Bombas [1]

Las bombas son máquinas rotativas o alternativas que permiten una transferencia energética entre un fluido y un elemento mecánico (rotor, pistón, etc.), mientras el fluido tiene su origen en un gradiente de presión dinámica que se produce entre la salida y la entrada del fluido en el elemento mecánico. En la bomba la transferencia de energía se efectúa de la máquina al fluido.

2.1.1. Tipos de bombas

Al clasificar las bombas se deben tener en cuenta dos consideraciones fundamentales: el método para mover los líquidos y el tipo de servicio de la bomba. Por el movimiento de los fluidos las bombas pueden ser agrupadas en dos categorías:

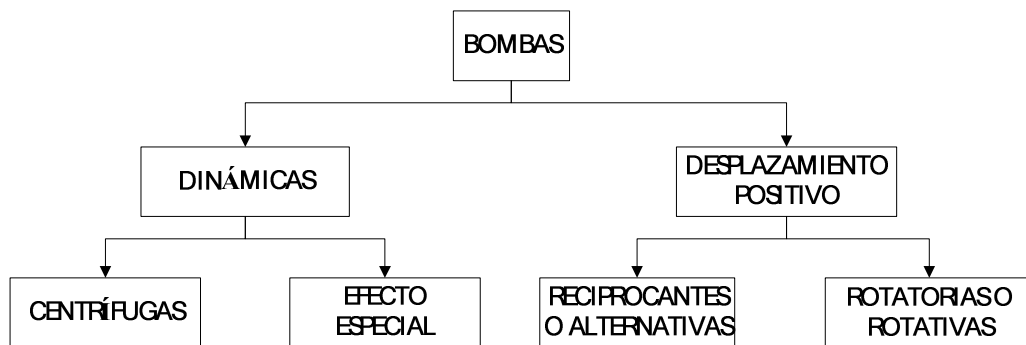


Figura 2.1: Tipos de bombas

2.1.2. Bombas de desplazamiento positivo

En estas bombas, el fluido que se desplaza siempre está contenido entre el elemento impulsor que puede ser un émbolo, un diente de engrane, un aspa, etc. y el cilindro o la carcasa.

Clasificación:

- Alternativas
- Rotativas

2.1.3. Bombas alternativas

Una bomba alternativa de desplazamiento positivo es aquella en la que un émbolo o pistón desplaza un volumen dado de fluido en cada carrera.

Clasificación:

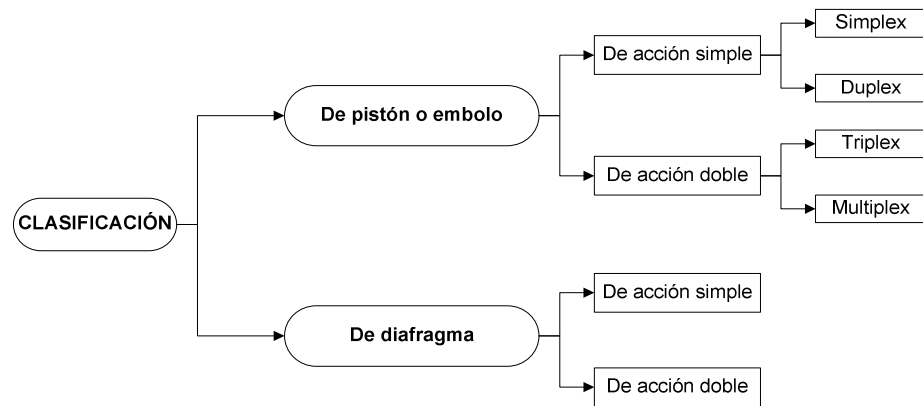


Figura 2.2: Clasificación de bombas alternativas

2.1.4. Bombas rotativas

En las bombas Rotativas la acción principal de bombeo es originado por el movimiento relativo entre los elementos rotatorios de la bomba y los estacionarios, su movimiento rotatorio la distingue de las bombas alternativas.

Clasificación:

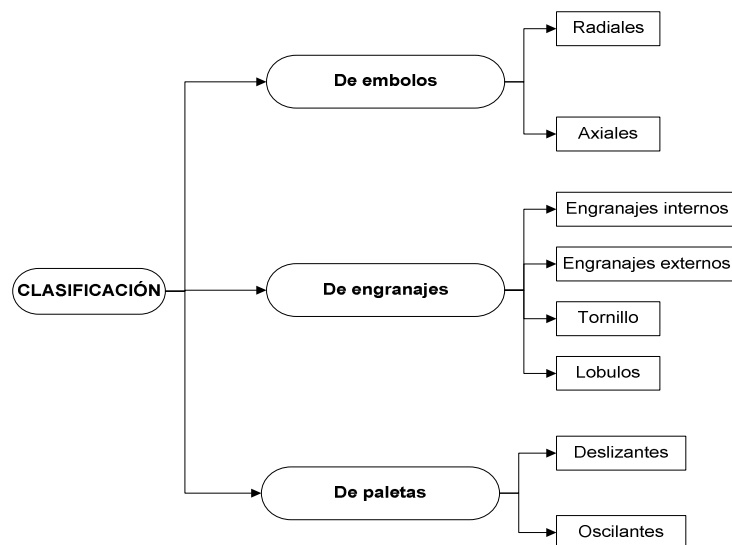


Figura 2.3: Clasificación de bombas rotativas

2.1.5. Bomba dosificadora

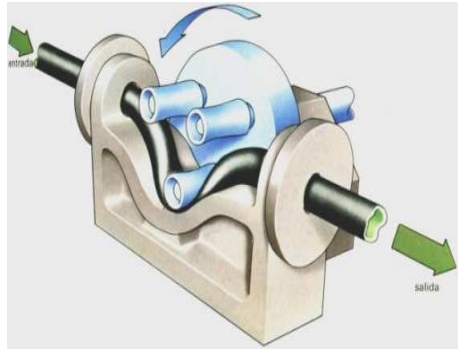


Figura 2.4: Bomba dosificadora

2.1.6. Bomba dosificadora peristáltica



Figura 2.5: Bomba dosificadora peristáltica

La bomba dosificadora peristáltica es un tipo de bomba de desplazamiento positivo, es decir, tiene una parte de succión y otra de expulsión, por lo que es utilizada para bombear una gran variedad de fluidos. El fluido es transportado por medio de un tubo flexible colocado dentro de una cubierta circular de la bomba. Las bombas peristálticas son ideales para dosificar de manera controlada líquidos o pastas, los cuales son aplicados en cierto momento o de manera continua en ciertos procesos.

2.1.7. Principio de funcionamiento de la bomba dosificadora peristáltica

La función de las bombas peristálticas imitan el sistema de digestión humana conocido como movimiento “peristáltico” consiste en la contracción y sucesiva relajación de un músculo alrededor de un tubo que así mueve su contenido. En el caso de la bomba, un tubo flexible es aplastado continuamente por rodillos colocados adecuadamente. Entre un paso y el otro del rodillo impulsor, el tubo recupera su diámetro original generando un vacío para transportar el producto a bombear.

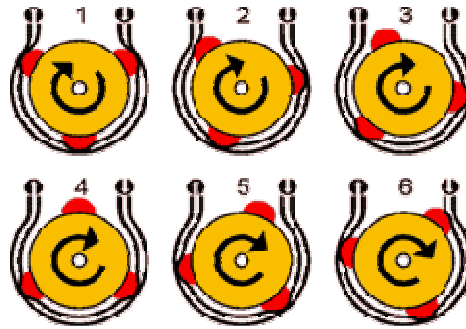


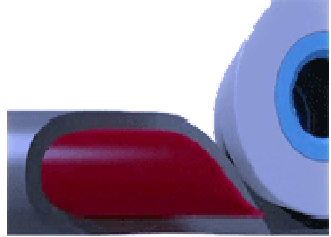


Figura 2.6: Movimiento de rodillos en una bomba dosificadora peristáltica

El mecanismo más común cuenta con dos o tres rodillos que giran en un compartimiento circular comprimiendo en forma progresiva una manguera especial flexible.

En la figura 2.6 se observa que en ningún momento de las fases 1 al 6 los rodillos dejan de presionar la manguera en al menos un punto. Esto es importante ya que si en algún momento los rodillos dejan de presionar el conducto, el líquido podría retroceder. El sentido de rotación del motor determina la dirección del flujo del contenido.

Tabla 2.1: Operación bomba dosificadora peristáltica

| | | |
|---|--|---|
|  |  |  |
| <p>La sección de la manguera flexible no está comprimida.</p> | <p>Inicia el proceso peristáltico del rodillo de la bomba y la parte correspondiente del producto se transporta hacia delante.</p> | <p>Termina el proceso peristáltico en esta sección de la manguera.</p> |

Los rodillos están unidos con el eje del motor a través de algún mecanismo, de manera que al girar el mismo, estos presionan la manguera en forma progresiva y hacen avanzar el contenido dentro de la misma. En este sistema el contenido que está siendo bombeado nunca está en contacto con el mecanismo, sólo con el interior del conducto. La velocidad del bombeo puede ser tan lento como lo requiere el proceso.

Capacidad de una bomba dosificadora peristáltica

El volumen de contenido desplazado por la bomba en cada vuelta, dependerá del diámetro interior del conducto utilizado, de la compresión del mismo por los rodillos y de la velocidad de la bomba. El tiempo en el que ocurra ese desgaste dependerá del material utilizado para el conducto y el espesor de las paredes del mismo.

2.1.8. Principales características de las bombas dosificadoras peristálticas

Algunas de sus principales características son:

- La acción de rotación mueve el producto en el interior de la manguera, con una velocidad de desplazamiento constante, sin deslizamiento.
- Para cada tipo de uso existen mangueras especialmente diseñadas, lo que redundará en una mayor vida útil de este elemento.
- Las bombas peristálticas requieren de un mínimo de mantenimiento y su funcionamiento es muy sencillo.
- Una manguera flexible de pared lisa, localizada en la carcasa de la bomba, queda presionada en cada vuelta.
- Este tipo de bombas es la opción ideal para aquellas aplicaciones en que se requieran dosificaciones precisas.
- Las bombas peristálticas son ideales para líquidos corrosivos, abrasivos y viscosos ya que únicamente la manguera entra en contacto con ellos.
- Son de bajo costo.
- Fácil de montar.
- Succión automática

2.1.9. Aplicaciones de las bombas dosificadoras peristálticas

- Tratamiento del agua potable y las aguas residuales.
- Tratamiento de las aguas de calderas.
- Procesos químicos y petroquímicos.
- Industria Agroalimentaria, Agricultura.
- Fabricación de detergentes.
- Farmacia.

2.2. Formas de controlar la velocidad de una bomba con motor trifásico

Los motores de inducción no eran las máquinas adecuadas para aplicaciones que requerían considerable control de velocidad. El rango normal de operación de un motor de inducción típico está rehabilitado a menos de 5% de deslizamiento y la variación de la velocidad en ese rango es más o menos directamente proporcional a la carga sobre el eje del motor. Aun si el deslizamiento fuera mayor, la eficiencia del motor sería muy pobre puesto que las pérdidas en el cobre del rotor son directamente proporcionales al deslizamiento del motor.

Existen solo dos técnicas para controlar la velocidad de un motor de inducción, una de las cuales consiste en variar la velocidad sincrónica (velocidad de los campos magnéticos del rotor y del estator) puesto que la velocidad del rotor siempre permanece cerca de la velocidad sincrónica. La otra técnica consiste en variar el deslizamiento del motor para una carga dada.

La mayoría de variadores prefieren mantener constante la velocidad del motor eléctrico que esté acoplado a un sistema, mientras que se busca modificar la velocidad de la carga con la que esté trabajando el motor, estas formas de modificación de la carga pueden ser por medio de un embrague mecánico, eléctrico o hidráulico.

2.3. Control de velocidad mediante el cambio de frecuencia de alimentación

2.3.1. Control de la frecuencia de línea

Si se cambia la frecuencia eléctrica aplicada al estator de un motor de inducción, la velocidad de rotación de sus campos magnéticos sincrónicos.

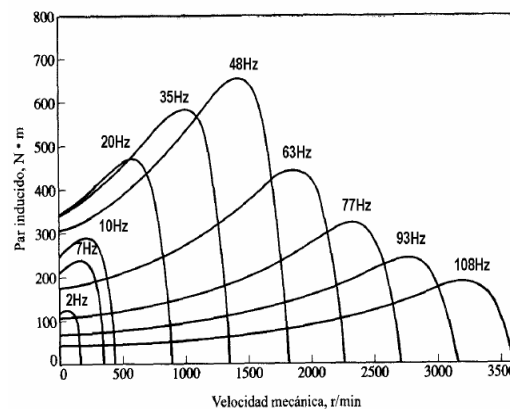


Figura 2.7: Curvas características par-velocidad para todas las frecuencias

Cambiará en proporción directa al cambio de frecuencia eléctrica y el punto de vacío sobre la curva característica par-velocidad cambiará con ella. La velocidad sincrónica del motor en condiciones nominales se conoce como velocidad base. Utilizando control de frecuencia variable, es posible ajustar la velocidad del motor por encima o por debajo de la velocidad base, tal como se muestra en la figura 2.7, en donde la velocidad base es 1800 rpm.

2.4. Métodos para el control de velocidad de motores trifásicos mediante la relación voltaje/frecuencia

De acuerdo al método para variar la velocidad sincrónica de un motor trifásico de corriente alterna, debemos alimentar el motor con una tensión y frecuencia variable, dependiendo de la velocidad que se quiera. Es muy importante tener en cuenta que al modificar la frecuencia que se aplica al estator, es necesario variar la tensión aplicada de la misma forma y en la misma magnitud. Esto se debe hacer para mantener el mismo grado de saturación y densidad de flujo en el entrehierro del motor.

Existen dos maneras de realizar la variación de velocidad en motores trifásicos, las cuales se explican a continuación:

2.4.1. Por medio de tiristores

Hace algunos años, y por mucho tiempo, los tiristores fueron parte fundamental del control de velocidad para motores de CA por variación de frecuencia. En un principio solo estos elementos podían ser utilizados para este fin, pues no existía en el mercado otro tipo de semiconductores que pudieran suministrar las corrientes que estos variadores demandaban. Además, este tipo de semiconductores, debiendo ser de potencia, tenían un alto costo. Esta característica hacía casi imposible su empleo en este tipo de equipos para motores de corriente continua.

Con el advenimiento de nuevas tecnologías para la fabricación de semiconductores, los tiristores fueron desplazados y en su lugar se fueron utilizando transistores de potencia, IGBT o MOSFET.

Uno de los principales problemas que se afrontaban con los tiristores eran todos los circuitos paralelos que se debía diseñar para su apagado. Además se tenía que emplear un gran número de tiristores dentro del diseño, ya que el control de velocidad para motores de

CA prácticamente eran dos controles en uno; un control de voltaje para la parte de voltaje de CD y otro para la parte de frecuencia esto se puede ver en la figura 2.8.

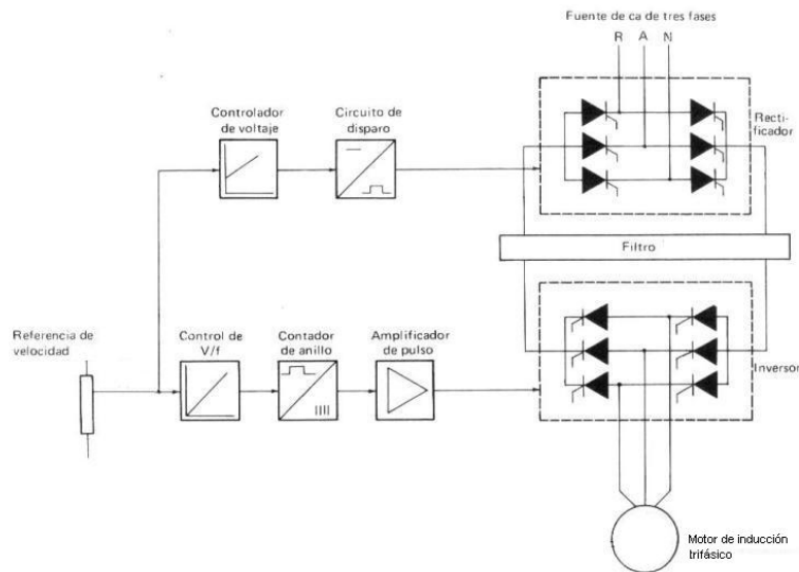


Figura 2.8: Control de frecuencia de un motor de corriente alterna

2.4.2. Control del voltaje y frecuencia mediante modulación de ancho de pulso (PWM)

Mediante esta técnica se puede controlar la magnitud y frecuencia de la señal de salida mediante la modulación de ancho de pulso es el proceso de modificar el ancho de los pulsos de un tren de pulsos en razón directa a una pequeña señal de control; cuanto mayor sea el voltaje de control, será más ancho el pulso resultante.

Existen diferentes tipos de modulación por ancho de pulso, tales como modulación por ancho de pulso único, por ancho de pulso múltiple, sinusoidal, sinusoidal modificado, entre otros, cada uno con sus respectivas características. Dado que en este trabajo se necesita producir una señal senoidal, se empleará la modulación por ancho de pulso sinusoidal.

Las señales de control, se generan comparando a una señal de referencia sinusoidal de amplitud A_r , con una onda portadora triangular de amplitud CA y frecuencia f . La frecuencia f_r de la señal de referencia determina la frecuencia fundamental de la salida del inversor. La variable de control es el índice de modulación de amplitud (M), o índice de modulación el cual es la relación de A_r entre CA

$$M = \frac{A_r}{CA} \quad (2.1)$$

Si se varía A_r desde 0 hasta CA , se puede modificar el ancho de pulso δ , de 0° a 180° . De esta manera, la amplitud pico de la senoidal controla el índice de modulación M , y en consecuencia el voltaje RMS de salida V_0 . La figura 2.9 explica lo mencionado anteriormente.

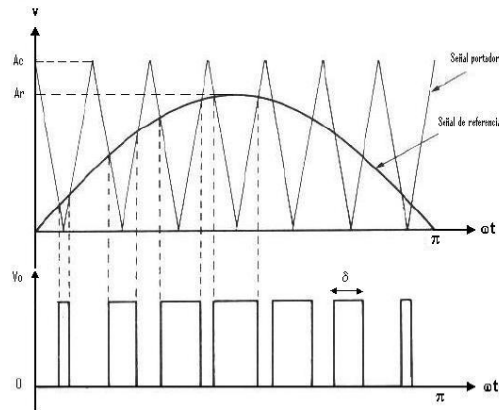


Figura 2.9: Modulación por ancho de pulso sinusoidal

La cantidad de pulsos por medio ciclo depende de la frecuencia de la portadora. Se puede observar que el área de cada pulso corresponde en forma aproximada, al área bajo la onda sinusoidal, entre los puntos medios adyacentes de los periodos de apagado de las señales de control.

Se pueden generar las mismas señales de disparo con una onda portadora triangular unidireccional como se ve en la figura 2.10.

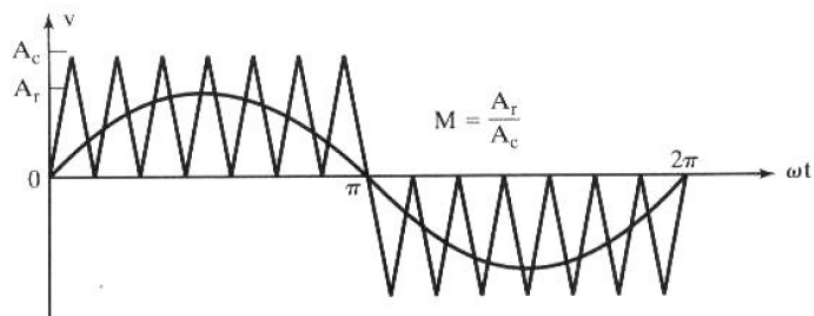


Figura 2.10: Modulación de ancho de pulso sinusoidal unidireccional

Al analizar el resultado de la forma de onda de la modulación de ancho de pulso sinusoidal unidireccional, se notó que para las señales de control en un puente inversor trifásico, el semiciclo positivo puede ser idéntico al semiciclo negativo, desfasado este último

180°. En base a esta característica, las señales de control se pueden basar solo en los valores de la señal PWM resultante de un semiciclo.

Finalmente, después de analizar las técnicas para llevar a cabo la variación de frecuencia-voltaje para el control de velocidad de motores de corriente alterna, se eligió el control de modulación por ancho de pulso sinusoidal unidireccional. Lo anterior debido a que el trabajo de la generación de las señales PWM unidireccionales se puede realizar con un micro controlador.

2.5. Variador de velocidad

El variador de velocidad (VSD) es un dispositivo o conjunto de dispositivos mecánicos, hidráulicos, eléctricos o electrónicos empleados para controlar la velocidad giratoria de maquinaria, especialmente de motores.

Los variadores de velocidad se emplean en una amplia gama de aplicaciones industriales, como en ventiladores y equipo de aire acondicionado, equipo de bombeo, bandas y transportadores industriales, elevadores, tornos, fresadoras, etc.

El control de procesos y el ahorro de la energía son las dos de las principales razones para el empleo de variadores de velocidad. Históricamente, los variadores de velocidad fueron desarrollados originalmente para el control de procesos, pero el ahorro energético ha surgido como un objetivo tan importante como el primero.

2.5.1. Ventajas y desventajas

La alimentación de motores desde un variador ofrece múltiples ventajas respecto a la alimentación directa desde la red, entre las diversas ventajas en el empleo de variadores de velocidad destacan:

- No aparece ninguna sobrecorriente brusca en el arranque, ya que el variador se encarga de que la tensión y frecuencias de alimentación al motor se incrementen de manera progresiva.
- Posibilidad de controlar plenamente las aceleraciones y frenadas del motor, definiendo rampas de aceleración y desaceleración.
- Es posible trabajar a velocidades superiores a la nominal.

- Si al impulsar líquidos o gases se necesita variar el caudal, es posible dosificar de forma óptima la potencia del motor. Con esto, se pueden lograr importantes ahorros de energía.
- La posibilidad de regular la velocidad, con frecuencia permite mejorar la calidad en el mecanizado de piezas y partes, y con ello la calidad del producto final.
- Frenado controlado. En cambio, con alimentación directa el motor sigue girando y se detiene por rozamiento, el efecto de la carga o sistemas de freno mecánicos.
- Protección del motor y la carga ante eventos o sobrecargas inesperadas. Mayor vida útil y menor mantenimiento.
- Operaciones más suaves.
- Control de la aceleración.
- Permitir operaciones lentas para fines de ajuste o prueba.
- Permitir el posicionamiento de alta precisión.
- Control del par motor (torque).
- Costo del variador de frecuencia
- Presencia de Armónicos

2.5.2. Tipos de variadores de velocidad

Puede decirse que existen tres tipos básicos de variadores de velocidad: mecánicos, hidráulicos y eléctrico-electrónicos.

Variadores mecánicos

- Variadores de paso ajustable
- Variadores de tracción

Variadores hidráulicos

- Variador hidrostático
- Variador hidrodinámico

Variadores eléctricos - electrónicos

Existen cuatro categorías de variadores de velocidad eléctrico-electrónicos:

Variadores para motores de CC: El variador CC tiene dos componentes: El convertidor y el regulador. Una vez que se obtiene la orientación del campo, el torque del motor CC se controla fácilmente variando la corriente de armadura y manteniendo la corriente de magnetización constante.

Variadores de velocidad por corrientes de Eddy: Consta de un motor de velocidad fija y un embrague de corrientes de Eddy, de esta forma, a mayor intensidad de campo magnético, mayor par y velocidad transmitidos, y a menor campo magnético menores serán el par y la velocidad en el rotor de salida. El control de la velocidad de salida de este tipo de variadores generalmente se realiza por medio de lazo cerrado, utilizando como elemento de retroalimentación un tacómetro de CA.

Variadores de deslizamiento: Este tipo de variadores se aplica únicamente para los motores de inducción de rotor devanado. El deslizamiento puede incrementarse al aumentar la resistencia del devanado del rotor, o bien, al reducir el voltaje en el devanado del rotor. De esta forma es que puede conseguirse el control de la velocidad en los motores de inducción de rotor devanado. Sin embargo, este tipo de variadores es de menor eficiencia que otros, razón por la cual en la actualidad tiene muy poca aplicación.

Variadores para motores de CA conocidos como variadores de frecuencia: El variador de frecuencia regula la frecuencia del voltaje aplicado al motor, logrando con ello modificar su velocidad. Sin embargo, se debe tener presente que el cambio de frecuencia debe estar acompañado por un cambio del voltaje aplicado al motor para no saturar el flujo magnético dentro del rotor.

En gran parte de las industrias mucho de los equipos necesitan de un sistema de alimentación trifásico, la idea de este proyecto está centrado en la posibilidad de poder controlar la frecuencia a voluntad del operador y la posibilidad de poder generar un sistema trifásico en caso de que el usuario no disponga de este sistema de alimentación.

Los variadores de frecuencia (VFD) permiten controlar la velocidad tanto de motores de inducción (asíncronos de jaula de ardilla o de rotor devanado), como de los motores síncronos mediante el ajuste de la frecuencia de alimentación al motor.

Para el caso de un motor síncrono, la velocidad se determina mediante la siguiente expresión:

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{P} \quad (2.2)$$

Cuando se trata de motores de inducción, se tiene:

$$N_m = \frac{120 \cdot f \cdot (1-s)}{P} \quad (2.3)$$

Donde:

N_s = velocidad síncrona (rpm)

N_m = velocidad mecánica (rpm)

f = frecuencia de alimentación (Hz)

s = deslizamiento (adimensional)

P = número de polos.

Como puede verse en las ecuaciones (2.1) y (2.3), la frecuencia y la velocidad son directamente proporcionales, de tal manera que al aumentar la frecuencia de alimentación al motor, se incrementará la velocidad, y al reducir el valor de la frecuencia disminuirá la velocidad del eje. Por ello es que este tipo de variadores manipula la frecuencia de alimentación al motor a fin de obtener el control de la velocidad de la máquina.

Estos variadores mantienen la razón Voltaje/Frecuencia (V/Hz) constante entre los valores mínimo y máximos de la frecuencia de operación, con la finalidad de evitar la saturación magnética del núcleo del motor y además porque el hecho de operar el motor a un voltaje constante por encima de una frecuencia dada (reduciendo la relación V/Hz) disminuye el par del motor y la capacidad del mismo para proporcionar potencia constante de salida.



Figura 2.11: Variador de velocidad electrónico

2.5.3. Funciones de los variadores de velocidad electrónicos

- Aceleración controlada
- Variación de velocidad
- Regulación de velocidad

- Desaceleración controlada
- Inversión del sentido de marcha
- Frenado
- Protección integrada

2.5.4. Composición de los variadores de velocidad electrónicos [2]

El principio básico de funcionamiento es transformar la energía eléctrica de frecuencia industrial en energía eléctrica de frecuencia variable.

Esta variación de frecuencia se consigue mediante tres etapas en serie. Una etapa rectificadora que transforma la corriente alterna en continua, una segunda etapa con toda la potencia llamado circuito intermedio y otra inversora que transforma la corriente continua en alterna, con una frecuencia y una tensión regulables, que dependerán de los valores señalados. A ésta segunda etapa también se le suele llamar ondulator. Todo el conjunto del convertidor de frecuencia recibe el nombre de inversor.

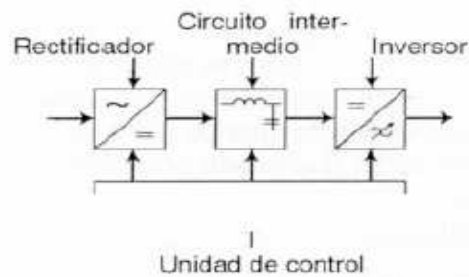


Figura 2.12: Composición de un variador de velocidad electrónico

El modo de trabajo puede ser manual o automático, según las necesidades del proceso, dada la enorme flexibilidad que ofrecen los reguladores de velocidad, permitiendo hallar soluciones para obtener puntos de trabajo óptimos en todo tipo de procesos, pudiendo ser manejados por ordenador, PLC, señales digitales o de forma manual.

La mayoría de las marcas incluyen dentro del propio convertidor protecciones para el motor, tales como protecciones contra sobre intensidad, sobretensión, fallo contra desequilibrios, defectos a tierra, etc., además de ofrecer procesos de arranque y frenados suaves mediante rampas de aceleración y de frenado, lo que redundará en un aumento de la vida del motor y las instalaciones.

Como debe saberse, el uso de convertidores de frecuencia añade un enorme potencial para el ahorro de energía disminuyendo la velocidad del motor en muchas aplicaciones. Además aportan los siguientes beneficios:

- Mejora el proceso de control y por lo tanto la calidad del producto.
- Se puede programar un arranque suave, parada y freno (funciones de arrancador progresivo).
- Amplio rango de velocidad, par y potencia. (velocidades continuas y discretas).
- Puede controlar varios motores.
- Capacidad de by-pass ante fallos del variador.
- Protección integrada del motor.

Con respecto a la velocidad los convertidores suelen permitir dos tipos de control:

Control manual de velocidad. La velocidad puede ser establecida o modificada manualmente (display de operador). Posibilidad de variación en el sentido de giro.

Control automático de velocidad. Utilizando realimentación se puede ajustar la velocidad automáticamente. Esta solución es la ideal para su instalación en aplicaciones en las que la velocidad demandada varía de forma continua.

2.5.4.1. Rectificadores para convertidores de frecuencia

Rectificadores no controlados de tensión fija

El fenómeno de la rectificación se da porque los diodos van conmutando cíclicamente al circuito de CD sobre las fases de CA. Es la tensión de esta red la que va forzando el paso a conducción o bloqueo de los diodos, a esta conmutación se le llama forzada. Si sólo se rectifican las semiondas positivas de la tensión alterna tenemos un montaje de media onda y si se rectifican ambas semiondas, tenemos un montaje de onda completa.

Rectificadores controlados de tensión variable

El principio es similar al anterior, cambiando los diodos por semiconductores controlables, que normalmente son tiristores, así lograremos que la tensión de salida sea variable y con prestaciones más interesantes debido a esta circunstancia.

2.5.4.2. Circuito intermedio

La etapa central es el denominado circuito intermedio de continua y que puede funcionar como fuente de tensión o intensidad para la etapa final del ondulator, según la disposición que se adopte. A veces al ondulator se le llama inversor, aunque es más correcto llamar inversor a todo el conjunto (rectificador, circuito intermedio y ondulator).

La función del circuito intermedio es alimentar la tercera etapa, es decir al ondulator, y esto puede hacerlo funcionando como fuente de tensión, en cuyo caso se colocaría un condensador electrostático entre los terminales (+) y (-) para mantener constante la tensión y daría lugar a un inversor con circuito intermedio de tensión.

2.5.4.3. Ondulator

El ondulator es un conmutador electrónico que comunica alternativamente la tensión o intensidad continua del circuito intermedio sobre las fases del motor de CA conectado a sus salidas. La disposición más común es el puente trifásico y está formado por semiconductores controlables que pueden ser tiristores, tiristores desconectables por puerta (GTO), transistores de potencia, IGBT (transistor bipolar de puerta aislada o MOSFET transistor de efecto campo de óxido metálico). De los anteriores el que más se está utilizando para motores industriales de BT es el IGBT.

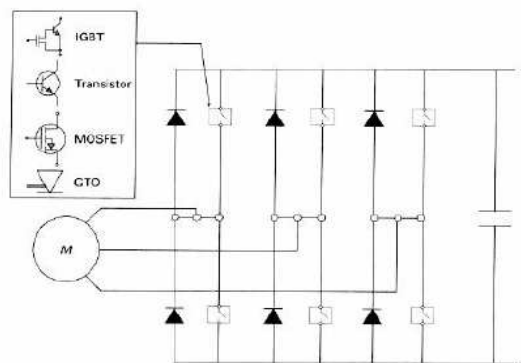


Figura 2.13: Circuito ondulator

En función de la mayor o menor perfección del sistema de conmutación lograremos que las ondas de tensión a la salida hagan que las corrientes absorbidas se acerquen más o menos al sistema trifásico senoidal.

Hay distintas formas de regular la tensión de salida del inversor como son:

- Variar el valor de la tensión en el circuito intermedio.

- Variar el ancho de la zona de conducción de cada semionda de salida.
- Variar la tensión de salida en función de la proporción entre los tiempos de conexión y desconexión de los semiconductores de potencia mediante la técnica de regulación PWM. Además de regular la salida, este método tiene la ventaja de generar una onda de tensión de salida que mejora notablemente la onda de intensidad absorbida por el motor, lo cual hace que el motor funcione de forma semejante a si estuviera alimentado por tensiones senoidales de la red.

2.6. Variador de velocidad SINAMICS G110



Figura 2.14: Variador de velocidad SINAMICS G110

Los convertidores SINAMICS G110 son convertidores de frecuencia para regular la velocidad en motores trifásicos. Los diferentes modelos que se suministran cubren un margen de potencia de 120 W a 3,0 KW en redes monofásicas.

Los convertidores están controlados por microprocesador y utilizan tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de última generación. Esto los hace fiables y versátiles. Un método especial de modulación por ancho de impulsos con frecuencia de pulsación seleccionable permite un funcionamiento silencioso del motor.

Extensas funciones de seguridad ofrecen una protección excelente tanto del convertidor como del motor.

Los valores de parámetros para el SINAMICS G110 se pueden modificar con el panel BOP (Basic Operator Panel) o bien mediante la interface USS.

Entre las ventajas podemos mencionar las siguientes:

- Adaptación óptima de las velocidades gracias al ajuste continuo de la velocidad.

- Ahorro energético, en bombas y ventiladores en la zona de carga parcial.
- Descarga de la red, pues no hay corrientes de arranque como en los accionamientos de velocidad fija.
- Mejora de la calidad, ya que los variadores de frecuencia compensan los golpes fuertes y las cargas de pico.
- Ejecución tanto para baja tensión como para media tensión.
- Funcionalidad homogénea gracias a la plataforma común de hardware y software.

2.6.1. Características del variador de velocidad SINAMICS G110

Características principales

- Fácil instalación
- Puesta en marcha sencilla
 - Puesta en servicio rápida
 - Función "reposición a valores de fábrica" (reajusta los parámetros a sus valores por defecto)
- 1 entrada digital con separación galvánica
- 3 entradas digitales sin separación galvánica
- 1 entrada analógica AIN: 0 – 10 V (solo en la variante analógica)
- Altas frecuencias de pulsación para funcionamiento silencioso del motor
- La información de estado y alarmas se visualizan en el panel BOP (obtenible como opción)
- BOP opcional con funcionalidad de copia de parámetros para juegos de parámetros
- Interface interna RS485 (solo en la variante USS)

Características de protección

- Protección sobretensión/subtensión
- Protección de sobretemperatura para el convertidor
- Protección de defecto a tierra
- Protección de cortocircuito
- Protección contra la pérdida de estabilidad (vuelco) del motor.

2.6.2. Funciones del variador de velocidad SINAMICS G110

- Tiempo de respuesta a señales de mando rápido

- Frenado combinado
- Freno por inyección de corriente continua integrado
- Frecuencias fijas
- Función de potenciómetro motorizado
- Tiempos de aceleración y deceleración ajustables con redondeo parametrizable
- Rearranque automático después de cortes de red

2.6.3. Aplicaciones del variador de velocidad SINAMICS G110

El variador de velocidad SINAMICS G110 especialmente idóneo para aplicaciones con bombas y ventiladores, como accionamiento en diferentes sectores tales como alimentación, textil o de embalajes, así como en aplicaciones de mantenimiento, accionamientos de puertas de fábricas y garajes, y como accionamiento universal para paneles publicitarios móviles.

2.6.4. Panel BOP

El BOP permite al usuario acceder directamente a los parámetros del SINAMICS G110. Cuando el ajuste de fábrica del convertidor no es adecuado a la aplicación, se puede modificar el ajuste y adaptar el convertidor a la aplicación requerida utilizando el BOP.



Figura 2.15: Panel BOP SINAMICS G110

Con el BOP se pueden ejecutar las siguientes funciones:

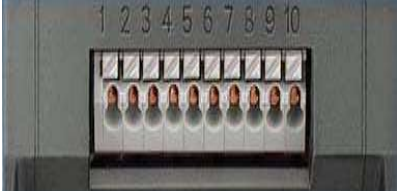
- Modificación de valores de parámetros
- Visualización de parámetros especiales
- Transmisión de juegos de parámetros de un SINAMICS G110 a otro. Esta función es de gran utilidad cuando se tiene que parametrizar una gran cantidad de convertidores en la variante USS.

Con el BOP se pueden ajustar varios convertidores. Una vez se finalizan los ajustes de uno, se quita el BOP de un convertidor y se puede poner en otro. El BOP posee una visualización de cinco cifras, con la que se puede leer y modificar valores de parámetros.

2.6.5. Bornes de entradas y salidas

Tabla 2.2: Bornes de entradas y salidas

| Borne | Significado | Funciones | |
|----------|-------------|------------------------|------------|
| 1 | DOUT - | Salida digital | |
| 2 | DOUT + | Salida digital | |
| 3 | DIN0 | Entrada digital | |
| 4 | DIN1 | Entrada digital | |
| 5 | DIN2 | Entrada digital | |
| 6 | - | Salida +24V / máx.50mA | |
| 7 | - | Salida 0V | |
| Variante | | Analógica | USS |
| 8 | - | Salida +10V | RS485 P+ |
| 9 | CAD1 | Entrada analógica | RS485 N- |
| 10 | - | Salida 0V | |



Modificación de parámetros, ejemplo p0003 "nivel de Acceso"










Tabla 2.3: Modificación de parámetros

| Paso | | Resultado en pantalla |
|------|--|-----------------------|
| 1 | Pulsar P para Acceder a parámetros | r0000 |
| 2 | Pulsar ▲ hasta que se visualice P0003 | P0003 |
| 3 | Pulsar P para Acceder al nivel de valor del parámetro | 1 |
| 4 | Pulsar ▲ o ▼ hasta el valor requerido | 3 |
| 5 | Pulsar P para confirmar y guardar el valor | P0003 |
| 6 | El nivel de Acceso 3 está ajustado. Se pueden seleccionar todos los parámetros de los niveles 1 a 3. | |

Botones y sus funciones en los paneles

En la tabla 2.4 se explica brevemente las funciones del panel BOP.

Tabla 2.4: Funciones del panel BOP

| PANEL/ BOTÓN | FUNCIÓN | EFFECTOS |
|---|----------------------|---|
|  | Indicación de estado | La pantalla de cristal líquido muestra los ajustes actuales del convertidor. |
|  | Marcha | Al pulsar este botón se arranca el convertidor. |
|  | Parada | OFF1 Pulsando este botón se para el motor siguiendo la rampa de desaceleración seleccionada. OFF2 Pulsando el botón dos veces (o una vez prolongada) el motor separa de forma natural (inercia hasta parada). |
|  | Invertir sentido | Pulsar este botón para cambiar el sentido de giro del motor. |
|  | Jog motor | Pulsando este botón en estado "listo" el motor arranca y gira a la frecuencia Jog preseleccionada. Pulsando este botón mientras el convertidor no tiene salida hace que el motor arranque y gire a la frecuencia Jog preseleccionada. El motor se detiene cuando se suelta el botón. Pulsar este botón cuando el motor está funcionando carece de efecto. |
|  | Función | Este botón sirve para visualizar información adicional. Funciona pulsándolo y manteniéndolo apretado. Función de salto Pulsando brevemente el botón Fn es posible saltar desde cualquier parámetro (rxxxx o Pxxxx) a r0000, lo que permite, si se desea, modificar otro parámetro. Causar Cuando aparecen mensajes de alarma y error, se pueden Causar, pulsando el botón Fn. |
|  | Acceder a parámetros | Pulsando este botón es posible acceder a los parámetros. |
|  | Subir valor | Pulsando este botón se sube el valor visualizado. |
|  | Bajar valor | Pulsando este botón se baja el valor visualizado. |

2.7. Controladores lógicos programables



Figura 2.16: Familia de controladores lógicos programables

Los controladores son sistemas industriales de control automático que trabajan bajo una secuencia almacenada en memoria, de instrucciones lógicas. Es un sistema porque contiene todo lo necesario para operar e industrial por tener todos los registros necesarios para operar en los ambientes hostiles encontrados en la industria.

2.7.1. Características

Se distinguen de otros controladores automáticos en que puede ser programado para controlar cualquier tipo de máquina, a diferencia de otros muchos que, solamente pueden controlar un tipo específico de aparato.

Los PLC o autómatas programables, son dispositivos electrónicos creados específicamente para el control de procesos secuenciales, con el fin de lograr que una máquina o cualquier otro dispositivo funcionen de forma automática.

Poseen un gran número de funciones internas que ayudan a identificar problemas, es el propio autómatas el que, a través de su propia estructura y software interno, nos informa de su estado, lo que evita pérdidas de tiempo en búsquedas infructuosas o muy costosas (fallos de interruptores, pilas agotadas, etc.)

Con el empleo de los PLC ó autómatas y software se puede realizar un control total sobre la instalación, desde la etapa inicial hasta el destino, pasando por cada uno de los subprocesos intermedios de la producción.

El PLC es realmente el cerebro que gestiona y controla automáticamente nuestras instalaciones. Dependiendo del tamaño de la planta y de la complejidad de la automatización,

el número de autómatas puede variar desde uno hasta un número importante de autómatas enlazados.

2.7.2. Ventajas

Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:

- La lista de materiales a emplear queda sensiblemente reducida.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos (sin costo añadido en otros componentes).
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra de la instalación.
- Mantenimiento económico.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento del proceso, al quedar reducido el tiempo de cableado.
- Si la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil en otras máquinas o sistemas de producción.

2.7.3. Desventajas

- Adiestramiento de técnicos en programación de dichos dispositivos.
- La inversión inicial.

2.7.4. Estructura y componentes básicos

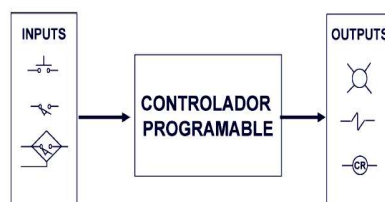


Figura 2.17: Diagrama de bloques de los elementos básicos de un PLC

Para poder interpretar la estructura de un PLC utilizaremos un sencillo diagrama en bloques. En la figura (2.17) se muestran las tres partes fundamentales: la unidad central de procesamiento (CPU), memoria y circuitos de entradas y salidas. La CPU controla y procesa todas las operaciones dentro del PLC.

Los PLC se componen básicamente de estas secciones:

- Sección de Entrada.
- Sección de Salida.
- Sección Lógica de Control (CPU).
 - Procesador
 - Memoria.

2.7.4.1. Entradas y salidas

Las entradas y salidas son los elementos del PLC que lo vinculan al campo. En el caso de las entradas, adaptan las señales de sensores para que el CPU las reconozca. En el caso de las salidas, activan un circuito de conexión (transistor, o relé) ante una orden del CPU.

La clasificación de las entradas y salidas son las siguientes:

Discretas: También llamadas digitales, lógicas, binarias u on/off, pueden tomar solo dos estados. La denominación digital es más común que la de discreta, aún cuando es incorrecta, ya que todas las funciones de un PLC, incluidas las E/S son digitales.

Analógicas: Pueden tomar una cantidad de valores intermedios dentro de un cierto límite, dependiendo de su resolución. Por ejemplo 0 a 10 Vcc, 4 a 20 mA CA, etc.

Especiales: Son variantes de las analógicas, como las entradas de pulsos de alta velocidad, termocuplas, RTDs, etc.

Inteligentes: Son módulos con procesador propio y un alto grado de flexibilidad para su programación. Durante su operación intercambian datos con la CPU.

2.7.4.2. Sección lógica de control CPU

La unidad central de proceso (CPU) incluye: el procesador y el sistema de memoria, es en realidad el “cerebro” del controlador programable. Aquí son tomadas todas las decisiones para controlar una máquina o proceso.

El procesador

La función principal del procesador es el control y gobierno de las actividades del PLC. El procesador realiza esta función por interpretación y ejecución del programa del

sistema. En operación el procesador examina continuamente el estado de todos los circuitos de entrada/salida y del programa contenido en la memoria; actualizando el nuevo estado de las salidas.

El proceso evalúa el programa en forma secuencial, paso por paso, ordena y repite la evaluación cíclicamente. El tiempo en que el procesador completa un ciclo de operación es llamado tiempo de exploración, "*Scan Time*", durante un "*Scan*", todas las entradas son leídas, la lógica es resuelta y las salidas son generadas. Basado en cada inspección, el procesador puede iniciar una o más acciones de control, dependiendo de las condiciones de las entradas y salidas.

Las inspecciones tienen por objeto establecer si las entradas y salidas han actuado. Estas acciones establecen un lazo de control entre las señales de entrada tales como: interruptores, finales de carrera, pulsadores, sensores, y las salidas como: relés y transistores. La exploración de entradas y salidas implica la lectura de todas las entradas y la actualización de todas las salidas. La exploración del programa en memoria implica la ejecución, paso a paso, de todas las instrucciones dadas en el programa del usuario y en el orden en que éstas han sido ingresadas.

Memoria

El sistema de memoria de un controlador lógico programable es básicamente un arreglo de bits accesibles aleatoriamente, cada uno de los cuales es identificado por una única dirección. El módulo de memoria contiene el programa del usuario y la tabla de datos de cada una de las instrucciones ingresadas en dicho programa. Cada palabra de memoria usada por el programa de control debe contener la dirección y el código de operación. La cantidad de memoria requerida para una aplicación es una función de la longitud del programa y del número de entradas y salidas involucradas. En forma aproximada, la cantidad de memoria requerida, se obtiene multiplicando el número de instrucciones por el número de palabras utilizadas por cada instrucción.

2.8. PLC SIMATIC S7-200 / CPU 224XP

El SIMATIC S7-200 es un micro-PLC al máximo nivel: es compacto y potente particularmente en lo que concierne a respuesta en tiempo real, rápido, ofrece una conectividad extraordinaria y todo tipo de facilidades en el manejo del software y del hardware, además, pueden ampliarse en cualquier momento.

El PLC le simplifica al máximo el trabajo porque puede programarse de forma muy fácil, igualmente, las librerías complementarias para el software permiten realizar las tareas en forma ágil, simple y rápida.

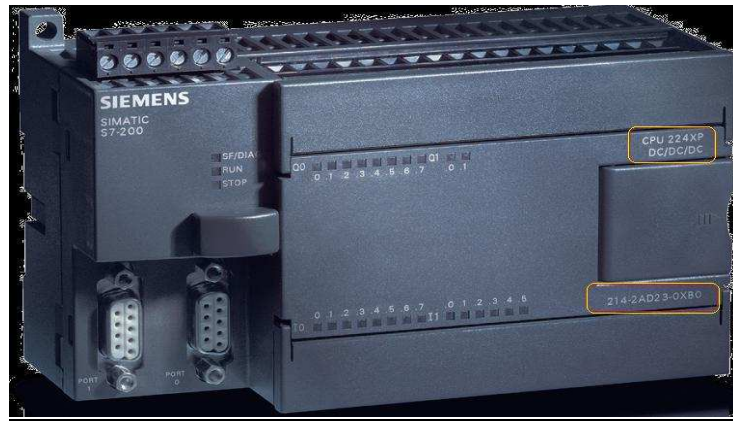


Figura 2.18: PLC SIMATIC S7-200 / CPU 224XP

2.8.1. Datos técnicos y parámetros de funcionamiento del PLC SIMATIC S7-200

El SIMATIC S7-200 es un micro-PLC al máximo nivel: es compacto y potente particularmente en lo que atañe a respuesta en tiempo real, rápido, ofrece una conectividad extraordinaria y todo tipo de facilidades en el manejo del software y del hardware, además, pueden ampliarse en cualquier momento. El SIMATIC S7-200 está orientado a maximizar la rentabilidad. En efecto, toda la gama ofrece:

- Alto nivel de prestaciones.
- Modularidad óptima y
- Alta conectividad.

El PLC le simplifica al máximo el trabajo porque puede programarse de forma muy fácil, igualmente, las librerías complementarias para el software permiten realizar las tareas en forma ágil, simple y rápida.

Comunicación abierta

- Puerto estándar RS-485 con velocidad de transferencia de datos comprendida entre 1,2 y 187,5 kbits/s.
- Protocolo PPI en calidad de bus del sistema para interconexión sin problemas.
- Modo libremente programable con protocolos personalizados para comunicación con cualquier equipo.

- Rápido en la comunicación por PROFIBUS vía módulo dedicado, operando como esclavo.
- Potente en la comunicación por bus AS-Interface, operando como maestro.
- Accesibilidad desde cualquier punto gracias a comunicación por módem (para tele mantenimiento, tele servicio o telecontrol).
- Conexión a Industrial Ethernet vía módulo dedicado.
- Con conexión a Internet mediante módulo correspondiente.

Altas prestaciones

- Pequeño y compacto, ideal para aplicaciones donde se cuenta con reducido espacio.
- Extensa funcionalidad básica uniforme en todos los tipos de CPU.
- Alta capacidad de memoria.
- Extraordinaria respuesta en tiempo real; la posibilidad de dominar en cualquier instante todo el proceso permite aumentar la calidad, la eficiencia y la seguridad.
- Manejo simplificado gracias a software de fácil uso STEP 7-Micro/WIN, ideal tanto para novatos como para expertos.

Modularidad óptima

La gama del sistema:

- 5 CPU escalonadas en prestaciones con extensa funcionalidad básica y puerto Freeport integrado para comunicaciones.
- Amplia gama de módulos de ampliación para diferentes funciones:
- Manejo y visualización.
- Software STEP 7-Micro/WIN con librería Add-on Micro/WIN.
- Una gama de sistema que convence, para un dimensionamiento exactamente adaptado a la aplicación y resuelto de forma óptima.

Características destacadas:

- Tarjeta de memoria para Data Logging, administración de recetas, almacenamiento de proyecto Micro/ WIN, archivo de la documentación en formatos diversos.
- Función PID Auto Tune.

- 2 puertos integrados amplían las posibilidades de comunicación, por ejemplo con equipos externos
- (CPU 224 XP, CPU 226).
- CPU 224 XP con entradas y salidas analógicas integradas.

2.9. Pantalla SIMATIC OP 177B PN/DP

El OP 177B se caracteriza por una propiedad adicional. Este panel se puede manejar no sólo con el teclado de membrana, sino también con la pantalla táctil estándar. Es posible configurar que las teclas de función conmuten a teclas del sistema específicas.

Los paneles de operador TP 177A, TP 177B y OP 177B se caracterizan por su breve tiempo de puesta en marcha, el gran tamaño de su memoria de trabajo y su elevado rendimiento, habiéndose optimizado para proyectos basados en WinCC flexible. En las siguientes graficas se muestra la estructura del panel de operador OP 177B PN/DP, en todas las vistas.

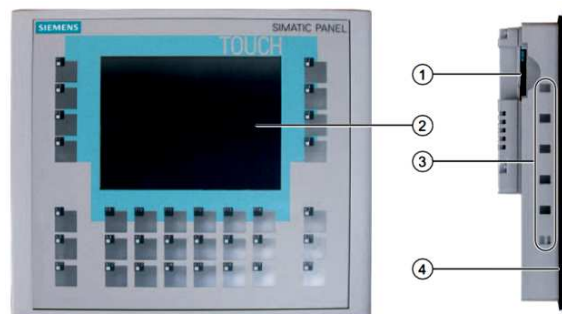


Figura 2.19: Pantalla SIMATIC OP 177B PN/DP

2.9.1. Datos técnicos de la pantalla SIMATIC OP 177B

Tabla 2.5: Características de la pantalla OP 177B

| | |
|-----------------------------------|---|
| Tipo | LCD-STN |
| Área activa del display | 115,18 mm x 86,38 mm (5,7") |
| Resolución | 320 x 240 puntos de imagen |
| Colores representables | 256 colores en el OP 177B PN/DP 4 colores (blue mode) en el OP 177B DP |
| Regulación de contraste | Sí. |
| Retro iluminación | CCFL |
| Half Brightness Life Time, típica | 50 000 h |
| Unidad de entrada tipo | Pantalla táctil analógica resistiva Teclado de membrana |
| Memoria de ampliación | 2 Mbytes |

- **Tensión de alimentación**

Tabla 2.6: Tensión de alimentación del OP 177B

| | |
|--|----------------------------------|
| Tensión nominal | +24 Vc.c. |
| Rango admisible | 20, 4 V a 28, 8 V (-15 %, +20 %) |
| Transitorios, máximo admisible | 35 V (500 ms) |
| Tiempo entre dos transitorios, mínimo | 50 s |
| Consumo de corriente | |
| • Típico | • aprox. 300 mA |
| • Corriente continua máx. | • aprox. 500 mA |
| • Impulso de corriente de conexión I _{2t} | • aprox. 0,5 A2s |
| Fusible interno | Electrónico |

2.9.2. Parámetros de funcionamiento de la pantalla SIMATIC OP 177B

Este panel basado en Windows CE presenta diferentes variantes de manejo y es muy versátil. Gracias a puntos destacables como la innovadora herramienta de configuración SIMATIC WinCC flexible y la interfaz PROFINET, se puede destacar lo siguiente.

- Disponible con 256 colores o 4 tonos de azul.
- Selección entre sistema táctil y teclas.
- Teclas de función a las que se pueden asignar funciones de teclas de sistema y configurables como teclas directas.
- Procesador RISC, 2 MB de memoria de usuario y memoria de recetas integrada adicionalmente.
- Interfaz PROFIBUS integrada en placa, variantes de color equipados, además, con interfaz PROFINET IO.
- Interfaz para tarjeta MMCARD estándar para guardar datos de recetas, configuraciones y datos de sistema.
- Interfaz USB, p. ej., para conectar una impresora.

CAPÍTULO III

3. ENSAMBLE DEL MÓDULO DE LABORATORIO CON VARIADOR DE VELOCIDAD.

El módulo didáctico contiene los componentes básicos y necesarios para el aprendizaje, manejo, adiestramiento y desarrollo de proyectos de automatización de procesos industriales donde nos encontramos sistemas de bombeo y control de velocidad con la utilización de Controladores Lógicos Programables (PLC) y Variadores de Velocidad, permitiendo una mejor comprensión y visualización de los conocimientos impartidos en el laboratorio.

3.1. Selección de elementos y equipos para el módulo de laboratorio con variador de velocidad.

3.1.1. Bomba centrífuga

Esta bomba se seleccionó para que nos proporcione agua limpia desde un tanque T1 hacia un tanque T3, esta bomba realiza una succión negativa desde el tanque T1 para la descarga en T3, esta bomba pertenece a un sistema de bombeo que existía en la escuela de un proyecto realizado en semestres anteriores, este sistema de bombeo está compuesto por la bomba centrífuga de ½ hp de potencia, con un tanque pulmón de presión, una válvula de pie, una válvula de compuerta, un manómetro.

La succión negativa que realiza este sistema mencionado anteriormente lo hace desde el tanque T1 hacia el tanque T3 mediante varios accesorios como son:

- Una válvula de pie cuya función es no permitir que el agua regrese al tanque de succión y así mantener cebado el sistema y la bomba pueda succionar sin ningún problema.
- La tubería de succión y accesorios son de PVC, de 1 pulgada de diámetro, una T, un tapón, todo esto acoplado con un neplo para conectar con la válvula de compuerta y finalmente con una universal que se conecta con la succión de la bomba.
- Una válvula de compuerta que nos permite controlar el paso del fluido que la bomba va a succionar, por otra parte también nos permite detener el paso del fluido para realizar el mantenimiento del tanque T1, de la tubería, de la válvula de pie y del sistema en general.

- El tanque pulmón que está conectado con la bomba centrífuga para tener una mayor presión del sistema en el caso en el que se tenga que trasladar el fluido a diferentes alturas o distancias y mantener la presión en el fluido.

La descarga que realiza este sistema de bombeo desde el tanque T1 hacia el tanque T3 lo realiza mediante varios accesorios como son:

- Una reducción de PVC, 1 pulgada a ½ pulgada de diámetro, conectada a un codo PVC de ½ pulgada, de esta forma va la tubería hasta la descarga en el T3 donde se conecta con otro codo para finalmente con un bushing llegue al T3.



Figura 3.1: Bomba centrífuga B1

3.1.2. Bomba dosificadora

En el capítulo anterior se revisó este tipo de bomba, como vimos esta bomba es de tipo peristáltica, tiene un funcionamiento bastante particular ya que las aplicaciones en las que se selecciona este tipo de bomba son específicas en las cuales el caudal que entrega esta bomba es limitado y controlado.

Se seleccionó este tipo de bomba ya que para controlar una cantidad específica es ideal y en nuestra aplicación para un sistema de dosificación es necesario tener este tipo de control.

Al momento de seleccionar esta bomba se tomó en cuenta varios aspectos como:

- El tipo de motor que va a controlar la bomba que en este caso debe ser trifásico a una alimentación 220V, con una potencia de ½ hp para que el dimensionamiento sea equilibrado comparado con la bomba B1.

- Las características de la caja reductora que está acoplada al motor y la bomba dosificadora, que el nivel de aceite sea el adecuado, la temperatura de operación se encuentre en los parámetros normales.
- La manguera especial que realiza la función de succión y descarga de la bomba, esta manguera se tuvo que seleccionar de material látex de 1m de longitud ya que es el tipo de manguera que más se asemeja a la original de la bomba.

Hay que tomar en cuenta un detalle muy importante como es el tipo de motor que controla esta bomba, debe ser trifásico ya que para nuestra aplicación el control de la misma se lo realizará mediante un variador de velocidad, el mismo que es alimentado con una tensión de 220V.



Figura 3.2: Bomba dosificadora peristáltica

Para nuestra aplicación la succión positiva que realiza la bomba dosificadora la efectúa desde un tanque T2 en el que va a estar depositado el líquido el cual va a ser dosificado por la misma, posteriormente la descarga de ésta va hacia el tanque T3.

La tabla de datos y características de la bomba B1 se encuentran en el anexo 7.

3.1.3. Tanques



Figura 3.3: Tanque T1

Los tanques se seleccionaron de acuerdo al trabajo el sistema; primeramente tenemos un tanque T1, éste tiene las siguientes dimensiones 53cm de largo x 39cm de alto x 43cm de ancho, en donde se depositará agua limpia, se seleccionó este tipo de tanque para poder observar todo el proceso desde un inicio como se traslada el fluido para la dosificación.

Tenemos un tanque T2 en el cual se depositará el líquido que va a ser dosificado, este tanque es de dimensiones 53.5cm de largo x 18.5cm de alto x 39.5cm de ancho, de plástico transparente, de la misma manera que el T1 se seleccionó este tipo de tanque para observar de una mejor manera todo el proceso de dosificación.

Para la succión positiva de la bomba dosificadora desde el T2, se instalaron varios accesorios como:

- Un conector para tanques de reserva de PVC y rosca de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro, para esto se realizó una perforación en el tanque con un taladro, una broca de $\frac{1}{4}$ pulgada y un sacabocados de 22mm de diámetro.
- Un neplo PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada
- Una válvula de globo de $\frac{1}{2}$ pulgada para poder cerrar el paso del fluido cuando sea necesario para el mismo, también se la ubicó para tareas de mantenimiento del tanque, bomba dosificadora, accesorios.
- Un bushing de bronce de $\frac{1}{2}$ pulgada a $\frac{1}{4}$, que está conectado al neplo y en el otro extremo se encuentra conectada la manguera de látex para la succión de la bomba dosificadora, esta manguera está asegurada con una abrazadera.

Se realizaron pruebas en el tanque llenándolo de agua durante un tiempo para observar que no existan fugas en el contorno del conector y los accesorios instalados.



Figura 3.4: Tanque T2

Por último tenemos un tanque T3, la particularidad de este tanque es que aquí se depositará el fluido de T1 y T2, en éste se controlarán los niveles de dosificación mediante sensores digitales de nivel. El tanque T3 se seleccionó de medidas 22cm de diámetro x 24cm de alto, de plástico transparente de la misma forma que los dos tanques anteriores.

El caudal que proporcionen B1 y la bomba dosificadora hacia el T3 se determinará mediante porcentajes, de esta forma se controlará el caudal. Estos sensores de nivel irán ubicados en el tanque en forma vertical a la medida que esté programado el control de nivel de la mezcla de dosificación.

Para este tanque se seleccionaron varios accesorios para poder vaciar el mismo luego que se realice el proceso de dosificación, entre los accesorios tenemos: un conector de tanques PVC de ½ pulgada, un neplo PVC de ½ pulgada y una llave de globo.



Figura 3.5: Tanque T3

3.1.4. Módulo de control

Para el control del sistema de dosificación se ha tomado en cuenta la utilización de dos módulos de control como son el TB1 y TB2.

3.1.4.1. Módulo de control TB1

El módulo se diseñó de tal manera que nos permita un control específico de la dosificación, por medio de éste arrancar los diferentes equipos que integran el sistema de dosificación.

En primera instancia se planteo realizar todo el montaje del sistema en el módulo de automatización pero, se vio la necesidad de realizar un módulo adicional, por que los

dispositivos a utilizarse debían ser ubicados a la vista de todos de una forma didáctica para observar todos los equipos y elementos que integran el sistema completo.

A continuación se detalla los componentes del módulo de automatización para el control de nuestro sistema de dosificación.

Tabla 3.1: Selección del equipo TB1

| EQUIPO | MODELO |
|------------------------|---------------|
| Variador de frecuencia | SINAMICS G110 |

Dentro de este módulo se tomó en cuenta seguridad de los equipos del sistema, por esto seleccionamos dispositivos de protección y de control que van a arrancar la bomba B1 al momento de realizar las prácticas. El variador se alimenta de una fuente de 220 VCA.

En el módulo, las entradas de los sensores se alimentaron con 24 VCD con la que dispone el módulo de automatización industrial, las borneras que realizan el control del variador se unieron a conectores o jacks, al igual que los sensores digitales.

En la siguiente tabla se indican los dispositivos seleccionados y utilizados en el módulo TB1.

Tabla 3.2: Selección de dispositivos TB1

| CANTIDAD | DISPOSITIVOS |
|-----------------|---|
| 1 | Breaker monofásico(6A), para protección control B1 |
| 1 | Breaker bifásico(10A), para protección del variador de frecuencia |
| 4 | Borneras pequeñas |
| 27 | Conectores o jacks |
| 1 | Relés 110VCA/3A |
| 1 | Contactador 110VCA/3A |

Para la conexión e instalación de los equipos y dispositivos, se requiere de materiales eléctricos y otros materiales necesarios para realizar el montaje de los elementos al módulo. A continuación se detalla la lista de materiales necesarios para ejecutar el trabajo de conexión e instalación.

Tabla 3.3: Selección de materiales

| CANTIDAD | MATERIAL |
|----------|---|
| 1 | Canaleta ranurada , 25x25mm |
| 1 | Riel DIN |
| 20 | Remaches 5/32 |
| 30 | Metros de cable flexible TFF #18 blanco |
| 15 | Metros de cable flexible TFF #12 negro |
| 9 | Cajas marcador letra |
| 10 | Cajas marcador numero |
| 50 | Terminal puntera 16-14 rojo 2mm |
| 50 | Terminal puntera 18-16 amarillo 1,7mm |
| 50 | Terminal U 16-14 azul 4mm |
| 50 | Terminal U 16-14 rojo 4mm |
| 50 | Terminal ojo 22-16 rojo vf 1.25-5 |
| 100 | Amarras plásticas 10mm blancas |
| 100 | Amarras plásticas 25mm negras |
| 1 | Fundas de espiral plástico 8mm |

3.1.4.2. Módulo de automatización

**Figura 3.6:** Módulo de automatización con HMI

La selección de este módulo de automatización se realizó con el propósito de utilizar los equipos que se encuentran específicamente el PLC SIMATIC S7-200, y la pantalla HMI.

Este módulo se realizó como tesis en semestres anteriores, por medio del director de tesis se propuso la alternativa de utilizar éste con el propósito de fusionarlo con alguna

aplicación adicional, para poder controlar un sistema con la utilización del PLC, la pantalla HMI, pulsadores, luces piloto, alimentación, protecciones, etc.

A continuación se detallará las características, y componentes con las que cuenta este módulo de automatización con HMI.

Tabla 3.4: Selección de equipos módulo HMI

| EQUIPO | MODELO |
|-------------------------|--------------------------|
| PLC SIEMENS | SIMATIC S7-200 CPU 224XP |
| PANTALLA TÁCTIL SIEMENS | SIMATIC OP 177B PN/DP |

Para la seguridad de los equipos del módulo didáctico de automatización seleccionamos dispositivos de protección, también los elementos que simulan las salidas del PLC están protegidos por cualquier anomalía que se puede dar al momento de realizar las prácticas. El PLC se alimenta de una fuente de 110 VCA y la pantalla se alimenta de 24 VCD por lo que es necesaria una fuente externa para el funcionamiento de la misma.

En el módulo a las entradas de 24 VCD del PLC se conectan pulsadores normalmente abiertos y cerrados, selectores, borneras, conectores o jacks que simulan señales digitales. A las salidas se puede conectar cualquier voltaje CD o CA porque las salidas del PLC están direccionadas mediante contactos normalmente abiertos de los Relés.

3.2. Diseño de la estructura para el montaje del sistema de dosificación con variador de velocidad

Para continuar con el desarrollo de la tesis, se buscaron opciones prácticas que faciliten la visualización del sistema didáctico de dosificación con su respectivo control, ya que la estructura modular permitirá sostener a los elementos que se utilizarán para dicha aplicación como son los tanques de almacenamiento, bombas, tuberías y accesorios que transporten el fluido.

La estructura se dimensionará considerando los elementos y espacios de trabajo que intervendrán en el proyecto, para ello se analizan las dimensiones generales de los equipos, el sitio designado para los tanques de almacenamiento, el área que será destinada para las bombas y el material que se designarán para la construcción del sistema. Se consideraran aspectos ergonómicos que nos ayudarán a la fácil y adecuada operación y traslado de la estructura con el sistema incorporado.

Posteriormente se procederá al dimensionamiento y ubicación de todos los elementos que constituirán el presente proyecto, entre los equipos y dispositivos que estarán sujetos a ubicación y dimensionamiento se encuentran:

- Estructura
- Tanques de almacenamiento
- Tubería y accesorios para el transporte del fluido
- Bombas
- Módulo de control

3.2.1. Dimensión de la estructura

Las dimensiones de la estructura deben ser determinadas a partir de las medidas de los equipos, accesorios y dispositivos a utilizarse, la distribución física de los mismos teniendo en cuenta la ergonomía y la estética. La estructura se construirá de acuerdo a las siguientes medidas:

Tabla 3.5: Dimensiones de la estructura modular

| Dimensiones | cm |
|--------------------|-----------|
| Alto(A) | 122 |
| Largo(B) | 207 |
| Ancho(C) | 85 |

3.2.2. Construcción de la estructura

La estructura será construida con tubo cuadrado, porque es liviano, resistente e ideal para el ensamble del sistema y de esta manera facilita el traslado ágil y rápido para la realización de las prácticas de laboratorio.

La estructura fue diseñada con los espacios necesarios para que los equipos queden instalados, de una forma visible y bien distribuida. Para empezar con la construcción de la estructura se definió la ubicación del tanque T1, la bomba B1, la bomba dosificadora, el tanque T2 y posteriormente como iría ubicado el tanque T3.

Una vez ya definidos los espacios donde irán los equipos se cortó el tubo para unir la estructura por medio de soldadura eléctrica como se muestra en la figura 3.7.

Como se mencionó esta estructura tiene un diseño ergonómico con el propósito de poder movilizar este módulo a cualquier sitio y de esta manera realizar las prácticas de

laboratorio de una forma didáctica. Vista esta necesidad incorporamos a lo largo de la base de la estructura de una forma bien distribuida cuatro pares de ruedas pequeñas para poder movilizar la estructura metálica.



Figura 3.7: Construcción de la estructura

Como observamos en la figura la estructura ya está construida para luego proceder a lijar y finalmente a pintarla.



Figura 3.8: Estructura terminada

3.2.3. Distribución de espacios para la ubicación de los equipos



Figura 3.9: Distribución de espacios en la estructura

Si observamos la figura 3.9 vamos a tener una perspectiva frontal de la estructura, para de esta forma ir identificando como se encuentran distribuidos los espacios para el montaje de los equipos.

En el espacio de la parte inferior izquierda va ubicado el tanque T1, en la parte inferior del bloque central va ubicada la bomba B1, más arriba en el mismo bloque central irá la bomba dosificadora, en la parte superior del bloque central se ubicará el tanque T2, en la parte inferior derecha de la estructura se ubicará el tanque T3, y finalmente el espacio de la parte frontal inferior está destinado para el módulo de automatización con HMI. Un dato particular, el módulo de control TB1 irá ubicado en la estructura con pernos en el espacio frontal sobre el módulo de automatización con HMI.

3.3. Diseño y construcción del módulo de control TB1

3.3.1. Consideraciones principales para el diseño y construcción del módulo

En la elaboración del módulo de control TB1, se deben tomar en cuenta aspectos muy importantes que faciliten el manejo y aprendizaje de los estudiantes, para que al realizar las prácticas de laboratorio desarrollen las mismas de una forma didáctica, para esto se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- El material del que se va a elaborar el módulo de control.
- Los elementos y dispositivos que se van a instalar en el módulo de control.

- La distribución física de los elementos y dispositivos en el módulo de control.
- Las dimensiones del módulo de control.
- Montaje de los elementos y dispositivos en el módulo de control.
- Las conexiones eléctricas.
- Codificación de los elementos y dispositivos en el módulo de control.

3.3.2. Material del módulo de control

Tomando en cuenta que el módulo de control va a estar sujetado a la estructura metálica en la parte frontal superior, se decidió usar acrílico, ya que resulta ser un material en el cual se puede trabajar de una forma más sencilla, de aspecto agradable y se acopla perfectamente a la idea que queremos reflejar.

Por seguridad y para obtener mayor resistencia en la parte posterior de la placa de acrílico se remachan tubos de aluminio que servirán de apoyo para los elementos y dispositivos de control, y que a su vez éstos estarán unidos a una placa de tol para sujetar el módulo con la estructura metálica.

3.3.3. Equipos a instalar en el módulo de control

Una vez analizados los elementos y dispositivos que van a estar instalados en el módulo de control, se los deben ubicar y dimensionar en forma ordenada, y que resulte fácil al momento de realizar las prácticas de laboratorio.

Los elementos y dispositivos son:

- Breaker
- Contactor y relé térmico
- Variador de velocidad
- Entradas y salidas del módulo

3.3.4. Distribución física de los elementos y dispositivos en el módulo de control

Para llevar un orden y por regla se distribuirán los elementos y dispositivos de la siguiente manera:

Para los dispositivos de protección y control se consideró una ubicación que mencionaremos posteriormente, siempre buscando la ergonomía y seguridad para los estudiantes en el momento que realicen prácticas de laboratorio.

Para el caso del variador de velocidad en nuestro sistema se consideró que es el principal elemento dentro del proyecto, es por esto que debe estar ubicado en un lugar visible para que las personas que van a manipular y operar el módulo didáctico lo puedan identificar.

En la parte inferior se decidió ubicar los jacks o conectores de entradas y salidas del módulo, estos conectores van a representar las señales de los sensores digitales de nivel, control de la bomba B1, la alimentación general y el control del variador de velocidad.

- A lado izquierdo superior los dispositivos de protección, junto con el los dispositivos de control.
- A lado derecho superior el variador de velocidad.
- En la parte inferior las entradas y salidas del módulo.

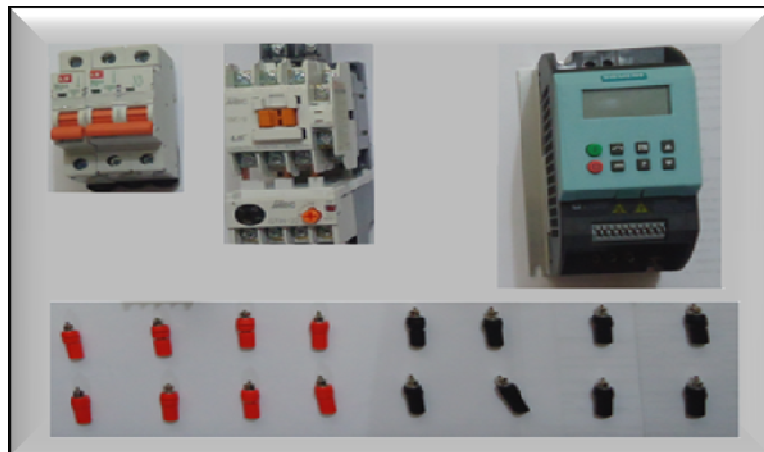


Figura 3.10: Distribución física de los dispositivos y elementos

3.3.5. Dimensión del módulo de control

Las dimensiones del módulo deben ser determinadas a partir de las medidas de los equipos y dispositivos a utilizarse y la distribución física de los mismos teniendo en cuenta la ergonomía y la estética.

El módulo se construirá de acuerdo a las siguientes medidas:

Tabla 3.6: Dimensiones módulo

| Dimensiones | mm |
|-------------|-----|
| Alto(A) | 400 |
| Ancho(B) | 500 |

3.3.6. Construcción de la estructura modular

A continuación se detallan las operaciones y Actividades a realizarse:

Cortar la plancha de Acrílico. Esta operación consiste en realizar el corte a la plancha de Acrílico mediante una cortador de Acrílico, según las medidas especificadas en la tabla 3.8.

Cortar los tubos de aluminio. Para esta operación se usará un arco de sierra, se cortarán seis pedazos de un tubo de aluminio. Como estos servirán de apoyo a la placa de acrílico sobre la cual estarán los dispositivos, se cortarán según la necesidad requerida.

Cortar la plancha de tol. Para cortar la plancha de tol se tomarán las mismas medidas de la plancha de acrílico, se utilizará una cortadora de tol.

Remachar los elementos. Esta operación consiste en ubicar los pedazos de aluminio como base y remacharlos a la placa de acrílico, de tal manera que queden fijos y seguros para la ubicación de los elementos y dispositivos que estarán ubicados en la placa. También se fijan las canaletas por donde irá el cableado eléctrico.

Perforación. Las perforaciones se realizaron para la ubicación y sujeción de los dispositivos y conectores, también para unir con pernos el módulo de control con la estructura metálica, de esta manera poder montar y desmontar el módulo con facilidad, cuando se requiera cablear, hacer conexiones o cualquier imprevisto que surja.

Finalmente el módulo es construido con las medidas totales y considerando las diferentes áreas, se puede observar en la figura 3.11 que se presenta a continuación.

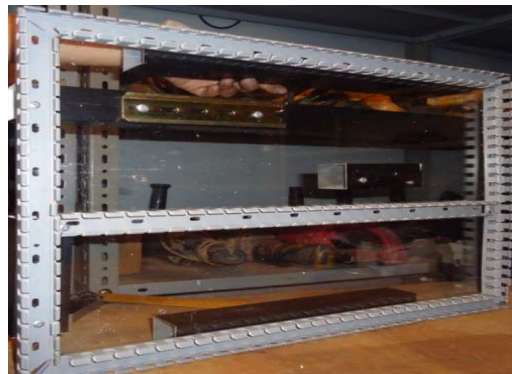


Figura 3.11. Estructura modular

3.3.7. Montaje de los elementos y dispositivos en el módulo de control

Para el montaje de los dispositivos eléctricos en el módulo es importante llevar a cabo un procedimiento para poder ubicarlos.

Los breakers de protección para el circuito de mando y potencia, el contactor y relé térmico como se mencionó se ubicarán en la parte superior derecha del módulo.

El variador de velocidad estará ubicado en la parte superior derecha y los conectores o Jacks se ubicarán en el área destinada para las entradas y salidas del módulo, es decir, en la parte inferior donde se realizarán las diferentes conexiones con los cables bananas.

Procedimiento para ubicar los dispositivos eléctricos en el módulo

Los dispositivos eléctricos como: breakers de protección, contactor, relé térmico, se van a ubicar en una base Raíl DIN que está sujeta en la placa de acrílico y tubo de aluminio mediante remaches, la ubicación de estos dispositivos se puede observar a continuación:

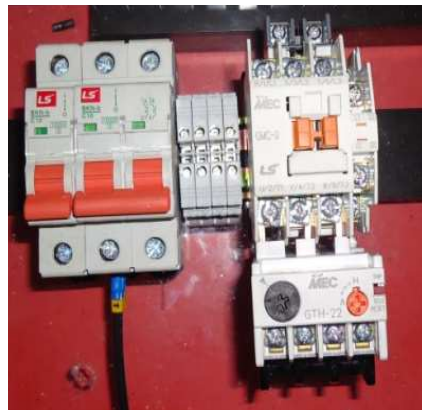


Figura 3.12: Ubicación de los dispositivos de protección y control

Procedimiento para ubicar el variador de velocidad en el módulo

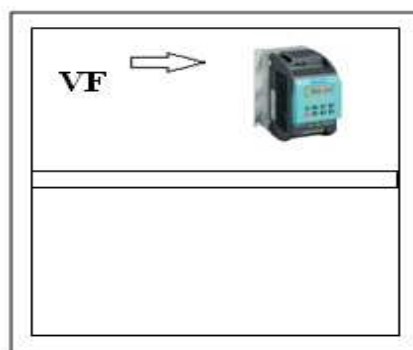


Figura 3.13: Ubicación del variador de velocidad

El variador de velocidad por ser el elemento principal se ubicará en la parte superior del módulo, como ya se mencionó, esto facilitará una visualización clara del funcionamiento del autómatas cuando esté el programa en funcionamiento.

Medidas para el montaje

Tabla 3.7: Medidas para el montaje

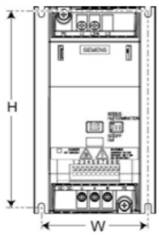
|  | Tamaño Constructivo | Medidas y Perforaciones | | Par de apriete Tornillos. | |
|---|---------------------|-------------------------|------------|---------------------------|----------------|
| | | H mm(inch) | H mm(inch) | Nm(ibf.in) | |
| | A | 140 (5.51) | 79 (3.11) | 2xM4 | 2.5 (22.12) |
| | B | 135 (5.31) | 127 (5.00) | 4xM4 | |
| | C | 140 (5.51) | 170 (6.70) | 4xM5 | 4.0 835.40) |

Tabla 3.8: Pares de apriete para conexiones de potencia

| Tamaño constructivo | Tornillo | Conexiones de potencia y PE | |
|---------------------|----------|-----------------------------|--------|
| | | Nm | Lbf.in |
| A | M3,5 | 0,96 | 8,50 |
| B | M4 | 1,50 | 13,30 |
| C | M5 | 2,25 | 19,91 |

Para la ubicación de los conectores o Jacks, donde se realizarán las diferentes conexiones con los cables bananas se realizan perforaciones en la placa de acrílico con una broca de ¼ de pulgada, donde se alojan los conectores, y por la parte interna del módulo se realiza el ajuste de las tuercas para fijarlos bien en la placa.



Figura 3.14: Ubicación de los conectores o jacks

3.3.8. Conexiones eléctricas

3.3.8.1. Diseño del circuito de mando

Siempre que se desarrolla un proyecto de control y automatización se debe llevar una secuencia lógica de ejecución.

Uno de ellos es la esquematización eléctrica de sus componentes para ello es indispensable que se desarrolle toda la conexión eléctrica de los elementos que van a estar involucrados en el sistema de bombeo.

Para el diseño del circuito de mando se considera que las entradas del PLC se conectarán con señales de entrada, en este caso las señales que vienen de los sensores digitales de nivel ubicados en el tanque T3. Además el circuito de mando recibirá señales que controlaran el arranque, paro y protección de la bomba B1. También recibe una señal que indicará cuando se produzca una falla del dosificador.

Las salidas del PLC estarán conectadas a lámparas que indican cuando el proceso está en paro, operando o tuvo una falla. Estas salidas también estarán conectadas al variador de velocidad y a la bobina de la bomba B1.

El diseño del circuito de mando se muestra en el Anexo 7. A continuación se muestra en la tabla 3.9 los diámetros de conductores recomendados por el fabricante.

Tabla 3.9: Sección de cables para los bornes de control

| | | |
|--------------------------|--------------------|-----|
| Sección del cable mínima | [mm ²] | 1 |
| | [AWG] | 18 |
| Sección del cable máxima | [mm ²] | 1,5 |
| | [AWG] | 16 |

3.3.8.2. Diseño del circuito de potencia

Para el diseño del circuito de potencia se toma en cuenta primeramente que necesitamos una red bifásica que ingresa a la protección colocada con un breaker bifásico, de aquí se alimentara al variador de frecuencia, después se conecta al motor de la bomba de dosificación.

Para la conexión de potencia de la bomba B1 se requiere de una red monofásica, que entrará a una protección que en este caso es un breaker monofásico y de esta forma se

alimentará el resto de dispositivos que controlaran el sistema como es el contactor, y el relé térmico. El diseño del circuito de potencia se muestra el Anexo 8.

Conexión eléctrica y cableado de los elementos y dispositivos

Al momento de realizar las conexiones eléctricas de los diferentes dispositivos y elementos que se encuentran en el módulo de control, se va a realizar el cableado por medio de canaletas ubicadas sobre la placa de acrílico, para que de esta manera los conductores eléctricos estén ordenados y con un aspecto agradable.

Para la alimentación de nuestro módulo se utilizará la alimentación del módulo didáctico de automatización industrial con HMI en la red monofásica y, para la alimentación trifásica se obtendrá la alimentación que proporciona el laboratorio, donde se usarán para las conexiones los cables bananas. Para la protección de los dispositivos se realizará la respectiva conexión a tierra.

Para realizar el cableado y las conexiones de los dispositivos en el circuito de potencia se usa cable #12 AWG, ya que resiste a la intensidad de corriente requerida por los equipos, y en el circuito de control se usa cable #18 AWG, indicado para este tipo de dispositivos.

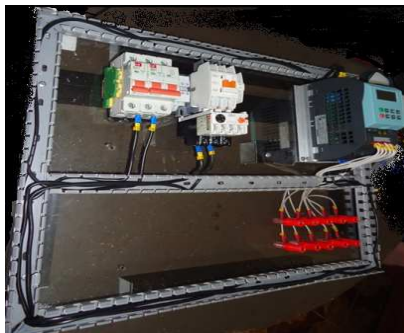


Figura 3.15: Conexiones eléctricas

Antes de proceder al cableado de campo es necesario tomar siempre las precauciones de seguridad adecuadas y verificar que estén desconectadas las fuentes de alimentación de los módulos.

Reglas de carácter general

Los puntos siguientes constituyen reglas de carácter general para la instalación y el cableado, es necesario respetar todos los reglamentos aplicables.

- Utilizar siempre cables con un diámetro adecuado para la intensidad que requiera el sistema.
- Asegurarse de que los tornillos de los bornes no pasen de rosca. El par máximo de apriete es de 0,56 N-m.
- Separar el cableado de corriente alterna y el cableado de corriente continua de alta tensión y rápida conmutación de los cables de señal de baja tensión.

3.3.9. Codificación de los equipos en el módulo

Una vez ubicados los elementos y dispositivos en el módulo y realizadas las conexiones eléctricas se deben señalar los mismos.



Figura 3.16: Codificación de elementos y dispositivos

3.4. Montaje e instalación de los equipos y elementos en la estructura

3.4.1. Instalación de la Bomba B1

Como ya tenemos asignado el sitio en la estructura donde va a ir ubicada esta bomba procedemos a realizar el montaje de la misma, mediante cuatro pernos con rodela y su respectiva tuerca, a continuación se muestra en la figura 3.17 el montaje de esta bomba.



Figura 3.17: Montaje de la bomba B1

Para realizar la instalación de esta bomba ya se seleccionaron los accesorios para la succión y descarga de la misma, a continuación se detallará la instalación de esta primera parte del sistema.

3.4.1.1. Succión

En una tubería de 1 pulgada de diámetro y 47cm de longitud que se seleccionó para la succión negativa de esta bomba, se realizaron dos roscas en cada extremo con la finalidad de que en un extremo irá conectada la válvula de pie de una pulgada y en el otro extremo irá una T de una pulgada, la misma que estará conectada a una válvula de compuerta de la misma dimensión, ésta fue seleccionada para poder cortar o abrir el paso del fluido cuando sea necesario, finalmente esta una universal de una pulgada que conecta los accesorios de succión negativa a la succión de la bomba B1.

Estos trabajos como son las roscas se realizaron con la ayuda de una tarraja y la conexión de estos accesorios con la llave de tubo y colocación de teflón. En la figura 3.18 muestra detalladamente la instalación de succión negativa que realiza la bomba B1 del tanque T1.



Figura 3.18: Succión de la bomba B1

3.4.1.2. Descarga

En la descarga de la bomba tenemos un diámetro de 1 pulgada, así que instalamos una reducción PVC de 1 a ½ pulgada, conectamos esta reducción a un codo PVC de ½ pulgada, posteriormente colocamos una tubería PVC de ½ pulgada de diámetro y 71cm de longitud para la descarga en el tanque T3, en el extremo de la tubería que va a la descarga se colocó un codo PVC de ½ pulgada para luego conectar un bushing que descargará el fluido al tanque T3.

Estos trabajos como son las roscas se realizaron con la ayuda de una tarraja y la conexión de estos accesorios con la llave de tubo y colocación de teflón.



Figura 3.19: Descarga de la bomba B1

3.4.1.3. Control de la bomba B1

Como observamos esta bomba funciona con alimentación de 110V, el arranque y apagado de la misma se lo hace desde el módulo de control TB1 de acuerdo a los planos eléctricos de control y potencia que se encuentran ya establecidos en este tablero.

3.4.2. Instalación de la bomba dosificadora

Una vez ya destinado el espacio específico donde va a ir instalada esta bomba procedimos a realizar el montaje de la misma. Se realizará por medio del anclaje con cuatro pernos de sujeción en la base de la caja reductora, a continuación se muestra en la figura 3.20 la ubicación de la bomba dosificadora.



Figura 3.20: Montaje de la bomba dosificadora

Para realizar la instalación de esta bomba ya se seleccionaron los accesorios para la succión y descarga de la misma, a continuación se detallará la instalación de esta bomba.

3.4.2.1. Succión y descarga

Esta bomba tiene un principio de funcionamiento bastante especial ya que la succión y descarga de la bomba la hace un manguera especial que es de látex, en la succión que es el un extremo de esta manguera se encuentra conectado a un bushing de bronce que ya estaba seleccionado, se encuentra sujeta con una abrazadera, y de esta forma tenemos una succión positiva.

En la descarga que es el otro extremo de la manguera se conecto una unión de bronce que es del mismo diámetro de la manguera, con el fin de poder unir la manguera de látex con una manguera de plástico transparente de 50cm para poder extender la longitud de la descarga hacia el tanque T3.

3.4.2.2. Control de la bomba dosificadora

Esta bomba está conectada en serie con el variador de frecuencia, la red de alimentación de 220V ingresa al variador y de éste salen tres fases para luego ser conectadas al motor trifásico de la bomba, este control se lo hace desde el tablero TB1 donde se encuentran todos los equipos para controlar el sistema. El control general de la bomba en arranque, paro y tiempo de operación lo realiza el PLC S7-200 de acuerdo a la programación instalada.



Figura 3.21: Succión de la bomba dosificadora

3.4.3. Ubicación de los tanques

Tanque T1

Este tanque irá ubicado en el espacio ya establecido en la estructura, el mismo que es en la parte inferior izquierda, el mismo está sujeto a la base de la estructura con dos amarras de plástico.

Se tomó en cuenta algo muy importante como es el montaje del tanque que debe estar vacío ya que la bomba B1 se encuentra ya instalada con su respectiva succión y el espacio para ubicar el tanque es reducido.



Figura 3.22: Tanque T1 instalado

Tanque T2

El espacio en la estructura para este tanque es en la parte superior central de la misma, se realizó una perforación en el espacio asignado donde succionará la bomba dosificadora, aquí se instaló un conector de tanques de PVC y $\frac{1}{2}$ pulgada, un neopreno PVC de la misma medida para conectar una válvula de globo, ésta cumple dos funciones, la primera es abrir y cerrar el paso del fluido hacia el sistema cuando sea necesario y la otra función es para realizar tareas de mantenimiento.

La perforación que se realizó al tanque se la hizo con un taladro colocado una broca de $\frac{1}{4}$ de pulgada acoplado un sacabocados de 22mm, una vez hecha esta perforación se instaló el conector de tanques para luego colocar los demás accesorios. Se realizaron pruebas con el tanque lleno de agua por un tiempo determinado para comprobar si no existían fugas de agua.



Figura 3.23: Tanque T2 instalado

Tanque T3

En este tanque van a ir instalados los sensores digitales de nivel, para esta instalación se tuvieron que colocar los sensores en forma vertical empezando desde el nivel bajo con S0, S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, para ubicar estos sensores se realizaron varios orificios al tanque uno en cada sensor y otro orificio para el metal que hace tierra, cada sensor se conectó a segmentos de aluminio que están introducidos en el tanque.

Para el montaje de este tanque se realizó una subestructura que estará ubicada en el espacio asignado en la estructura para el tanque T3 como es en la parte inferior derecha de misma, la misma que se la construyó del mismo material que la estructura, se la sujetó mediante pernos. La particularidad es que tiene el espacio suficiente para ubicar el tanque T3 y para la tarjeta indicadora de nivel.



Figura 3.24: Montaje del tanque T3 en la subestructura

Se realizó una perforación en la base del tanque para instalar varios accesorios como son: un conector de tanques de PVC de ½ pulgada, un neplo de PVC de la misma dimensión y una válvula de globo, esto nos ayudará a evacuar el fluido dosificado del sistema hacia otro proceso.

La perforación que se realizó al tanque se la hizo con un taladro colocado una broca de ¼ de pulgada acoplado un sacabocados de 22mm, una vez hecha esta perforación se instaló el conector de tanques para luego colocar los demás accesorios.

3.4.4. Montaje del módulo de control TB1 y el módulo de automatización TB2

3.4.4.1. Montaje del módulo de control TB1

Este módulo es el encargado de controlar el funcionamiento del sistema, consta de varios elementos de protección, control como es de mando y potencia, también desde este módulo se controlan los sensores digitales de nivel. Por estas razones este módulo se sujetó a la estructura en la parte frontal como se muestra en la figura 3.25.

Para poder sujetar este módulo a la estructura se realizaron varias perforaciones en la parte posterior del módulo y en la estructura para luego colocar los pernos de sujeción y de esta manera quede muy bien ubicado el módulo para poder trabajar en él.



Figura 3.25: Montaje del tablero de control TB1

3.4.4.2. Montaje del módulo de automatización industrial TB2

En la estructura se destinó un espacio para colocarlo el cual irá en la parte frontal inferior, éste irá simplemente sobrepuesto ya que sirve para múltiples aplicaciones y en este caso el sistema se encuentra detrás del mismo. Se tomó en cuenta este montaje en base a la facilidad para la conexión entre el módulo de control TB1 y el módulo de automatización TB2, y así el estudiante puede observar con facilidad y poder conectar los mismos sin ningún problema.



Figura 3.26: Montaje del módulo de automatización

3.5. Funcionamiento del variador de frecuencia

Para un correcto trabajo del sistema de dosificación se debe comprender muy bien el manejo y funcionamiento de los dispositivos electrónicos.

3.5.1. Puesta en servicio del variador de velocidad SINAMICS G110

La puesta en servicio para el SINAMICS G110 se puede llevar a cabo:

- Usando el convertidor con los ajustes de fábrica, prescribiendo consignas y comandos por medio de entradas digitales y analógicas o por medio de la interface RS485.
- Usando el panel de operaciones BOP (Basic Operator Panel).

En el SINAMICS G110 existe en dos variantes:

Variante analógica y digital

Está indicada para aplicaciones con un solo convertidor. Las órdenes y consignas se imparten con un interruptor externo y un potenciómetro utilizando las entradas digitales y la entrada analógica.

Variante USS

Está indicada para aplicaciones con varios convertidores comunicados. Las órdenes y consignas se imparten usando la interface RS485 con protocolo USS. Se pueden operar varios SINAMICS G110 en el mismo bus.

3.5.2. Puesta en servicio rápida

Con la puesta en servicio rápida se adapta el convertidor al motor y se ajustan parámetros importantes para las exigencias tecnológicas, revisar el anexo 3.

3.5.3. Puesta en servicio estándar

El variador de velocidad SINAMICS G110 se suministra con valores de parámetro pre ajustados en fábrica con las siguientes características:

- Los datos asignados del motor; tensión, corriente y frecuencia se encuentran almacenados en el convertidor y se han dado partiendo de un motor apropiado al convertidor.
- Velocidad del motor lineal V/f controlada por un potenciómetro analógico (variante analógica) o por interface RS485 (variante USS).
- Rampas de aceleración y deceleración = 10 s.

3.5.4. Puesta en servicio avanzada

Esta sección describe la puesta en servicio avanzada. Ésta permite al usuario configurar el convertidor para adaptarlo al motor y a la aplicación de forma óptima.

Para la puesta en servicio avanzada, el usuario necesita tener acceso directo a los parámetros del convertidor, bien por medio de un maestro USS como puede ser un PLC, un panel de operaciones (BOP) o mediante la herramienta de PC "Starter".

3.5.5. Puesta en servicio según aplicación

El convertidor posee una serie de funciones que a veces no son necesarias. La puesta en servicio según aplicación sirve para optimizar la funcionalidad del sistema convertidor-motor a la aplicación requerida.

3.5.5.1. Interface en serie (USS)

Tabla 3.10: Interface en serie (USS)

| | | |
|-------|--|------|
| P2010 | Velocidad de transferencia USS Ajuste de la velocidad de transmisión para la comunicación USS. | 2010 |
| P2011 | Dirección USS Ajuste de la dirección única para cada convertidor | 2011 |
| P2012 | USS longitud PDZ Define el numero de palabras de 16 bits en la parte PDZ del telegrama USS | 2012 |
| P2013 | USS longitud PWK Define el número de palabras de 16-bit en la parte PKW del telegrama USS. | 2013 |

3.5.5.2. Selección de fuente de órdenes

Tabla 3.11: Selección de fuentes de órdenes

| P0700 | Selección de fuente de órdenes | P0700 |
|-------|---------------------------------|-------|
| = | 0 Ajuste por defecto de fabrica | 0 |
| | 1 BOP (Teclado) | 1 |
| | 2 Regletero de bornes | 2 |
| | 5 USS | 5 |

3.5.5.3. Entrada digital (DIN)

Tabla 3.12: Entrada digital (DIN)

| | | Posibles ajustes 0 entrada deshabilitada |
|------------------|---|--|
| P0701 = | Función de la entrada digital 0 Borne 3 | |
| P0702 = | Función de la entrada digital 1 Borne 4 | 1 ON / OFF1 |
| P0703 = | Función de la entrada digital 2 Borne 5 | 2 ON inverso / OFF1 |
| P0704 = 0 | Función de la entrada digital 3 Vía entrada analógica Borne 9, 10 No se puede seleccionar frec. Fija (15, 16) | 3 OFF2 – parada natural |
| P0724 = | Define el tiempo de supresión rebote (tiempo de filtrado) usados para las entradas digitales | 4 OFF3 – desaceleración rápida |
| | 4. sin tiempo de eliminación | 9 Causa de fallo |
| | 5. 2,5 ms eliminación de rebote | 10 JOG derechas |
| | 6. 8,2 ms eliminación rebote | 11 JOG izquierdas |
| | 7. 12,3 ms eliminación rebote | 12 inversión |
| P0727 = | Método de control: 2-hilos/3 hilos | 13 MOP subida (incremento frec.) |
| | | 14 MOP bajada (decremento frec.) |
| | | 15 Frec. Fija (selección directa) |
| | | 16 Frec. Fija (sel. Dir. <input type="checkbox"/> MARCHA) |
| | | 21 Local /remoto |
| | | 25 Act. Freno inyecc. corr. cont. |
| | | 29 fallo externo |

| | | | | |
|---|---|---|--|--|
| | Determina el método de control de los bornes 0 Siemens estándar (marcha/sentido giro) 1 2-hilos (FDW / REV) 2 3-hilos (FDW P / REV P) 3 3-hilos (marcha P / sentido giro) “P” significa “Pulsar”; “FWD” significa “Sentido horario” (“FORWARD”) “REV” significa “Sentido Anti horario”(“REVERSE”) | | | |
| Redefinición de entradas digitales | | | | |
| Ajuste: P0701-P704 1 2 12 | P0727=0 Control: Siemens estándar ON/OFF1 ON REV/OFF1 REV | P0727=1 Control con 2-hilos ON_FWD ON_REV REV | P0727=2 Control con 3-hilos STOP FWDP REVP | P0727=3 Control con 3-hilos ON_PULSE OFF1/HOLD REV |
| | | | | |

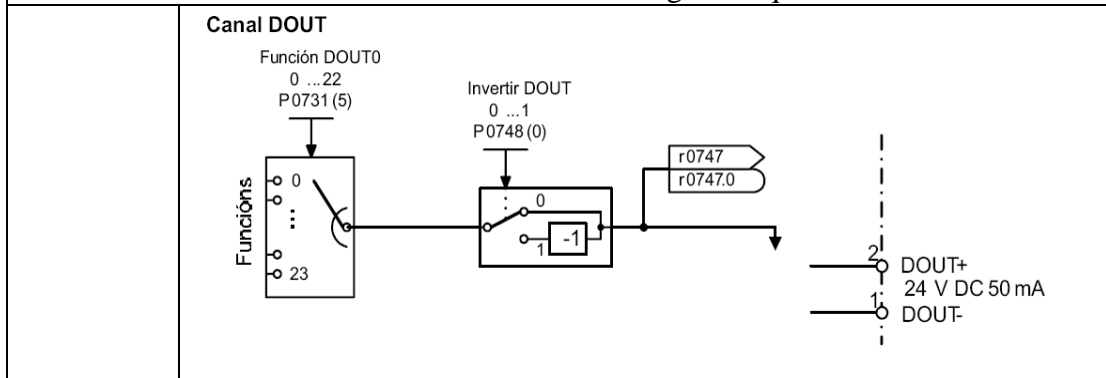
3.5.5.4. Salida digital (DOUT)

Tabla 3.13: Salida digital (DOUT)

| | | | |
|------------------|--|---------------|---------------|
| P0731 = | Función de salida digital 0* Define la fuente de la salida digital 0. | | |
| P0748 = 0 | Invertir las salidas digitales Define los estados alto y bajo del relé par de función dada. | | |
| | Estado de DOUT como señal binaria (0=abierto; 1=cerrado) | | |
| | AJUSTES FRECUENTES | ACTIVO | ESTADO |
| | 0 Inactivo | - | 0 (siempre) |
| | 1 Activo | - | 1 (siempre) |
| | 2 Convertidor listo | High | 1 |
| | 3 Convertidor listo para funcionar | High | 1 |
| | 4 Convertidor funcionando | High | 1 |
| | 5 Fallo Activo | High | 0 |
| | 6 OFF2 Activo | Low | 0 |
| | 7 OFF3 Activo | Low | 0 |
| | 8 Cultivación inhibición | High | 1 |

| | | | |
|--|---|--|---------------------------------|
| | 9 Aviso convertidor Activo 10 Desviación consigna/valor real < 3 Hz 11 Control PDZ (P0700=5) 12 Frecuencia real \geq P1082 (f_{max}) 13 Aviso: limitación intensidad motor 14 Freno mantenimiento motor (MHB) Activo* 15 Sobrecarga motor | High High High High High High | 1 1 1 1 0 1 0 |
|--|---|--|---------------------------------|

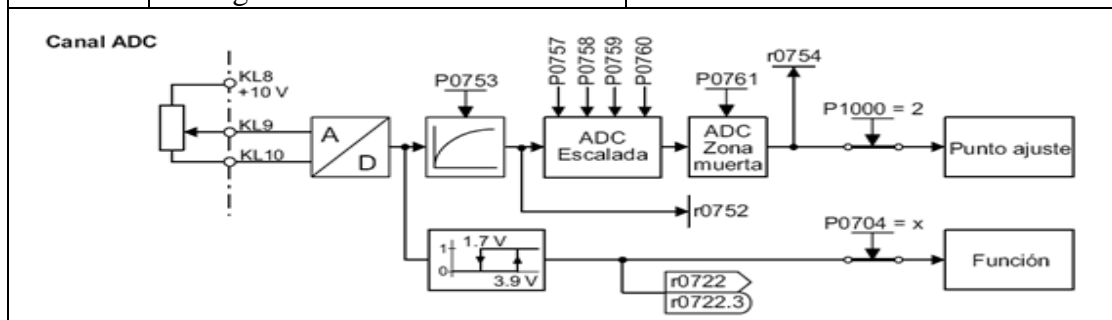
*Nota: Freno mantenimiento del motor Activo significa que el freno está abierto.



3.5.5.5. Entrada analógica (ACD)

Tabla 3.14: Entrada analógica (ACD)

| | | |
|---------|---|---|
| P0757 = | Valor x1 escalado de la ACD | <p>P0761 > 0 $0 < P0758 < P0760 \parallel 0 > P0758 > P0760$</p> |
| P0758 = | Valor y1 escalado de la ACD Este parámetro muestra el valor en % de P2000 (frecuencia de referencia) en x1 | |
| P0759 = | Valor x2 escalado de la ACD | |
| P0760 = | Valor y2 of ACD escalado Este parámetro muestra el valor en % de P2000 (frecuencia de referencia) en x2 | |
| P0761 = | Ancho de banda muerta de la ACD Define el tamaño de la banda muerta de la entrada analógica. | |



3.5.5.6. Frecuencia límite y de referencia

Tabla 3.15: Frecuencia límite y de referencia

| | |
|---------|--|
| P1080 = | Frecuencia mínima (En Hz) Ajusta la frecuencia mínima del motor a la cual el motor funcionará independientemente de la consigna queda por debajo del valor de P1080, se pone la frecuencia de salida a P1080 tomando en cuenta el signo. |
| P1082 = | Frecuencia máxima (En Hz) Ajusta la frecuencia de motor máxima a la cual el motor funcionará independientemente de la consigna de frecuencia. Si la consigna sobrepasa el valor de P1082, se limita la frecuencia de salida. El ajuste de este valor es válido para ambos sentidos de rotación horaria y anti horaria. |
| P2000 = | Frecuencia de referencia (Hz) La frecuencia de referencia en Hz corresponde al 100%. Se puede cambiar el ajuste si se necesita una frecuencia máxima más alta de 50 Hz. Esta cambia automáticamente a 60 Hz, si se ha seleccionado con el interruptor DIP50/60 o con P0100 la frecuencia estándar de 60 Hz. |

3.5.6. Parámetros del sistema

Introducción a los SINAMICS G110

El esquema de la descripción de parámetros es como se indica a continuación:

| | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---------------------|---------|------------|----------------|-----------|-----------|----------------|---------|----------|---------|----------|
| 1 Número Par. [índice] | 2 Nombre del Parám. | 3 EstC: | 4 Grupo-P: | 5 Tipo de dato | 6 activo: | 7 Unidad: | 8 Puesta serv. | 9 Mpin: | 10 Def.: | 11 Máx: | 12 Nivel |
| | | | | | | | | | | | 2 |
| 13 | Descripción: | | | | | | | | | | |

Figura 3.27: Esquema de descripción de parámetros

1. Número de parámetro

Indica el número de parámetro pertinente. Los números usados son números de 4 dígitos en el margen de 0000 a 9999. Los números con el prefijo "r" indican que el parámetro es de "lectura", que visualiza un valor determinado pero que no puede ser cambiado directamente especificando un valor distinto a través de este número de parámetro (en estos casos, las comillas "-" aparecen en los lugares "Unit", "Min", "Def" y "Max" en la cabecera de la descripción de los parámetros). Todos los demás parámetros van precedidos de la letra "P".

Los valores de estos parámetros se pueden cambiar directamente en el margen indicado por "Min" y "Max" ajustados en la cabecera.

[Índice] indica que el parámetro es un parámetro indexado y especifica el número de índices posibles.

2. Nombre del parámetro

Indica el nombre del parámetro pertinente. Algunos nombres de parámetros incluyen los siguientes prefijos abreviados: BI, BO, CI, y CO seguidos de dos puntos.

3. EstC

Estado de servicio de los parámetros. Son posibles tres estados:

- Servicio C
- En marcha U
- Listo para la marcha T

Esto indica cuando se pueden cambiar los parámetros. Deben especificarse uno, dos o los tres estados.

4. Grupo P

Indica el grupo funcional de un parámetro en particular. **Nota:** El parámetro P0004 (Filtro de parámetros) actúa como un filtro y enfoca el acceso a los parámetros de acuerdo con el grupo funcional escogido.

5. Tipo datos

Tabla 3.16: Tipo datos

| Notación | Significado |
|----------|------------------|
| U16 | 16-bit sin signo |
| U32 | 32-bit sin signo |
| I16 | 16-bit entero |
| I32 | 32-bit entero |
| Flotante | Coma flotante |

6. Activo

Inmediat. Los cambios en los valores de los parámetros tienen efecto inmediatamente después de que han sido introducidos, o Tras Conf. el botón "P" en el panel de operador (BOP) debe ser presionado para que los cambios tengan efecto.

7. Unidad

Indica las unidades de medida aplicables a los valores de los parámetros.

8. P.serv.rap. (Puesta en servicio)

Indica si es o no (Si o No) posible cambiar un parámetro durante la puesta en servicio, es decir cuando el P0010 (grupo de parámetros para el servicio) está ajustado a 1 (puesta en servicio).

9. Min

Indica el valor mínimo al que se puede ajustar el parámetro.

10. Def

Indica el valor por defecto, es decir el valor ajustado si el usuario no especifica un valor determinado para el parámetro.

11. Max

Indica el valor máximo al que se puede ajustar el parámetro.

12. Nivel

Indica el nivel de acceso de usuario. Hay cuatro niveles de acceso: Estándar, Ampliado, Experto y Servicio. El número de los parámetros que aparece en cada grupo funcional depende del nivel de acceso ajustado en el P0003 (nivel de acceso de usuario).

13. Descripción

La descripción de los parámetros consta de las secciones y contenidos listados a continuación. Algunas de estas secciones y contenidos son opcionales y se omitirán en una base caso-a caso sino es aplicable.

Descripción: Explicación breve de las funciones de los parámetros.

Diagrama: Aplicaciones, diagramas para ilustrar los efectos de los parámetros en una curva característica, por ejemplo

Ajustes: Lista de los ajustes aplicados. Esto incluye Ajustes posibles, Ajustes más comunes, Índices y Campos de bits

Ejemplo: Ejemplo opcional de los efectos de un ajuste particular del parámetro.

Peligro/ Advertencia / Precaución /Nota: Información muy importante que debe seguirse para prevenir daños personales o materiales / información específica que debe seguirse para evitar problemas / información que debe ser útil para el usuario

Más detalles: Ninguna fuente de más detalles de información concierne a los parámetros particulares.

Para comprender de una manera más práctica aquí se explica con un ejemplo:

Tabla 3.17: Ejemplo de parámetros del sistema

| | | | | |
|--|--|------------------------------------|------------------------|----------------|
| P0702 | Función de la entrada digital 1 | | | Mín: 0 |
| | Nivel 2 | | | |
| | EstC: CT | Tipo datos: U16 | Unidad: - | Def: 12 |
| | Grupo P: COMMANDS | Activo: Tras Conf. | P.serv.rap.: No | Máx: 29 |
| Selecciona la función de la entrada digital 1 (DIN 1). | | | | |
| Posibles ajustes: | | | | |
| 0 Entrada digital deshabilitada | | 12 Inversión | | |
| 1 ON/OFF1 | | 13 MOP subida (incremento frec.) | | |
| 2 ON inverso /OFF1 | | 14 MOP bajada (decremento frec.) | | |
| 3 OFF2 - parada natural | | 15 Frec. fija (selección directa) | | |
| 4 OFF3 - deceleración rápida | | 16 Frec. fija (sel. dir. + MARCHA) | | |
| 9 Acuse de fallo | | 21 Local/remoto | | |
| 10 JOG derechas | | 25 Act. freno inyecc.corr.continua | | |
| 11 JOG izquierda | | 29 Fallo externo | | |
| Detalles: | | | | |
| Consultar P0701 (función de la entrada digital 0) | | | | |

3.5.7. Alarmas y Peligros

Códigos de fallo

Si se produce una avería, el convertidor se desconecta y en pantalla aparece un código de fallo. Para poner a cero el código de error, es posible utilizar uno de los tres métodos que se indican a continuación:

- Adaptar la potencia al dispositivo.
- Pulsar el botón situado en el BOP.
- Vía Entrada digital 2 (configuración por defecto)

Los avisos de fallo se almacenan en el parámetro r0947 bajo su número de código (por ej. B. F0003 = 3). El valor del fallo pertinente se encuentra en el parámetro r0949.

Si un fallo carece de valor, se anota el valor 0. Además pueden leerse el momento en que se presenta un fallo (r0948) y el número de avisos de fallo (P0952) almacenados en el parámetro r0947.

En el caso que se produzca algún tipo de alarma se deberá acudir al manual de funcionamiento del variador de velocidad.

3.5.8. Códigos de alarma

Los avisos de alarma se almacenan en el parámetro r2110 bajo su número de código (por ej. A0503 = 503) y pueden leerse desde allí.

Los mensajes de alarmas se visualizan mientras persista el estado que provoca la misma y se eliminan cuando desaparece ese estado. En el caso que se produzca algún tipo de alarma se deberá acudir al manual de funcionamiento del variador de velocidad.

3.5.9. Datos técnicos del SINAMICS G110

Tabla 3.18: Datos técnicos del SINAMICS G110

| | | | | | | |
|--|----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------|
| Tensión de entrada | 1 CA 200 V – 240 V, ± 10 % | | | | | |
| Gamas de potencia | 120 W - 750 W | | | | | |
| Tamaño constructivo | A | A | A | A | A | |
| Potencia nominal del motor [Kw] [HP] | 0,12 0,16 | 0,25 0,33 | 0,37 0,5 | 0,55 0,75 | 0,75 1,0 | |
| Referencia | 6SL3211- | | | | | |
| | Analógica | 0AB11- 2UA0* | 0AB12- 5UA0* | 0AB13- 7UA0* | 0AB15- 5UA0* | 0AB17- 5UA0* |
| | USS | 0AB11- 2UB0* | 0AB12- 5UB0* | 0AB13- 7UB0* | 0AB15- 5UB0* | 0AB17- 5UB0* |
| Sin filtro | Analógica | 0AB11- 2BA0* | 0AB12- 5BA0* | 0AB13- 7BA0* | 0AB15- 5BA0* * | 0AB17- 5BA0* |
| | USS | 0AB11- 2BB0* | 0AB12- 5BB0* | 0AB13- 7BB0* | 0AB15- 5BB0* | 0AB17- 5BB0* |
| Corriente de salida ² [A] | 0,9 | 1,7 | 2,3 | 3,2 | 3,9 (40°C) | |
| Corriente de entrada ³ [A] | 2,3 | 4,5 | 6,2 | 7,7 | 10,0 | |
| Fusibles recomendados [A] | 10,0 3NA380 3 | 10,0 3NA380 3 | 10,0 3NA380 3 | 10,0 3NA380 3 | 16,0 3NA380 5 | |
| Secciones para cables entrada red [mm ²] [AWG] | 1,0 – 2,5 16 – 12 | 1,0 – 2,5 16 – 12 | 1,0 – 2,5 16 – 12 | 1,0 – 2,5 16 – 12 | 1,5 – 2,5 14 – 12 | |
| Secciones para cables salida motor [mm ²] [AWG] | 1,0 – 2,5 16 – 12 | 1,0 – 2,5 16 – 12 | 1,0 – 2,5 16 – 12 | 1,0 – 2,5 16 – 12 | 1,0 – 2,5 16 – 12 | |

¹ Los datos de potencia hp son válidos para los motores 1LA7 de Siemens y no para motores con datos de potencia según NEMA/UL.

² Mientras no se indique lo contrario los valores de corriente son válidos para temperaturas ambientales de 50°.

³ Los valores se basan en una tensión nominal de red de 230V.

*La última cifra de la referencia puede ser distinta de acuerdo a cambios de hardware o software del producto.

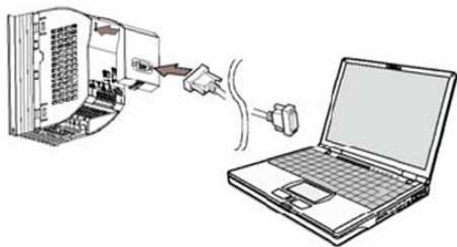
3.5.10. Estructura de comunicación SINAMICS G110

Esta herramienta de software para el PC, Starter ofrece al usuario un panel de operaciones gráfico que facilita el acceso a los parámetros del convertidor. Se puede elegir entre una lista para expertos o una puesta en servicio guiada. El software STARTER funciona con los siguientes sistemas operativos:

- Windows NT
- Windows 2000
- Windows XP Professional

El software STARTER es de fácil uso y posee además ayuda en línea. Para utilizarlo se necesita un "kit de conexión PC-convertidor" en ambas variantes. En la variante USS se puede, además conectar un PC vía bornes 8 y 9 utilizando un convertidor de interfaces RS485/232.

Tabla 3.19: Conexión PC – Convertidor

| Kit de conexión PC-convertidor | SINAMICS G110 |
|---|---|
|  | Ajustes USS, "Interface en serie (USS)" |
| | STARTER |
| | Menú extras → Ajustar interface PG/PC → Seleccionar "Puerta COM del PC (USS)" → Propiedades → Interface "COM1" Seleccionar velocidad de transmisión |
| | NOTA Los ajustes de parámetros USS en los convertidores SINAMICS G110 tienen que concordar con los de STARTER |

La comunicación entre el STARTER y el SINAMICS G110 requiere de los siguientes componentes opcionales:

- Kit de conexión PC-convertidor
- BOP, hay que modificar los valores estándar USS en los convertidores SINAMICS G110.

El SINAMICS G110 se puede conectar para funcionar en diferentes modos de operación, por ejemplo BOP acoplado, se utiliza el bus USS, en los bornes de las entradas digitales hay interruptores conectados.

Tabla 3.20: Modos de operación

| Modo de operación | Variante analógica | Variante USS | Aclaración (componentes opcionales requeridos) |
|--------------------------------|--|---|--|
| Bornes | (Requiere interruptor y potenciómetro) | (Entrada analógica sin soporte. Es posible fuente de órdenes vía interruptor externo) | 1 = BOP 2 = kit de conexión. PC-convertidor 3 = software STARTER ✓ = con soporte |
| Interface en serie (USS-RS485) | Sin soporte | ✓ | |
| Interface en serie (USS-RS232) | ✓ 2 | ✓ 2 (USS-RS232 y USSRS485 no se pueden usar a la vez) | |
| BOP | ✓ 1 | ✓ 1 | |
| STARTER | ✓ 2 y 3 | ✓ (3 con convertidor de interface RS485 en bornes x8/x9 o con 2) | |

SINAMICS G110 trabaja de las siguientes maneras:

Terminal

La operación mediante bornes es un método sencillo de manejar el convertidor por medio de un interruptor y un potenciómetro. Solo se puede hacer con la variante analógica.

Interface en serie

El protocolo USS se puede utilizar tanto con la interface RS232, como con la interface RS485 para poner en servicio, operar y parametrizar el convertidor. La interface RS485 solo se puede aplicar en la variante USS y se puede conectar directamente a un bus de convertidores y a un maestro USS como por ejemplo a un PLC. La RS232 se puede usar en ambas variantes y necesita el "kit de conexión PC-convertidor"

3.5.11. Estructura de comunicación SIMATIC S7- 200 / CPU 224XP

El objetivo de toda transmisión de datos es el de transferir información entre dos o más unidades. Por regla general, se suelen enviar caracteres (texto o cifras) y/o instrucciones (comandos). El nivel de lenguaje más sencillo del ordenador es el de caracteres binarios donde cada carácter está compuesto por siete u ocho, unos o ceros. Los ordenadores manejan caracteres binarios, llamado unos y ceros. Cada uno de estos caracteres se llama bit. Al combinar varios bits, se puede construir un código binario; el código más común ASCII, contiene 128 caracteres cada uno de ellos compuesto de 7 bits.

Toda comunicación ocurre a este nivel, tanto en el interior del ordenador, como en el exterior con otras unidades. En el interior, la comunicación es simple, pero tan pronto como se trata de comunicar con unidades externas, se tienen que sincronizar y controlar toda una serie de factores para que la transmisión de datos pueda darse correctamente. Entonces un cierto número de funciones deben ser ejecutadas para intercambiar datos entre dos aparatos sin error, pérdida o duplicación.

- Organizar datos en bloques antes de transmitirlos secuencialmente.
- Sincronizar el transmisor y receptor.
- Detectar errores de transmisión y si es posible recuperar la información dañada.
- Identificar los aparatos que están comunicándose.
- Control de flujo de transmisión.

Estas funciones forman las bases de todos los protocolos de vinculación y justifican las características de transmisión.

3.5.12. Diseño y construcción de los sensores de nivel

Para el control de caudal de la bomba dosificadora se utilizaran sensores digitales de nivel ubicados en el tanque T3.

Principio de funcionamiento de los sensores de nivel

Conductividad del agua

Se define la conductividad eléctrica como la capacidad de que una sustancia pueda conducir la corriente eléctrica, y por tanto es lo contrario de la resistencia eléctrica. En soluciones acuosas la conductividad es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos, por lo tanto cuanto mayor sea dicha concentración, mayor será la conductividad. La conductividad de una solución se determina por un movimiento iónico.

Transistor en corte y saturación [3]

Cuando un transistor se utiliza como interruptor o switch, la corriente de base debe tener un valor para lograr que el transistor entre en corte y otro para que entre en saturación. Para que un transistor funcione debe haber voltaje $>$ a 0.7V entre base y emisor.

Un transistor en corte tiene una corriente de colector (I_c) mínima (prácticamente igual a cero) y un voltaje colector emisor (V_{CE}) máximo (en nuestro caso 24Vcd) (casi igual al voltaje de alimentación). Cuando hay agua las placas conducen electrones y cierran el circuito, con esto llega un voltaje de 24 V entre la base y el emisor. Por lo que el transistor entra en corte y existe voltaje en el led y se encenderá. Es un simple switch.

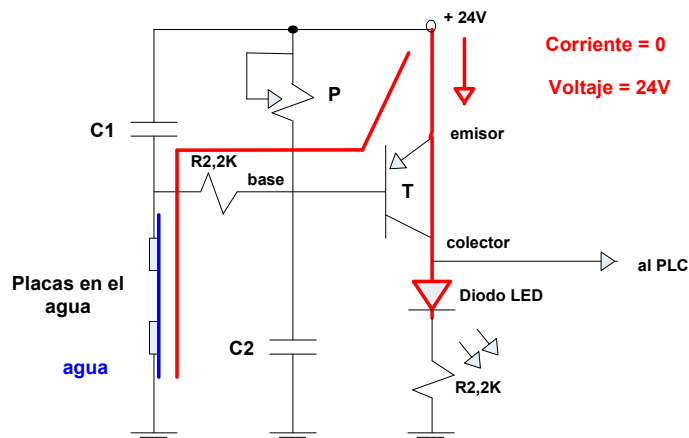


Figura 3.28: Transistor en corte

Cuando el transistor en saturación tiene una corriente de colector (I_c) máxima y un voltaje colector emisor (V_{CE}) casi nulo (cero voltios). Es decir que aquí el diodo led no se prenderá ya que no existe el mínimo voltaje para encender el transistor.

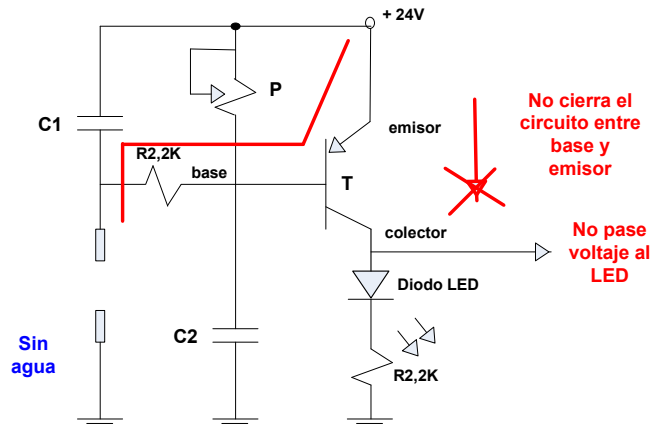


Figura 3.29: Transistor en saturación

Diseño del circuito en la tarjeta electrónica

Para el diseño del circuito de cada sensor digital, se debe considerar los dispositivos electrónicos de los cuales va a estar constituido cada uno, estos dispositivos son:

- 1 potenciómetro de 500 ohmios
- 2 resistencias eléctricas 2,2K
- 1 capacitor de 0.33 pF
- 1 capacitor de 470 nF
- 1 transistor PNP
- 1 diodo led

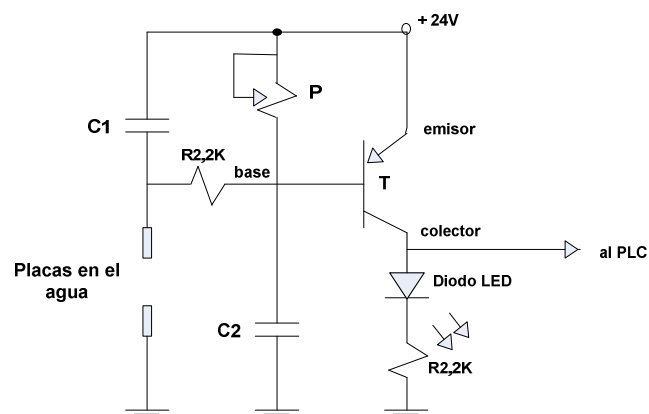


Figura 3.30: Diseño del circuito electrónico

Se debe distribuir los espacios de una forma ordenada para los dispositivos en la tarjeta electrónica ya que ésta sujetará a los ocho sensores digitales que controlaran los niveles en el tanque T3.

La distribución de los dispositivos en la tarjeta electrónica se muestra a continuación en la figura 3.31.

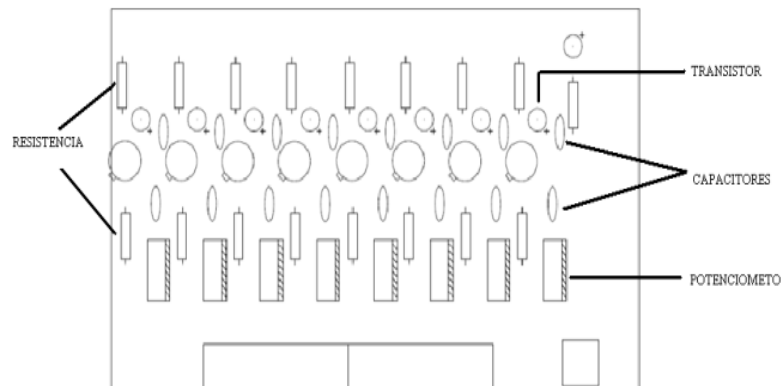


Figura 3.31: Distribución de los dispositivos en la tarjeta electrónica

Una vez determinados y ubicados los dispositivos electrónicos en la placa se debe contar con el programa “Diseño de vaquetas Proteus Ares PCB Layout 7”, para diseñar el diagrama del circuito electrónico, también se puede simular el circuito electrónico usando el programa “Diseño y simulación de circuitos electrónicos Proteus Isis Schematic 7”, para comprobar el funcionamiento del circuito cuando ya esté alimentado.

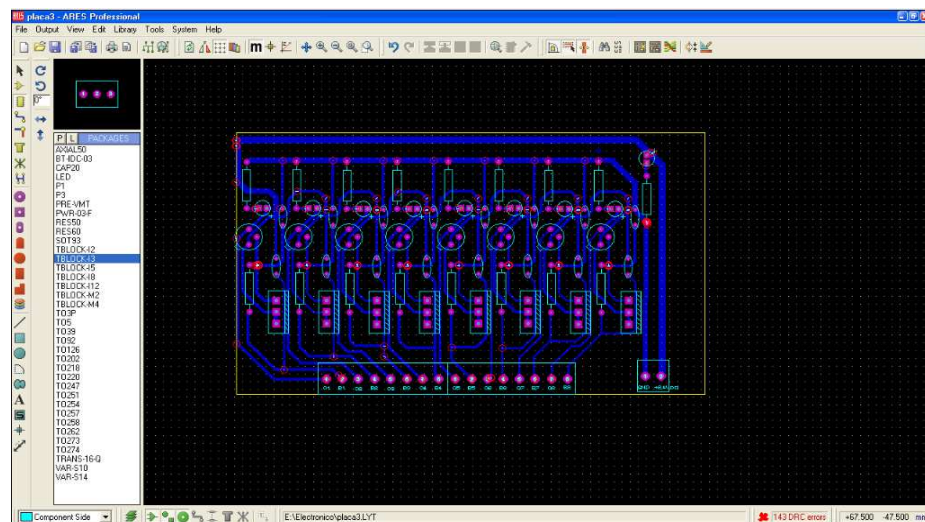


Figura 3.32: Diseño del circuito en el programa

Impresión del circuito electrónico en la vaqueta

Una vez diseñados los circuitos electrónicos en el programa, se procede a la impresión láser en la vaqueta, de esta forma queda preparada para corroerla.

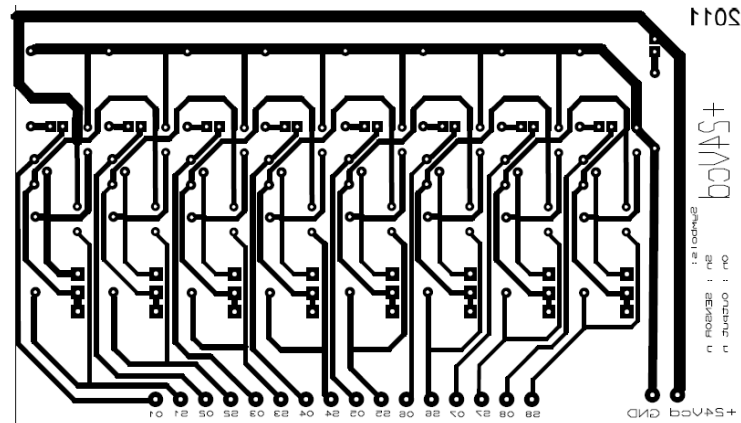


Figura 3.33: Diseño del circuito electrónico en la vaqueta

La vaqueta contendrá el circuito electrónico de los ocho sensores que controlaran el nivel en el tanque T3, un diodo led que indicará que la tarjeta electrónica está alimentada (24VCD).

Además la vaqueta tendrá los bornes de salidas de los sensores de la tarjeta electrónica y a su vez de aquí se conectarán a los bornes ubicados en el tanque T3 y los bornes de alimentación a la tarjeta electrónica.

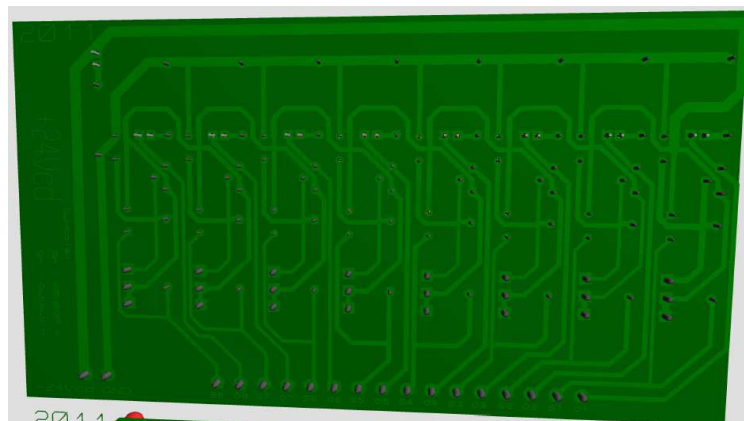


Figura 3.34: Vaqueta impresa con el diseño del circuito electrónico

Posteriormente realizamos las perforaciones con un taladro y una broca de 1mm, donde irán montados los dispositivos electrónicos para luego soldar los mismos.

Montaje de los dispositivos en la tarjeta electrónica

Teniendo impreso ya en la vaqueta el circuito electrónico de los sensores de nivel se procede a colocar todos los dispositivos electrónicos. Se los suelda con cautín a la vaqueta para cerrar el circuito que van a las borneras.

Mediante cable # 22 se sacan a las borneras ubicadas en el tanque T3, y se cierran el circuito con tierra y con la varilla de aluminio que se encuentra en el interior del tanque. De esta manera se obtiene una corriente que envía señales a las entradas del PLC.

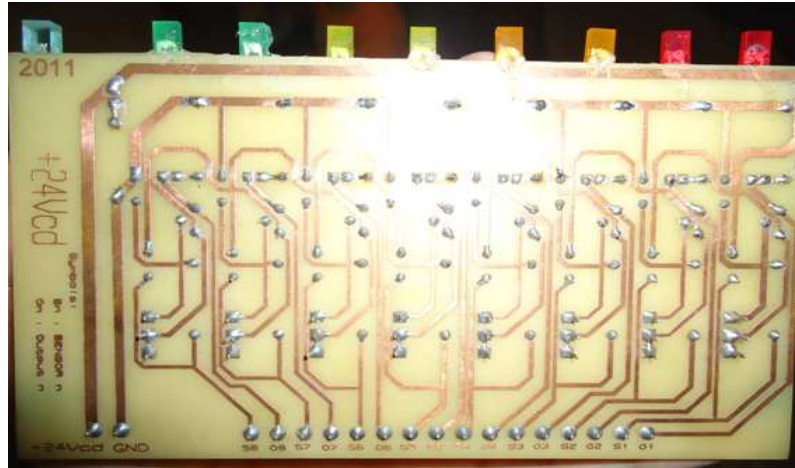


Figura 3.35: Construcción de tarjeta electrónica

Pruebas de funcionamiento de los sensores de nivel

Una vez soldados los dispositivos en la tarjeta electrónica se procede a la conexión de las borneras del tanque T3 con las de la tarjeta electrónica, siguiendo ordenadamente la denominación descrita en la placa y se alimenta con una fuente de 24V de corriente continua, ahí se encenderá el diodo led que indica que esta alimentada la placa electrónica. Posteriormente se llena el tanque con líquido y a medida que sube el nivel irá dando las señales y se encenderán los diodos en el orden correspondiente.



Figura 3.36: Pruebas de funcionamiento

3.6. Funcionamiento del sistema de dosificación con variador de frecuencia

El funcionamiento del sistema consta de varias etapas en las cuales se detalla paso a paso el proceso de dosificación, se irán analizando cada una de las partes del sistema, la función que realiza y su respectivo control.

3.6.1. Sistema de bombeo de agua

Una vez encendidos los dispositivos de control desde los respectivos módulos el procedimiento de dosificación empieza con el bombeo de agua desde T1 hacia T3, por medio de una succión negativa que realiza la B1.

El arranque de esta bomba se realiza pulsando el botón de marcha y una vez completado el porcentaje ajustado en la pantalla la bomba se apaga.

Por medio de este procedimiento se logra llevar agua desde T1 hacia T3.

3.6.2. Funcionamiento de la bomba dosificadora

En esta etapa entra a funcionar la bomba dosificadora que en este caso vamos a bombear tinta de cualquier color, para que de esta manera se pueda apreciar el efecto de dosificación de dos fluidos.

El control se realiza por medio del SINAMICS G110, que va a realizar la variación de velocidad de la bomba, la succión positiva que realiza la misma la hace desde T2 que contiene tinta para descargar en T3 que contiene la mezcla de los dos fluidos.

Una vez que se complete el porcentaje ajustado en la pantalla arranca la bomba dosificadora con una velocidad que va a depender del nivel de agua que haya en T3 y bombeará hasta completar el nivel máximo de T3, donde se finalizará el proceso con el apagado automático del sistema.

3.6.3. Control y regulación de caudal del sistema de dosificación

La velocidad de dosificación es inversamente proporcional al nivel que alcance T3 esto quiere decir que al ajustar en la pantalla un porcentaje mínimo la velocidad de la bomba dosificadora será máxima, estos niveles serán controlados por los sensores digitales de nivel

que entregan datos al PLC y de esta manera se realiza la dosificación, el arranque y apagado del sistema.

3.6.4. Programación del sistema de dosificación

Medios de comunicación

Para realizar la comunicación entre PLC-PC, se debe utilizar el cable de comunicación PPI-RS485, este tipo de comunicación permite transmitir los datos de programación que se realiza en el PC mediante el Software Step7 Micro/WIN al PLC y viceversa. Por lo general, los puertos de comunicación de un PC son compatibles con el estándar RS-232. Los interfaces de comunicación de la CPU S7-200 utilizan el estándar RS-485 para poder agregar varios dispositivos a una misma red. El cable PC/PPI permite conectar el puerto RS-232 de un PC al interface RS-485 de una CPU S7-200. Dicho cable se puede utilizar también para conectar el interface de comunicación de una CPU S7-200 a otros dispositivos compatibles con el estándar RS-232.

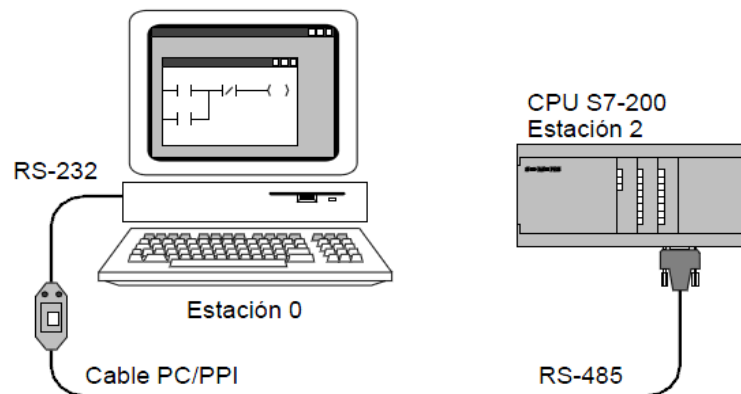


Figura 3.37: Comunicación entre PLC-PC

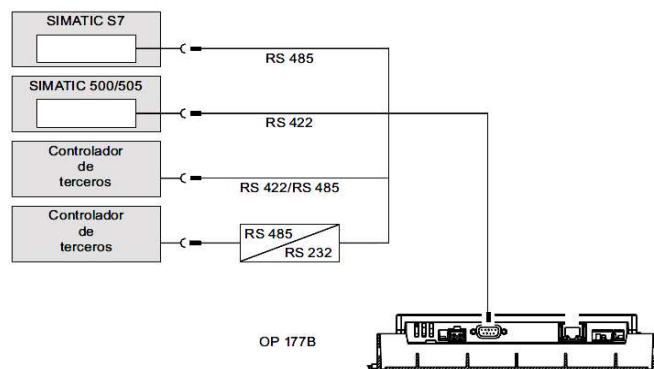


Figura 3.38: Comunicación entre PLC-panel operador

Para realizar la comunicación entre PLC-Panel Operator, se debe utilizar el cable de comunicación RS-485, el mismo que permite transmitir las variables del programa que se encuentra en el PLC hacia el Panel Operator.

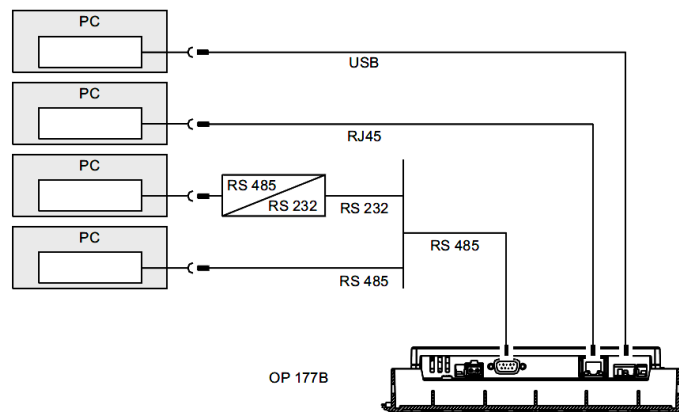


Figura 3.39: Comunicación entre panel operador-PC

3.6.4.1. Programación del PLC S7-200 con STEP 7-micro/WIN

KOP es una abreviación de Kontaktplan que en alemán significa Plan de contacto o arreglo de contactos. Básicamente es un método para programar PLC. En inglés serían los Diagramas Ladder y como lenguaje de programación, es más conocido como Ladder Logic. En la figura 3.40 se ofrecen los elementos básicos para crear programas.

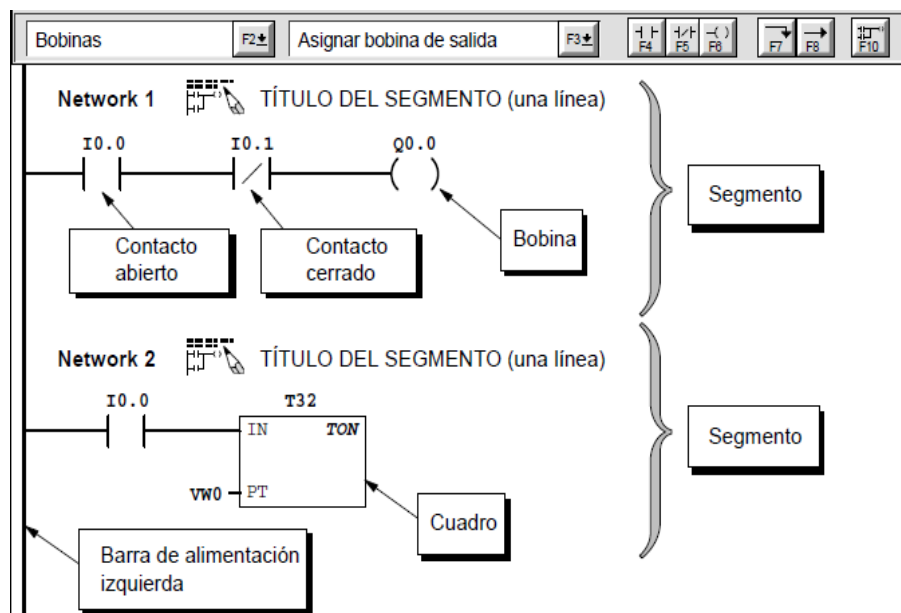


Figura 3.40: Elementos básicos del KOB

- **Contactos:** Un contacto representa un interruptor por el que circula la corriente cuando está cerrado.
- **Bobinas:** Una bobina representa un relé que se excita cuando se le aplica tensión.
- **Cuadros:** Un cuadro representa una función que se ejecuta cuando la corriente circula por él.
- **Segmentos:** Cada uno de estos elementos constituye un circuito completo. La corriente circula desde la barra de alimentación izquierda pasando por los contactos cerrados para excitar las bobinas o cuadros.

Programación del PLC S7-200

Para empezar con la programación se crea un nuevo proyecto en el STEP 7-micro/WIN, y en la carpeta “operaciones” se muestran distintas subcarpetas con los grupos de elementos que se pueden introducir en un programa kop. Abriendo cada una de las carpetas aparecen los símbolos de los elementos. Basta seleccionarlos con el ratón para que se incorporen al programa.

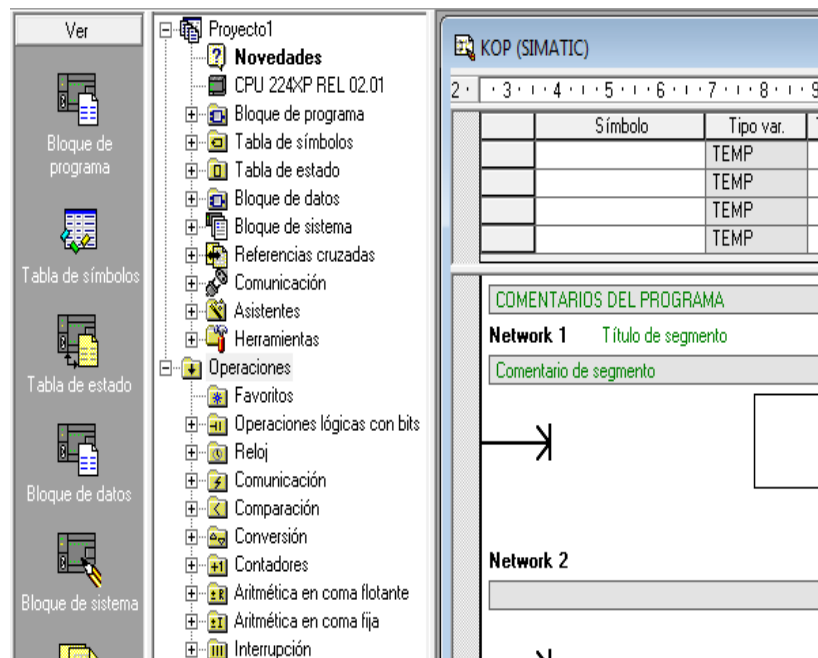
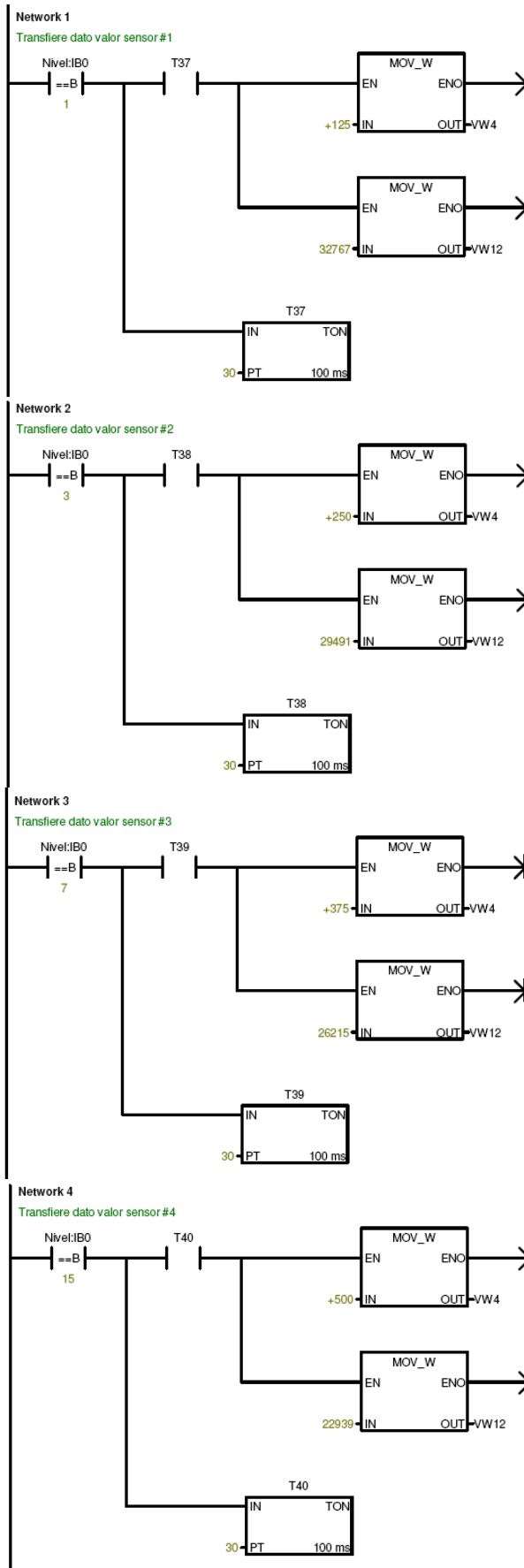
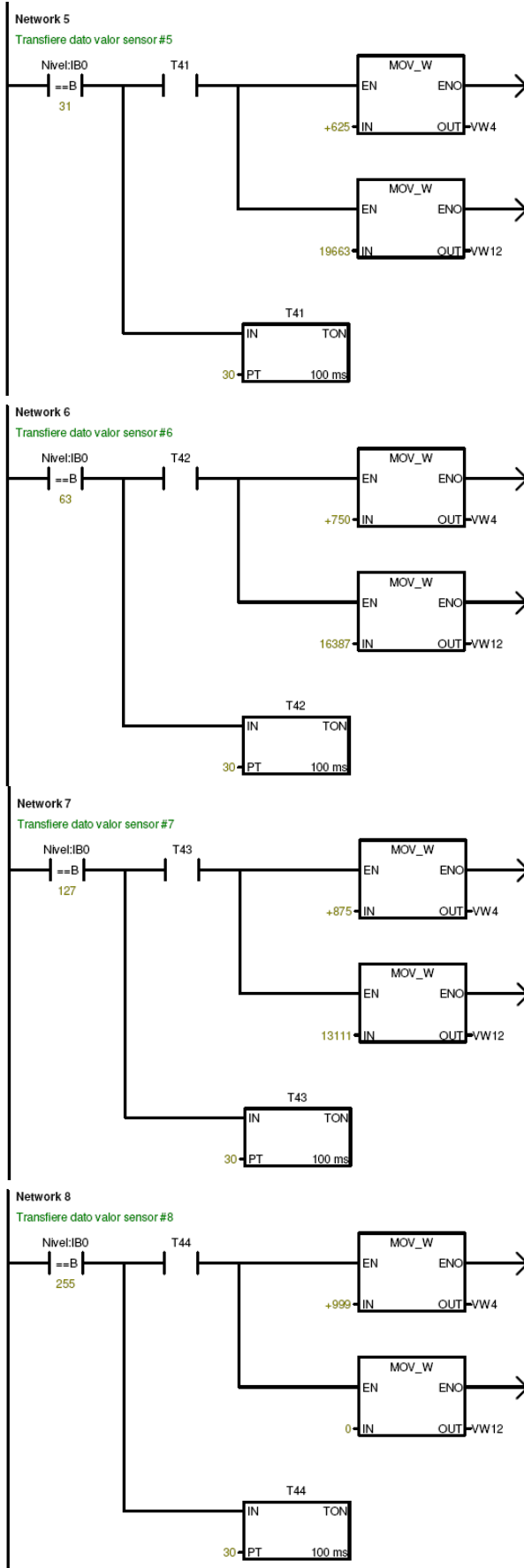
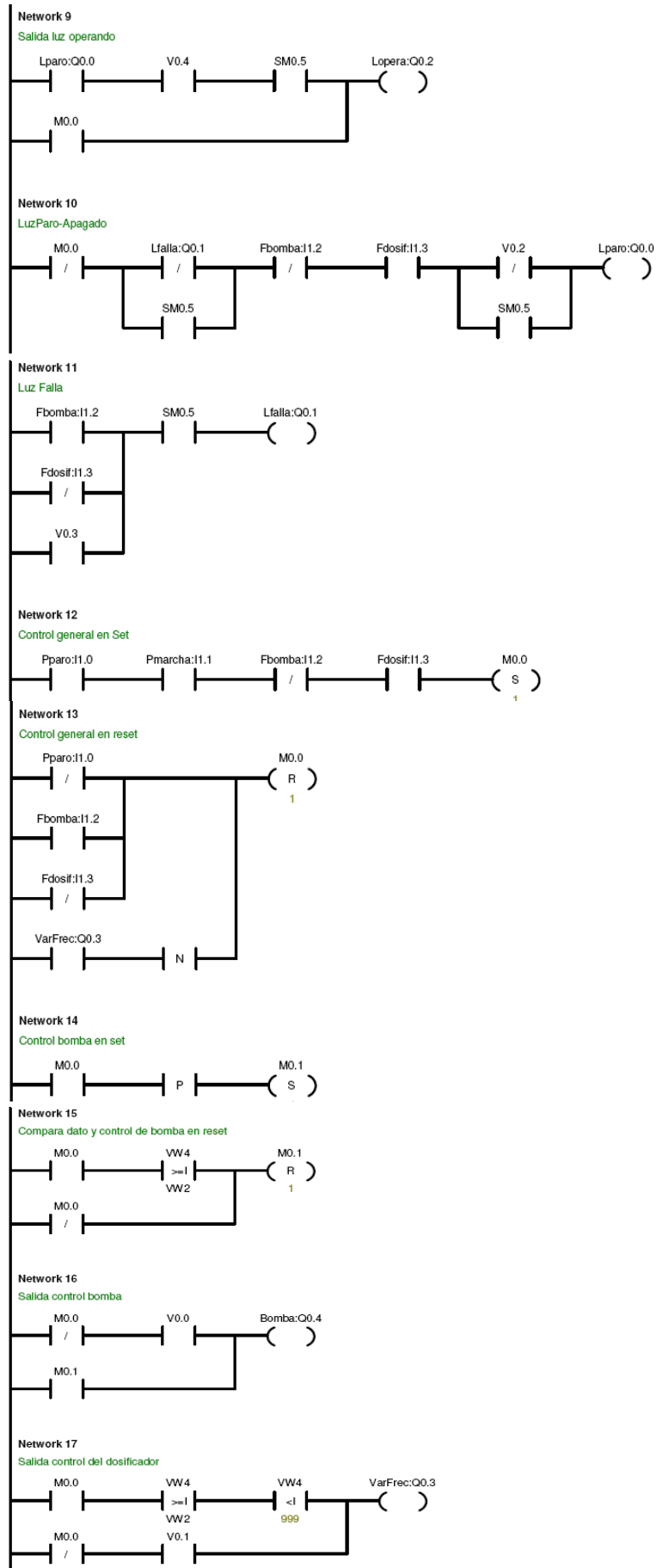


Figura 3.41: Librería de operaciones

Para controlar el proceso de dosificación se debe diseñar el diagrama Ladder, en la figura 3.42 se muestra como queda programado el PLC.







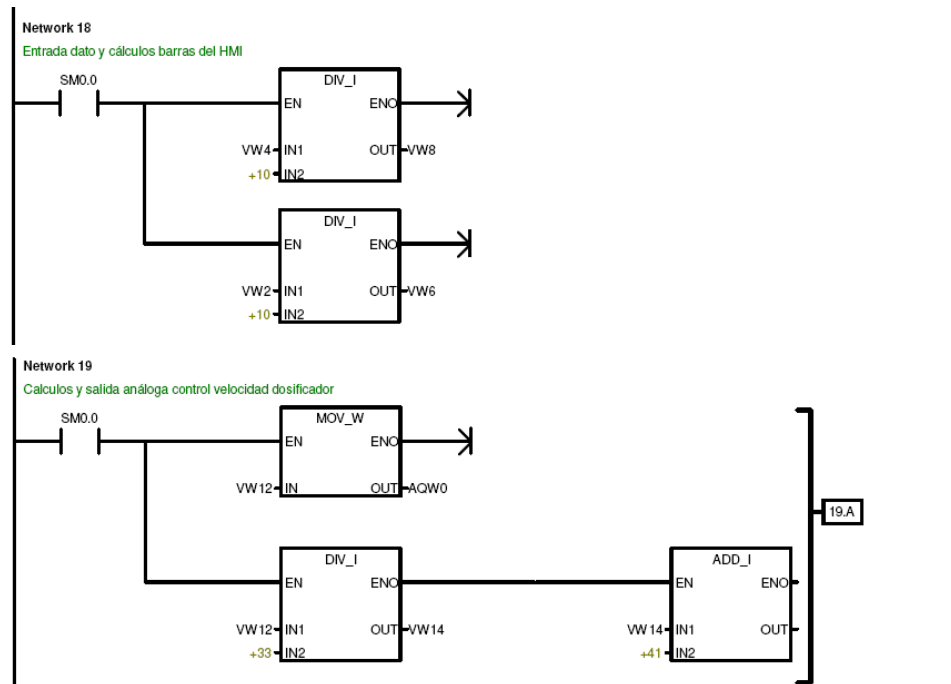


Figura 3.42: Programación en diagrama Ladder

- **Compilación y ejecución de un programa**

Una vez diseñado el plano de contactos con el editor KOP es necesario compilarlo y cargarlo en el autómatas para probarlo. Para compilar el programa se debe pulsar sobre el icono situado en la barra de herramientas principal. A continuación aparecerá en la ventana inferior unos mensajes que indicarán si hay o no errores.

- **Seleccionar tipo de CPU**

Antes de poder cargar el programa en el autómatas hay que configurar la comunicación entre éste y el ordenador. Esto se hace pulsando en el menú la opción CPU y después la opción tipo. Aparecerá una pantalla como la siguiente:

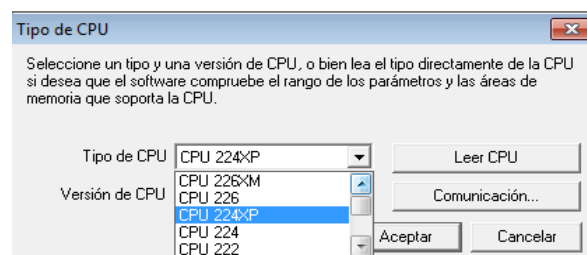





Figura 3.43: Selección del tipo de CPU

Una vez hecho esto, y si el programa no tiene errores, ya está todo listo para cargarlo en el autómata. Para ello hay que pulsar sobre el icono “Cargar en CPU” .

Una vez esté cargado el software en el autómata (y el selector en modo RUN) se puede ejecutar o detener la ejecución cuando sea necesario pulsando sobre los botones “RUN”  y “STOP” .

3.6.4.2. Programación del panel operador

Creando nuevo proyecto

Para crear un nuevo proyecto o aplicación seleccionar la opción, crear proyecto nuevo con el asistente de proyectos tal como se indica en la siguiente imagen.

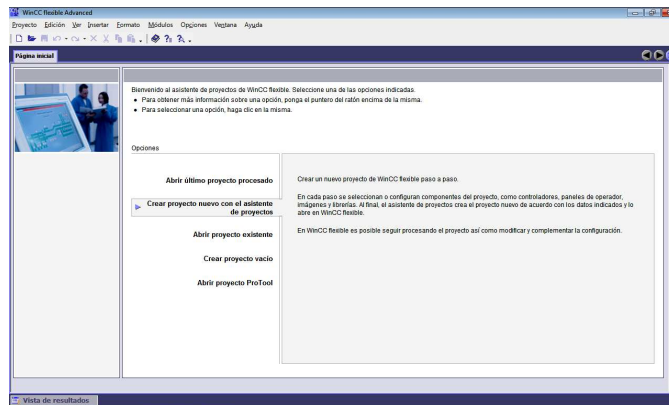


Figura 3.44: Creando nueva aplicación

Ya seleccionada la opción nuevo proyecto, el asistente de proyectos ofrece escenarios predefinidos para diferentes configuraciones de la instalación.

- **Seleccionar el panel de operador, conexión y controlador**

En esta nueva página seleccionaremos el panel operador, conexión y controlador de acuerdo con la configuración de la instalación.

Los pasos a seguir son los siguientes:

Haga clic en WinCC flexible Runtime para seleccionar el tipo de panel, en la lista, elija “panels” de la serie 170 y en nuestro caso elegiremos el panel operador OP 177B PN/DP

La figura 3.45 se muestra una gama de paneles que SIMATIC dispone para las diferentes aplicaciones y como seleccionar la adecuada.

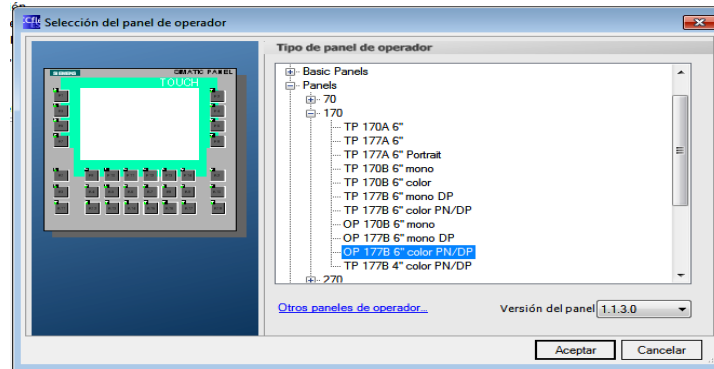


Figura 3.45: Selección del panel operador.

Seleccione en la lista el tipo de conexión entre el panel de operador y el controlador como se indica en la figura 3.46.

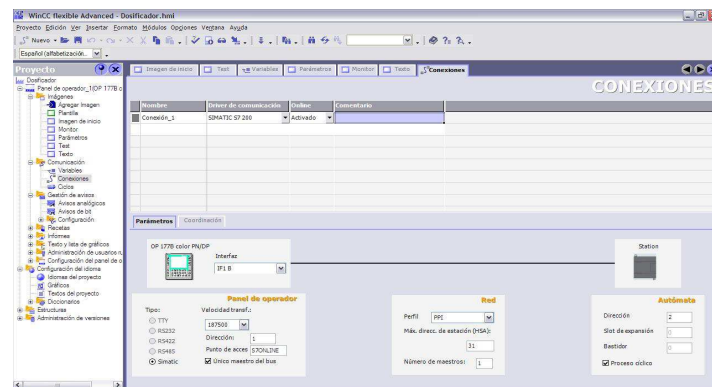


Figura 3.46: Selección del tipo de conexión y controlador.

Una vez seleccionado el panel operador, conexión y controlador, seleccionamos siguiente para continuar con la configuración.

- **Elaboración de la plantilla de imagen**

Esta plantilla se utilizará en el proyecto para cada imagen nueva del panel operador.

Elija si debe crearse un encabezado, una barra de navegación y una línea de aviso o ventana de aviso, como se muestra en la figura 3.47 y siga los siguientes pasos:

- Seleccionar los elementos que deben integrarse en el encabezado. El logotipo de la empresa o puede ser un archivo gráfico.
- Seleccionar la posición y el aspecto de la barra de navegación así como de la línea de aviso/ventana de aviso.

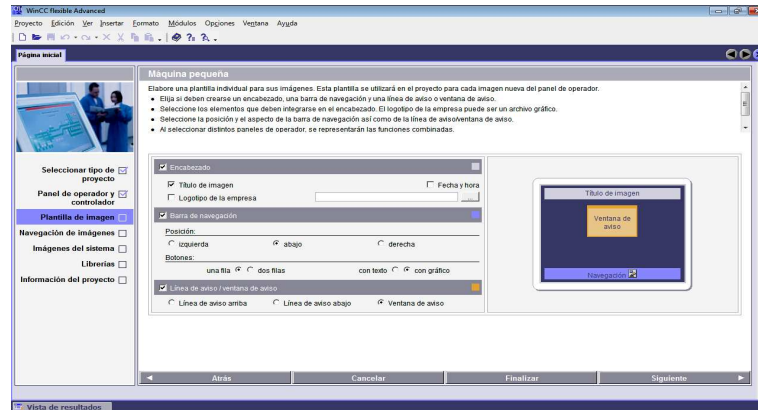


Figura 3.47: Plantilla de imagen.

- **Librerías**

En esta ventana se debe seleccionar las librerías que deben integrarse en el proyecto.

- Seleccionar en la lista las librerías estándar necesarias.
- Seleccionar un máximo de seis archivos que se integrarán como “Librerías propias”.

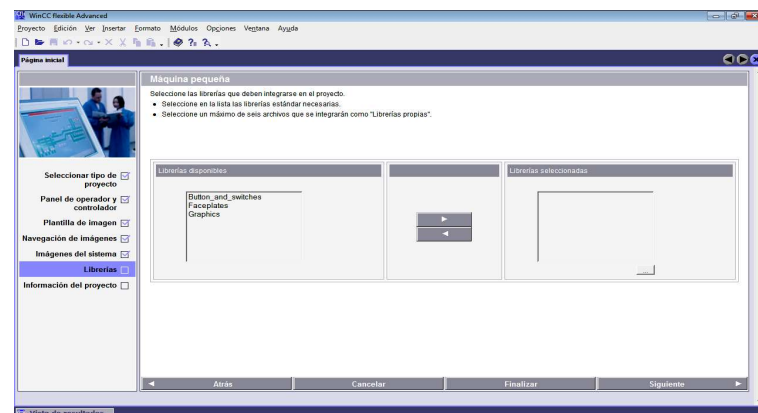


Figura 3.48 (a): Librerías disponibles

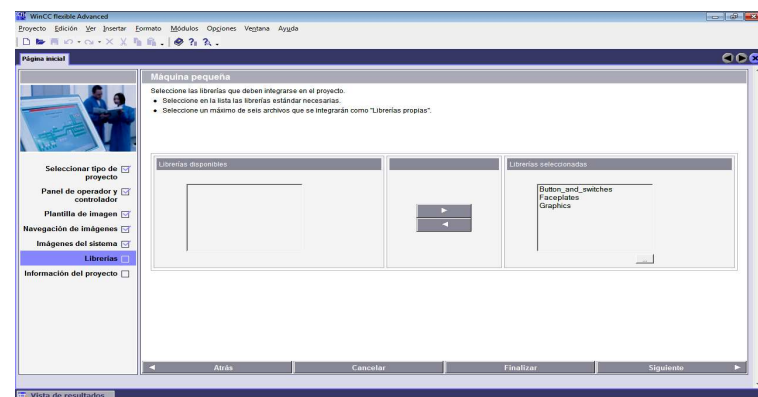


Figura 3.48 (b): Librerías seleccionadas.

- **Información del Proyecto**

Se indica información sobre el proyecto que le ayuda a identificar el proyecto posteriormente en WinCC Flexible y luego se registra algunos datos como:

- Nombre del proyecto y quien lo creo.
- Creado el.
- Comentario.

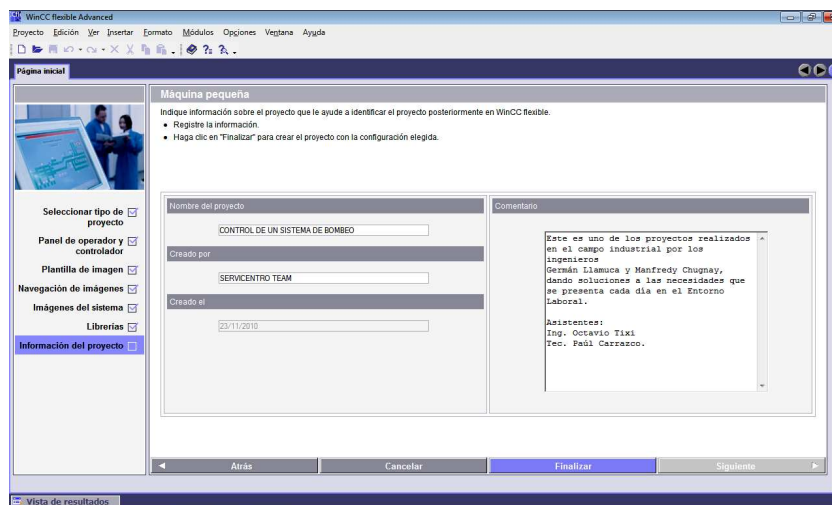


Figura 3.49: Información del proyecto.

Hacer clic en “Finalizar” y el proyecto está creado con la configuración realizada.

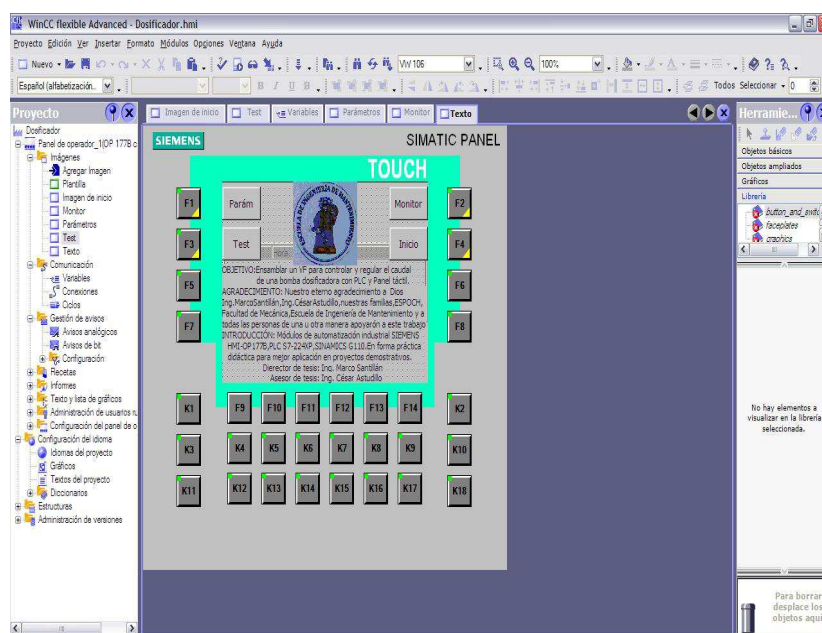


Figura 3.50: Página inicial del proyecto

En la figura anterior se muestra la ventana que nos permitirá realizar la configuración de todos los elementos que deben aparecer en el panel operador cuando se ponga en funcionamiento.

3.6.5. Pruebas de funcionamiento

Mediante la utilización del sistema de dosificación y el módulo de control con HMI el sistema trabajará de la siguiente manera.

La bomba B1 succionará agua del T1, la descarga de agua la realiza en el T3, la bomba dosificadora succiona colorante del T2 para descargar en el T3, donde los sensores digitales de nivel controlaran el nivel de dosificación en el T3.

Este control se realiza mediante la programación del PLC que controla el encendido de las bombas B1 por el contactor y la bomba dosificadora por medio del variador de frecuencia.

3.6.5.1. Puesta en marcha del sistema de dosificación

El programa va a controlar en porcentajes esto quiere decir que siempre va a llenar un 100%, el ajuste de porcentaje que se realice en la pantalla va a ser de agua y el restante de dosificación hasta completar el total de la mezcla.

De acuerdo al porcentaje ajustado y de acuerdo al nivel de agua que se encuentre (sensores) el PLC, controlará la velocidad del dosificador siendo la máxima frecuencia 100 Hz y la mínima 40 Hz. Cada sensor monitoreará un valor y será el 12.5% del total del 100%.

Por ejemplo del 100% del tanque se ajusta a un 60%, para un mejor control el PLC primero arranca la bomba de agua una vez completado el 62.5%, apaga y luego arranca el dosificador a una frecuencia de 60 Hz. Conforme va llenando y los sensores van censando el nivel este iría bajando la velocidad ó a su vez ya cuando detecte el penúltimo sensor el nivel bajaría la velocidad para un control más preciso de nivel. En este caso los sensores hacen doble trabajo medir el nivel y controlar la velocidad del dosificador. En este ejemplo ningún sensor va a registrar el 60% por que de acuerdo a los porcentajes tomaría el dato más próximo que sería el 62.5%, ese sería el margen de error.

Sensor # 1 12.5%

Sensor # 2 25.0%

Sensor # 3 37.5%

Sensor # 4 50.0%

Sensor # 5 62.5%

Sensor # 6 75.0%

Sensor # 7 87.5%

Sensor # 8 100.0%

Para este sistema se conectará la alimentación bifásica que nos proporciona el laboratorio de control, para los sensores se alimentan desde el módulo TB2 que nos proporciona una fuente de 24V CD. Una vez conectadas las variables del sistema como es el control de B1, el control del variador, el sistema lo controlaremos desde el Panel Operador, aquí encontraremos opciones que va presentando cada pantalla.

3.6.5.2. Ajuste de las pantallas para la operación del sistema de dosificación

Pantalla de inicio

En esta pantalla encontramos el panel INICIO aquí observaremos los nombres de los autores del proyecto y a donde pertenece el sistema que es a la ESPOCH, cuando observamos esta pantalla el sistema está listo para entrar en funcionamiento.

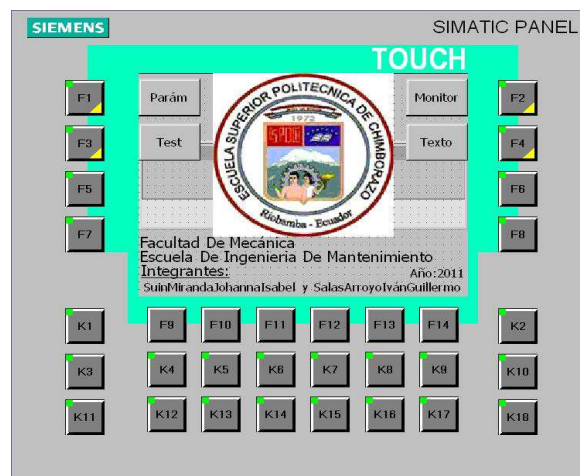


Figura 3.51: Pantalla de inicio del panel operador

Pantalla de texto

En esta pantalla podemos observar una introducción al sistema de dosificación de qué forma realiza el proceso, el objetivo y una breve indicación del proyecto realizado.

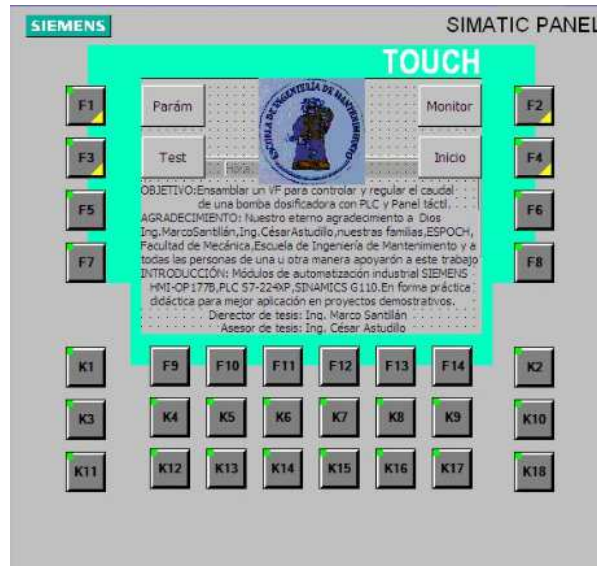


Figura 3.52: Pantalla de texto del panel operador

Pantalla monitor

En esta pantalla de referencia en la cual visualizamos el estado en que se encuentra cada equipo del sistema, siendo “0” apagado y “1” encendido.

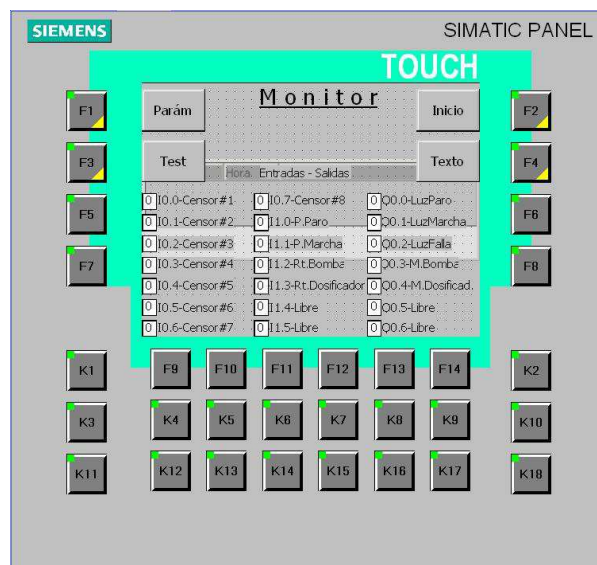


Figura 3.53: Pantalla monitor del panel operador

Pantalla de parámetros

Aquí tenemos la opción de ingresar el porcentaje que queremos que el sistema dosifique, este dato ingresaremos en el botón ajuste %, en el botón actual % observamos el porcentaje dosificando y en el botón frecuencia dosificadora se aprecia la frecuencia con la que está trabajando la bomba dosificadora.

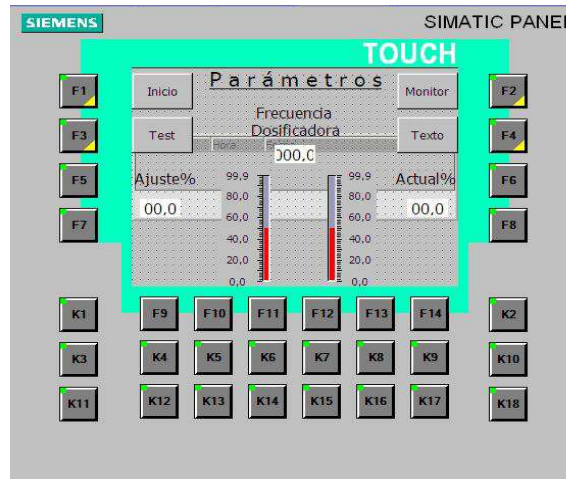


Figura 3.54: Pantalla de parámetros del panel operador

Pantalla test

Esta pantalla nos presenta la opción de poder realizar pruebas de buen funcionamiento de las bombas y señales de operación, paro y falla, estas verificaciones son momentáneas ya que solamente pulsando el botón y/o la tecla correspondiente se encenderá. Mientras se realicen las pruebas en ésta pantalla; el sistema está deshabilitado.

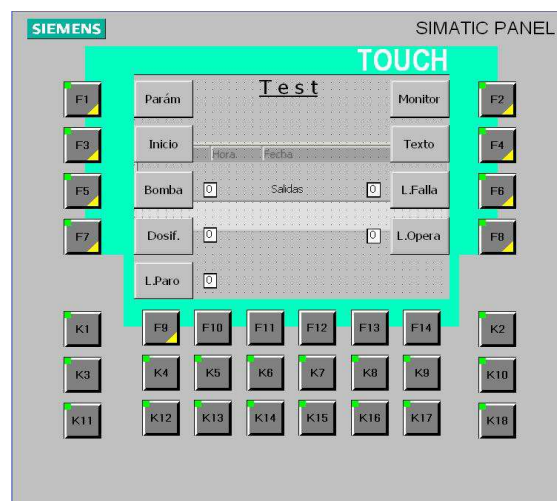


Figura 3.55: Pantalla test del panel operador

CAPÍTULO IV

4. GUÍAS DE LABORATORIO

4.1. Elaboración de la guía para prácticas de laboratorio

LABORATORIO N° 01

Tema:

Identificación y reconocimiento del módulo didáctico para el control de un sistema de dosificación con variador de velocidad.

Objetivos:

- Reconocer los dispositivos instalados en el módulo de control (TB1) y el módulo de automatización con HMI (TB2).
- Conocer el funcionamiento de los dispositivos instalados en el módulo de control TB1 y en el módulo de automatización con HMI (TB2).
- Reconocer la ubicación y la instalación de las bombas (B1 y bomba dosificadora) ubicadas en la estructura metálica.
- Identificar la tarjeta electrónica con los sensores digitales de nivel.
- Conocer las reglas de uso para la realización de prácticas de laboratorio.

Generalidades

Al iniciar con las prácticas de laboratorio usando el módulo didáctico para el control de un sistema de dosificación con variador de velocidad, se debe identificar y reconocer como está formado el sistema y el funcionamiento de cada elemento, para así ayudar al estudiante a desarrollar destrezas en el uso práctico de este módulo.

Conceptos Básicos

- El variador de velocidad es un dispositivo o conjunto de dispositivos, eléctrico-electrónico empleado para controlar la velocidad giratoria de maquinaria, especialmente de motores eléctricos.

- Un controlador lógico programable es un dispositivo digital utilizado para el control de máquinas y operación de procesos. Se trata de un aparato digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como: lógica, secuencias, temporizado, conteo y aritmética; con el objeto de controlar máquinas y procesos.
- Un sistema HMI representa la interfaz entre el hombre (operador) y el proceso (máquina/instalación). El autómatas posee el verdadero control sobre el proceso, por lo tanto existe una interfaz entre el operador y el panel de operador.
- La bomba dosificadora peristáltica es un tipo de bomba de desplazamiento positivo, es decir, tiene una parte de succión y otra de expulsión, por lo que es utilizada para bombear una gran variedad de fluidos. Las bombas peristálticas son ideales para dosificar de manera controlada líquidos.

Información preliminar

Módulo didáctico para el control de un sistema de dosificación con variador de velocidad.

Tomar en cuenta las reglas de uso de los equipos instalados en el módulo didáctico al momento de realizar las prácticas de laboratorio, por esto, es de mucha importancia conocer el funcionamiento de todo el sistema, para así evitar daños físicos en los módulos o cualquier incidente con los practicantes.

Equipos

- Módulo de control TB1
- Módulo de automatización TB2.
- Bombas.
- Tanques.

Procedimiento

- Reconocer los dispositivos de protección y control instalados en el módulo de control (TB1), las características técnicas, las conexiones y su ubicación.
- Identificar los equipos y dispositivos como son el PLC, el Panel Operador, instalados en el módulo de automatización (TB2), la ubicación de los conectores o jacks que permitirán realizar las conexiones con el módulo (TB1).

- Conocer el funcionamiento de cada uno de los dispositivos ubicados en los módulos de control TB1 y TB2.
- Reconocer la ubicación de las bombas (B1 y bomba dosificadora) en la estructura metálica, la instalación de los equipos y los accesorios utilizados en el sistema de dosificación.
- Identificar la tarjeta electrónica con los sensores digitales de nivel.
- Conocer las reglas de uso para la realización de prácticas de laboratorio, para evitar cualquier daño en los equipos o atentar con la seguridad de los practicantes.

Gráfico:



Figura 4.1: Módulo didáctico para el control de un sistema de dosificación con variador de velocidad.

Conclusiones

- Se reconoció los dispositivos instalados en el módulo de control (TB1) y el módulo de automatización (TB2), y de esta manera se familiarizaron los practicantes con los dispositivos.
- Se conoció el funcionamiento de cada uno de los dispositivos montados en el módulo de control TB1 y el módulo de automatización TB2, para facilitar el entendimiento de cada uno de ellos cuando se realicen las prácticas de laboratorio.
- Se reconoció la ubicación de la bomba centrífuga, el tanque de succión y descarga, los accesorios que se usan para el bombeo.

- Se visualizó la ubicación de la bomba dosificadora, las partes que la componen, su funcionamiento e instalación.
- Se identificó la tarjeta electrónica con los sensores digitales de nivel, la conexión que tiene, y la ubicación en la estructura metálica.
- Se conoció las reglas generales de uso para la realización de prácticas de laboratorio.

Recomendaciones

- Al momento de realizar la práctica, no se alimente ninguno de los módulos de control.
- Tener cuidado de no desconectar los cables de las borneras que conectan los sensores digitales de nivel.

LABORATORIO N° 02

Tema:

Pruebas de buen funcionamiento de los equipos del módulo didáctico usando el Panel Operador.

Objetivos:

- Realizar la conexión eléctrica de los módulos de control.
- Realizar pruebas de funcionamiento de la bomba centrífuga (B1), en la pantalla TEST del panel operador.
- Ejecutar pruebas de funcionamiento de la bomba dosificadora, en la pantalla TEST del panel operador.
- Realizar pruebas de funcionamiento de la luz de paro, en la pantalla TEST del panel operador.
- Ejecutar pruebas de funcionamiento de la luz de falla, en la pantalla TEST del panel operador.
- Realizar pruebas de funcionamiento de la luz de operación, en la pantalla TEST del panel operador.

Generalidades

Antes de poner en marcha el proceso de dosificación se debe verificar que todos los equipos trabajen de la manera esperada, es por ello que en esta práctica se podrá comprobar el correcto funcionamiento de todo el sistema con la ayuda del panel operador.

Conceptos Básicos

- El variador de velocidad es un dispositivo o conjunto de dispositivos, eléctricos o electrónicos empleados para controlar la velocidad giratoria de maquinaria, especialmente de motores eléctricos.
- Un controlador lógico programable es un dispositivo digital utilizado para el control de máquinas y operación de procesos. Se trata de un aparato digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como: lógica, secuencias, temporizado, conteo y aritmética; con el objeto de controlar máquinas y procesos.
- Un sistema HMI representa la interfaz entre el hombre (operador) y el proceso (máquina/instalación). El autómatas posee el verdadero control sobre el proceso, por lo tanto existe una interfaz entre el operador y el panel de operador.
- La bomba dosificadora peristáltica es un tipo de bomba de desplazamiento positivo, es decir, tiene una parte de succión y otra de expulsión, por lo que es utilizada para bombear una gran variedad de fluidos. Las bombas peristálticas son ideales para dosificar de manera controlada líquidos.

Información preliminar

Pruebas de buen funcionamiento de los elementos del módulo didáctico.

Para la ejecución de esta práctica se debe realizar correctamente la conexión de todos los dispositivos y elementos usando los conectores ubicados en el módulo de control (TB1) y el módulo de automatización (TB2).

Equipos

- Módulo de control TB1
- Módulo de automatización TB2.
- Cables de conexión (bananas).

Procedimiento

- Realizar el cableado de los dispositivos ubicados en el TB1 y TB2, usando los cables bananas y siguiendo las instrucciones indicadas en la guía de conexión.

- Verificar la conexión realizada y alimentar con corriente los módulos de control y automatización.
- Activar los breakers de protección de los dos módulos y revisar la información de las pantallas del panel operador.
- En el Panel Operador pulsar sobre la pantalla test el botón “Bomba” o presionando la tecla F5, así se comprobará el funcionamiento de la bomba B1.
- En el Panel Operador pulsar sobre la pantalla test el botón “Dosif.” o presionando la tecla F7, así se comprobará el funcionamiento de la bomba dosificadora.
- En el Panel Operador pulsar sobre la pantalla test el botón “L-Paro” o presionando la tecla F9, así se comprobará el funcionamiento de la luz de paro.
- En el Panel Operador pulsar sobre la pantalla test el botón “L-Falla” o presionando la tecla F6, así se comprobará el funcionamiento de la luz de falla.
- En el Panel Operador pulsar sobre la pantalla test el botón “L-Opera” o presionando la tecla F8, así se comprobará el funcionamiento de la luz de operación.

Gráfico:

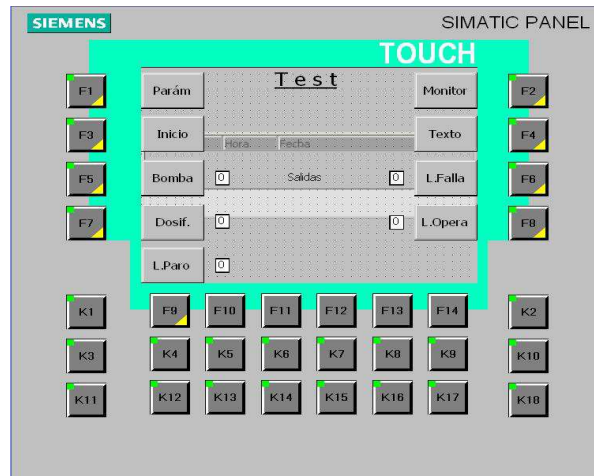


Figura 4.2: Panel operador con pantalla test.

Conclusiones

- Se realizó las conexiones correctamente en los módulos de control.
- Se evidenció el arranque y correcto funcionamiento, mientras se pulsó el botón y/o la tecla de la bomba centrífuga B1 y la bomba dosificadora.
- Se visualizó el encendido de la lámpara H1 que indica cuando el sistema está en paro, mientras se mantiene presionado el botón y/o la tecla.

- Se visualizó el encendido de la lámpara H2 que indica cuando en el sistema se produzca una falla, mientras se mantiene presionado el botón y/o la tecla.
- Se visualizó el encendido de la lámpara H3 que indica cuando el sistema esté en operación, mientras se mantiene presionado el botón y/o la tecla.

Recomendaciones

- No alimentar con corriente mientras se realiza las conexiones de los módulos de control.
- Tener mucho cuidado al momento de realizar las conexiones eléctricas, y seguir con atención las indicaciones de las guías de conexión.
- Realiza el test se debe manejar con cuidado el panel operador, ya que es un dispositivo frágil.

LABORATORIO N° 03

Tema:

Puesta en marcha del módulo didáctico para el control de un sistema de dosificación con variador de velocidad.

Objetivos:

- Realizar la conexión eléctrica de los módulos de control.
- Realizar pruebas de funcionamiento del sistema de dosificación.
- Arrancar el sistema de dosificación.
- Comparar los valores de variación de frecuencia de la bomba dosificadora.
- Visualizar la variación de velocidad del V/F.

Generalidades

Antes de poner en marcha el proceso de dosificación se debe verificar que todos los elementos trabajen de la manera esperada, es por ello que antes de arrancar la dosificación se realizará esta prueba con la ayuda del panel operador.

Conceptos Básicos

- El variador de velocidad es un dispositivo o conjunto de dispositivos, eléctricos o electrónicos empleados para controlar la velocidad giratoria de maquinaria, especialmente de motores eléctricos.

- Un controlador lógico programable es un dispositivo digital utilizado para el control de máquinas y operación de procesos. Se trata de un aparato digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como: lógica, secuencias, temporizado, conteo y aritmética; con el objeto de controlar máquinas y procesos.
- Un sistema HMI representa la interfaz entre el hombre (operador) y el proceso (máquina/instalación). El autómeta posee el verdadero control sobre el proceso, por lo tanto existe una interfaz entre el operador y el panel de operador.
- La bomba dosificadora peristáltica es un tipo de bomba de desplazamiento positivo, es decir, tiene una parte de succión y otra de expulsión, por lo que es utilizada para bombear una gran variedad de fluidos. Las bombas peristálticas son ideales para dosificar de manera controlada líquidos.

Información preliminar

Puesta en marcha del módulo didáctico para el control de un sistema de dosificación con variador de velocidad.

Para la puesta en marcha del sistema de dosificación se debe realizar correctamente la conexión de todos los dispositivos y elementos usando los conectores ubicados en el módulo de control (TB1) y el módulo de automatización (TB2).

Equipos

- Módulo de control TB1
- Módulo de automatización TB2.
- Cables de conexión (bananas).

Materiales

- Agua.
- Colorante.

Procedimiento

- Llenar el tanque T1 con agua y T2 con agua y colorante.
- Abrir la válvula ubicada en la succión de B1.
- Abrir la válvula ubicada en el tanque T2 que succiona la bomba dosificadora.

- Realizar el cableado de los dispositivos ubicados en el TB1 y TB2, usando los cables bananas y siguiendo las instrucciones indicadas en la guía de conexión.
- Verificar la conexión realizada y alimentar con corriente los módulos de control y automatización.
- Activar los breakers de protección de los dos módulos y revisar la información de las pantallas del panel operador
- En el panel operador pulsar sobre la pantalla test los botones y/o teclas para comprobar buen funcionamiento de las bombas y los avisos de paro, falla y operación del sistema.
- Ajustar el porcentaje de dosificación en la pantalla Parámetros.
- Pulsar P1 para que empiece el proceso automático de dosificación.
- Visualizar el cambio de velocidad de la bomba dosificadora a medida que aumenta el nivel en T3.
- Comparar los cambios de frecuencia de la bomba dosificadora que se observan en el BOP y en el panel operador en la pantalla “parámetros”.
- Abrir la válvula de descarga para vaciar el T3 y empezar con un nuevo proceso de dosificación.

Gráfico:

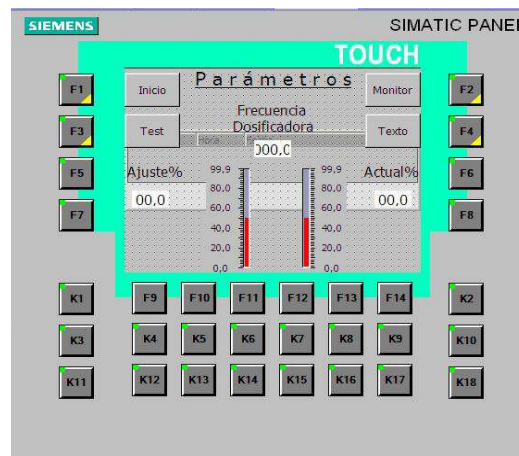


Figura 4.3: Panel operador con pantalla parámetros.

Conclusiones

- Se realizó las conexiones correctamente en los módulos de control.

- Se comprobó el buen funcionamiento de los elementos y del sistema con la ayuda del panel operador.
- Se visualizó el arranque del sistema de dosificación, con el valor ajustado en la pantalla Parámetros en el botón ajuste.
- Se analizó la variación de velocidad de la bomba dosificadora a medida que aumenta el nivel en el tanque T3.
- Se comparó los valores de variación de frecuencia de la bomba dosificadora, a medida que aumenta el nivel en el T3.
- Se observó la relación de los valores de la variación de frecuencia tanto en la BOP y en el panel operador.
- Se visualizó el funcionamiento de la tarjeta electrónica de los sensores digitales de nivel.

Recomendaciones

- No alimentar con corriente mientras se realiza las conexiones de los módulos de control.
- Tener mucho cuidado al momento de realizar las conexiones eléctricas, y seguir con atención las indicaciones de las guías de conexión.
- Tener cuidado al manipular los dispositivos en especial el panel operador.
- Llenar lo suficiente los tanques de almacenamiento de agua y colorante.
- Terminada la práctica vaciar y limpiar los tanques T1, T2 y T3.
- Limpiar los electrodos ubicados en el T3.

4.2. Elaboración de guías para el mantenimiento del sistema

4.2.1. Guía para el mantenimiento del sistema de dosificación













| GUÍA PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|------------------------------------|--------------|--------|------------|-----------|---------|-----------|-----------|-------------|-------------|
| TAREAS DE MANTENIMIENTO | | | | | No. 0001 | | | FRECUENCIA | | | | | RESPONSABLE | |
| EQUIPO O SISTEMA: SISTEMA DE DOSIFICACIÓN | | | | CÓDIGO: SD-01 | FECHA DE CREACIÓN: 23/06/ 2011 | TIEMPO (min) | DIARIO | SEMANAL | QUINCENAL | MENSUAL | TRIMESTRE | SEMESTRAL | | ANUAL |
| No. | PARTES DEL SIST. | TAREAS | MÉTODO | MATERIALES / REPUESTOS | HERRAMIENTAS | | | | | | | | | |
| 1 | Estructura metálica | a) Limpieza exterior, no debe existir polvo, humedad. |    | Waipe, brocha | | 10 | | | | | X | | | PRACTICANTE |
| | | b) Inspección general. | | | | 10 | | | | | | X | | PRACTICANTE |
| 2 | Tanques T1, T2, T3 Sensores digitales de nivel | a) Limpieza de los tanques, no deben existir sedimentos. |    | Trapos, detergente, cepillo, lija fina | | 20 | | | | | X | | | PRACTICANTE |
| | | a) Inspección general de tanques y conectores de los tanques T2 y T3 | | | | | | | | | | | | |
| | | a) Limpieza de electrodos en T3 | | Silicona fría | Llave de tubo, pistola de silicona | 10 | | | | | | | | X |
| 3 | Bomba B1 | a) Limpieza exterior, no debe existir polvo |    | Waipe | | 10 | | | | | X | | PRACTICANTE | |
| | | b) Inspección de la succión y descarga, tanque pulmón, Motor, Rodete, tuberías | | Teflón | Kit de herramientas | 10 | | | | | | | X | PRACTICANTE |
| 4 | Bomba Dosificadora | a) Limpieza exterior, no debe existir polvo, aceite |    | Waipe | | 10 | | | | | X | | PRACTICANTE | |
| | | b) Inspección del motor, la caja reductora, bomba dosificadora, manguera de látex | | Aceite SAE 85W-140, un metro de manguera látex 1/4" | Kit de herramientas | 10 | | | | | | | X | PRACTICANTE |

GRÁFICO DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN



| ELEMENTOS DEL SIST. | INSPECCIONES | |
|---|---|---|
| Estructura | a) Verificar que no existan fisuras en la estructura b) Observar que las ruedas estén en buen estado | a) Verificar que la pintura esté en buen estado b) Verificar el anclaje de los equipos a la estructura |
| Tanques T1, T2, T3 Sensores digitales de nivel | a) Observar que no se acumulen sedimentos en la base b) Quitar la alimentación del sistema. | a) Inspeccionar los conectores y válvulas del T2 y T3 que no existan fugas (corregir con silicona) b) Limpiar con un cepillo o lija fina los residuos salinos del agua que se incrustan en los electrodos. |
| Bomba B1 | a) Verificar la succión b) Inspeccionar la válvula de pie c) Verificar que se encuentre cebada la bomba d) Observar que las tuberías estén bien conectadas y no existan fugas e) Inspeccionar el motor, el arranque, temperatura, rodamientos | a) Inspeccionar la descarga que llegue la presión y caudal adecuado y el tanque pulmón b) Inspeccionar el rodete que no esté oxidado c) Quitar la alimentación del sistema d) Inspeccionar las conexiones eléctricas |
| Bomba Dosificadora | a) Inspeccionar el motor, el arranque, temperatura, rodamientos b) Inspeccionar la caja reductora, nivel de aceite, fugas, temperatura c) Inspeccionar la bomba dosificadora, rodillos bien sujetos, carcasa sin fisuras. | a) Inspeccionar la manguera látex, que esté sin fisuras, fugas, bien sujeta a la bomba y al T2 |

4.2.2. Guía para el mantenimiento del tablero de control TB1

| GUÍA PARA EL MANTENIMIENTO DEL TABLERO DE CONTROL TB1 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|----------|---------------------------------------|--------------|-----------------------------------|--------|------------|---------|-----------|-------------|---------|-------------|-------------|-------|
| TAREAS DE MANTENIMIENTO | | | | | No. 0002 | | | FRECUENCIA | | | RESPONSABLE | | | | |
| EQUIPO O SISTEMA: TABLERO DE CONTROL | | | | CÓDIGO: TB1 | | FECHA DE CREACIÓN: 23/06/ 2011 | TIEMPO | DIARIO | SEMANAL | QUINCENAL | | MENSUAL | TRIMESTRE | SEMESTRAL | ANUAL |
| No. | PARTES DEL SIST. | TAREAS | MÉTODO | MATERIALES / REPUESTOS | HERRAMIENTAS | min | | | | | | | | | |
| 1 | Elementos y dispositivos del Tablero de control | a) Limpieza exterior e interior, no debe existir polvo | 👁️ 🖐️ ✂️ | Brocha, Spray limpiador de contactos. | | 10 | | | | | | | X | PRACTICANTE | |
| | | b) Inspección general. | | | | 10 | | | | | | X | PRACTICANTE | | |
| 2 | Breakers de protección | a) Limpieza de los breakers, no debe existir polvo. | 👁️ 🖐️ ✂️ | Brocha, Spray limpiador de contactos. | | 10 | | | | | | | X | PRACTICANTE | |
| | | b) Inspección general de los breakers, accionamiento, conexiones. | | | | 10 | | | | | | X | PRACTICANTE | | |
| 3 | Contactor y Relé Térmico | a) Limpieza, no debe existir polvo | 👁️ 🖐️ ✂️ | Brocha, Spray limpiador de contactos. | | 10 | | | | | | | X | PRACTICANTE | |
| | | b) Inspección general del contactor y relé térmico, accionamiento, conexiones. | | | | 10 | | | | | | X | PRACTICANTE | | |
| 4 | Variador de Frecuencia | a) Limpieza de contactos. | 👁️ 🖐️ ✂️ | Brocha, Spray limpiador de contactos. | | 10 | | | | | | | X | PRACTICANTE | |
| | | b) Inspección general del VF, accionamiento, conexiones. | | | | 10 | | | | | | X | PRACTICANTE | | |

GRÁFICO DEL TABLERO DE CONTROL



| ELEMENTOS DEL SIST. | INSPECCIONES | |
|--|---|---|
| Elementos y dispositivos del Tablero de control | a) Quitar alimentación al módulo. b) Realizar un reajuste de los tornillos de los conectores de las entradas y salidas, pulsadores | a) Inspección visual del estado de los dispositivos del Tablero. b) Revisión de continuidad en conexiones de los dispositivos del Tablero. |
| Breakers de protección | a) Verificar que el accionamiento se realice de forma normal. b) Quitar la alimentación al tablero de control. c) Realizar un reajuste de los tornillos que sujetan los terminales a los breakers. | a) Inspección visual del estado de tornillos b) Verificación de voltajes de entrada y salida de los breakers. |
| Contactor y Relé Térmico | a) Verificar que el accionamiento se realice de forma normal. b) Quitar la alimentación al tablero de control. c) Realizar un reajuste de los tornillos que sujetan los terminales al contactor y relé. | a) Inspección visual del estado de tornillos b) Verificación de voltajes de entrada y salida al contactor y relé. |
| Variador de Frecuencia | a) Quitar alimentación al módulo. b) Realizar un reajuste de los tornillos de las borneras de las entradas y salidas del Variador de Frecuencia. c) Inspección visual del estado de borneras y contactos. | a) Revisión de continuidad en conexiones de entradas y salidas del Variador de Frecuencia. b) Verificación de voltajes de entrada y salida del Variador de Frecuencia. |

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Realizado el ensamble del variador de frecuencia se logró controlar y regular el caudal de una bomba dosificadora en un módulo didáctico para prácticas en el laboratorio de Control Industrial, el cual será un aporte para la Facultad de Mecánica y la ESPOCH.
- Mediante las diversas pruebas se determinaron las características y funcionamiento de la bomba dosificadora de tipo peristáltica
- Se conoció la estructura y características de los variadores de frecuencia para llevar a cabo su programación y así variar la velocidad.
- Se analizó que el uso de un variador electrónico de frecuencia permite el control automático de procesos en los que se requiere variación de velocidad, esta una de las principales razones para el empleo de este dispositivo.
- Realizado el montaje y pruebas de buen funcionamiento de los equipos, este módulo didáctico facilitará la realización de prácticas de laboratorio.
- Se elaboraron guías de laboratorio para que los estudiantes de la Facultad de Mecánica puedan realizar prácticas de manera ordenada que serán de mucha utilidad para su desarrollo técnico científico.
- Se elaboraron guías de mantenimiento para los equipos, dispositivos y el sistema en general con la finalidad de ofrecer una buena fiabilidad y disponibilidad del mismo.

5.2. Recomendaciones

- Cumplir el orden establecido en las guías de laboratorio para realizar las prácticas.
- Verificar las conexiones para evitar daños a los equipos y el panel operador.
- Tener mucha precaución al momento de manipular los elementos ya que se manejan elevados voltajes.
- Tener mucho cuidado con la superficie del panel operador del módulo de control con HMI contra golpes o ralladuras por que podría causar daños considerables al Panel.

- Realizar el mantenimiento de los módulos y todos los elementos del sistema para evitar su deterioro, siguiendo las recomendaciones que se presentan en las guías de mantenimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **RAMIREZ, A.** Fundamentos de bombas, Pág. 4,5.
- [2] **RASHID.** Electrónica de potencia. 3ra.ed.PREASON, Prentice Hall, 2010. Pág. 17-19.
- [3] **SANTILLÁN M.** Texto de electrónica básica, Pág. 71-72.

BIBLIOGRAFÍA

RAMIREZ, A. Fundamentos de bombas

RASHID. Electrónica de potencia. 3ra.ed. PREASON, Prentice Hall, 2010.

A. PORRAS, A.P. MONTANERO. Autómatas Programables.

GUNTER, G Seip. Instalaciones Eléctricas. 2da.ed. Berlín: Siemens, 1989.

TECSUP. Variadores de frecuencia.

CHAUPRADE, R. y MILSANT, F. Control Electrónico de los Motores de Corriente

Alterna. Francia: Colección Ciencia Electrónica, 1986.

KOSOW I. L. Control de Máquinas Eléctricas. Barcelona: Reverté, 2008.

KOSOW I. L. Máquinas Eléctricas, transformadores y controles. Barcelona: Prentice

Hall, 1993.

MURPHY, J. y TUMBULL, F. Power Electronic Control of AC Motors. 2da.ed.

Gran Bretaña: Pergamon press, 1988.

ROLDÁN, J. Motores Eléctricos, accionamiento de máquinas. 4ta.ed. Chile:

Paraninfo, 2005.

SANTILLÁN M. Apuntes de Control Industrial. Ecuador: ESPOCH, 2006.

SIEMENS. Manual de Instrucciones de Uso SINAMICS G110 120 W – 3KW

Alemania: 2005.

LINKOGRAFIA

VARIADOR DE VELOCIDAD

www.es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_velocidad

www.siemens.de/simanics-g110

2011-06-15

AUTÓMATAS S7-200

http://www.automation.siemens.com/simatic/portal/html_00/techdoku.htm

<http://www.siemens.de/automation/support-request>

2011-06-20

PANTALLAS TÁCTILES

<http://www.siemens.com/automation/support-request>

<http://support.automation.siemens.com>

<http://www.salesianos.edu/alcoy.juanxxiii/dpts/docs/automatas.pdf>

2011-06-20

WINCC FLEXIBLE

<http://www.siemens.com/automation/partner>

<http://www.automation.siemens.com/.../Wincc-flexible>

2011-07-05

BOMBAS DOSIFICADORAS PERISTÁLTICAS

http://www.quiminet.com/ar7/ar_vcdarmaasdhgsA-tipos-principales-de-bombas-peristalticas-industriales.htm

http://www.quiminet.com/ar9/ar_vcdarmaasdaasd-principio-del-funcionamiento-de-las-bombas-peristalticas.htm

http://www.quiminet.com/ar8/ar_vcdarmaasdbcBu-principales-CARACTERÍSTICAS-de-las-bombas-peristalticas.htm

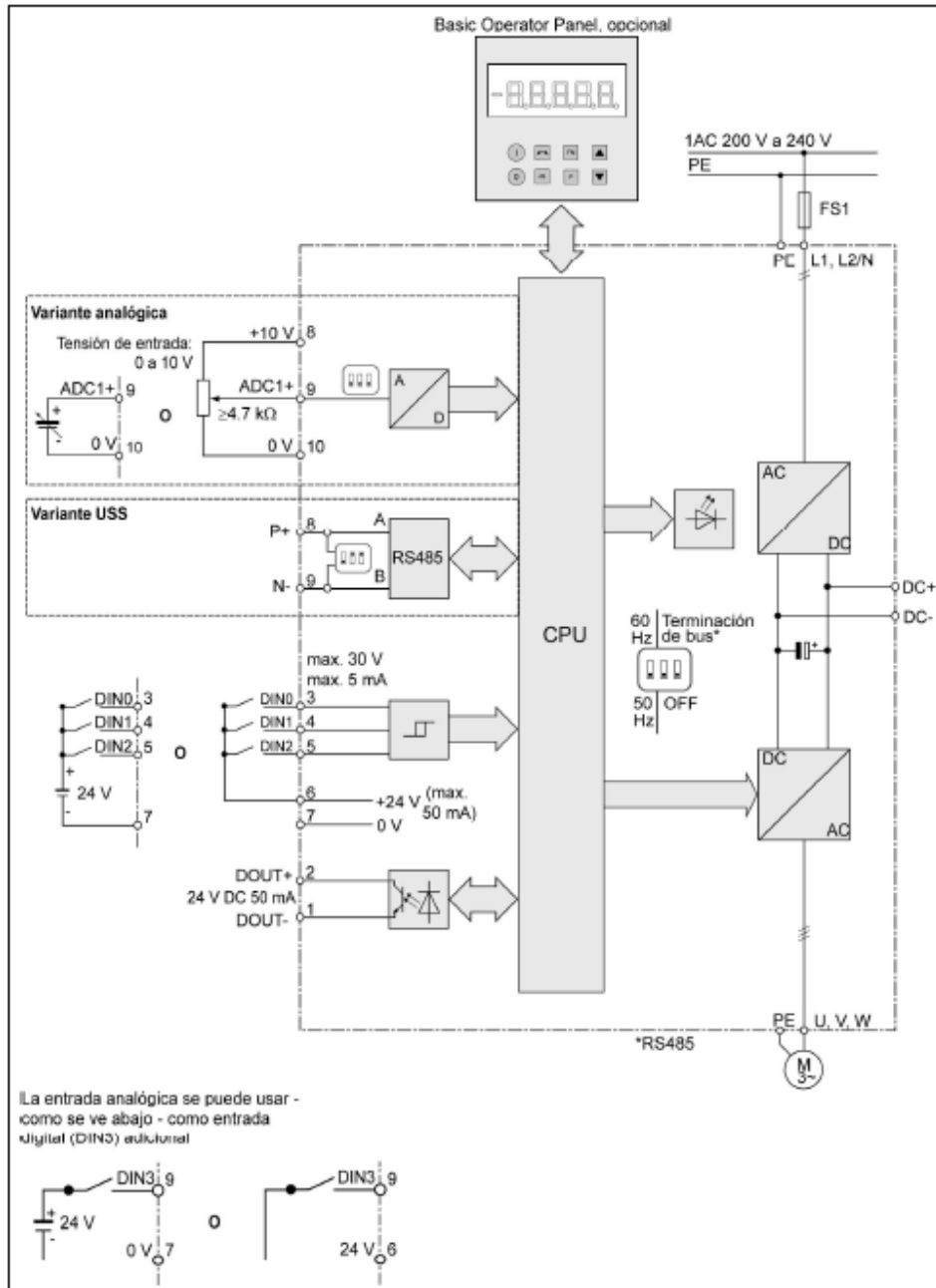
2011-06-10

ANEXOS

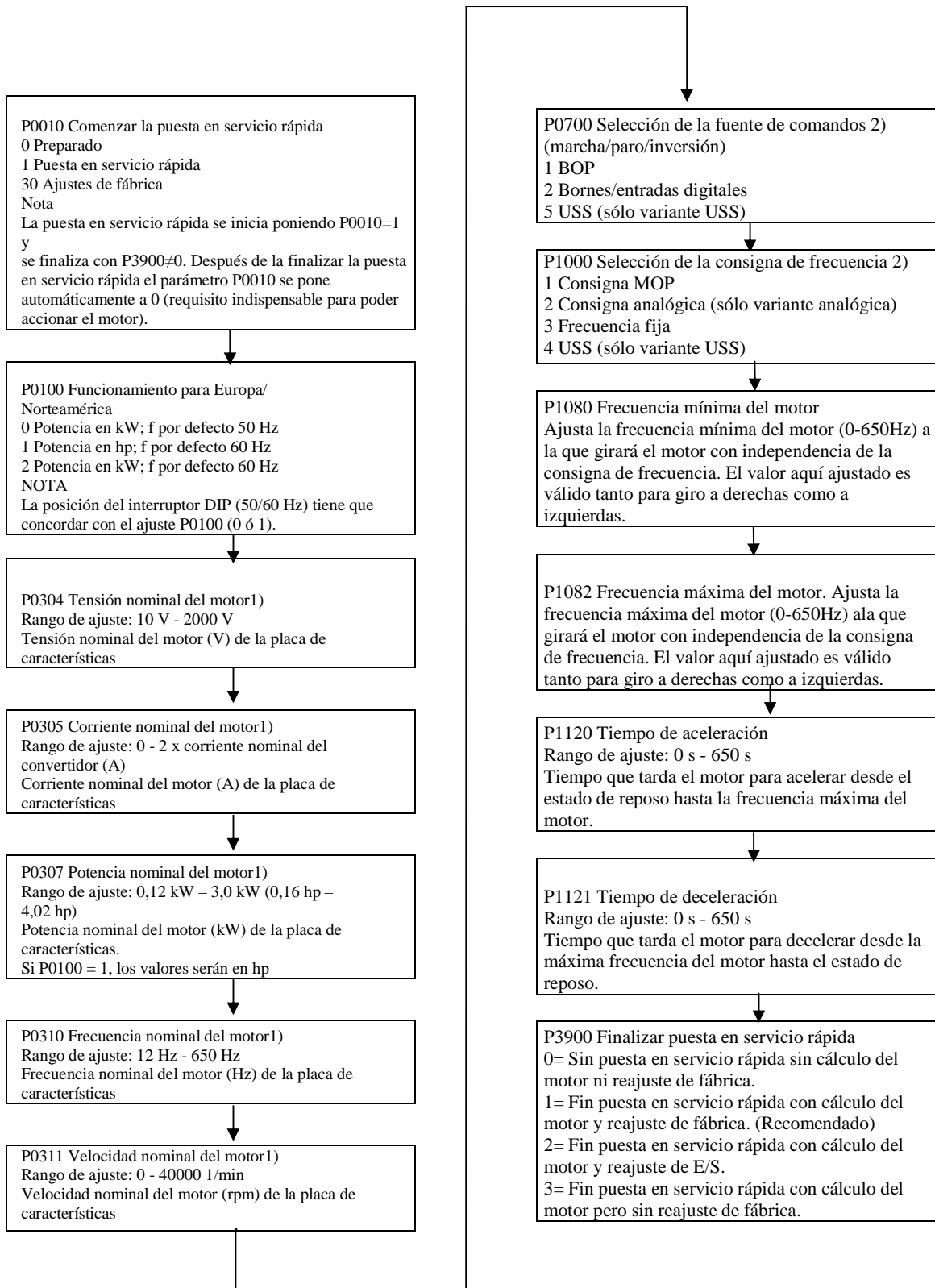
ANEXO 1: Selección del variador de frecuencia

| Datos para selección y pedidos | | | | | | | |
|--------------------------------|------|---|------------------------------|---------------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------------|
| Potencia | | Corriente asignada de entrada ¹⁾ | Corriente asignada de salida | Tamaño constructivo | Ejecucion | Referencia | |
| kW | hp | A | A | (Frame size) | | SINAMICS G110 sin filtro | con filtro integrado |
| 0,12 | 0,16 | 2,3 | 0,9 | FS A | Analógica | 6SL3211-0AB11-2UA0 | 6SL3211-0AB11-2BA0 |
| | | | | | USS | 6SL3211-0AB11-2UB0 | 6SL3211-0AB11-2BB0 |
| | | | | | Analógica (con disipador plano) | 6SL3211-0KB11-2UA0 | 6SL3211-0KB11-2BA0 |
| | | | | | USS (con disipador plano) | 6SL3211-0KB11-2UB0 | 6SL3211-0KB11-2BB0 |
| 0,25 | 0,33 | 4,5 | 1,7 | FS A | Analógica | 6SL3211-0AB12-5UA0 | 6SL3211-0AB12-5BA0 |
| | | | | | USS | 6SL3211-0AB12-5UB0 | 6SL3211-0AB12-5BB0 |
| | | | | | Analógica (con disipador plano) | 6SL3211-0KB12-5UA0 | 6SL3211-0KB12-5BA0 |
| | | | | | USS (con disipador plano) | 6SL3211-0KB12-5UB0 | 6SL3211-0KB12-5BB0 |
| 0,37 | 0,5 | 6,2 | 2,3 | FS A | Analógica | 6SL3211-0AB13-7UA0 | 6SL3211-0AB13-7BA0 |
| | | | | | USS | 6SL3211-0AB13-7UB0 | 6SL3211-0AB13-7BB0 |
| | | | | | Analógica (con disipador plano) | 6SL3211-0KB13-7UA0 | 6SL3211-0KB13-7BA0 |
| | | | | | USS (con disipador plano) | 6SL3211-0KB13-7UB0 | 6SL3211-0KB13-7BB0 |
| 0,55 | 0,75 | 7,7 | 3,2 | FS A | Analógica | 6SL3211-0AB15-5UA0 | 6SL3211-0AB15-5BA0 |
| | | | | | USS | 6SL3211-0AB15-5UB0 | 6SL3211-0AB15-5BB0 |
| | | | | | Analógica (con disipador plano) | 6SL3211-0KB15-5UA0 | 6SL3211-0KB15-5BA0 |
| | | | | | USS (con disipador plano) | 6SL3211-0KB15-5UB0 | 6SL3211-0KB15-5BB0 |
| 0,75 | 1,0 | 10,0 | 3,9 (c/ 40 °C) | FS A | Analógica | 6SL3211-0AB17-5UA0 | 6SL3211-0AB17-5BA0 |
| | | | | | USS | 6SL3211-0AB17-5UB0 | 6SL3211-0AB17-5BB0 |
| | | | | | Analógica (con disipador plano) | 6SL3211-0KB17-5UA0 | 6SL3211-0KB17-5BA0 |
| | | | | | USS (con disipador plano) | 6SL3211-0KB17-5UB0 | 6SL3211-0KB17-5BB0 |
| 1,1 | 1,5 | 14,7 | 6,0 | FS B | Analógica | 6SL3211-0AB21-1UA0 | 6SL3211-0AB21-1AA0 |
| | | | | | USS | 6SL3211-0AB21-1UB0 | 6SL3211-0AB21-1AB0 |
| 1,5 | 2,0 | 19,7 | 7,8 (c/ 40 °C) | FS B | Analógica | 6SL3211-0AB21-5UA0 | 6SL3211-0AB21-5AA0 |
| | | | | | USS | 6SL3211-0AB21-5UB0 | 6SL3211-0AB21-5AB0 |
| 2,2 | 3,0 | 27,2 | 11,0 | FS C | Analógica | 6SL3211-0AB22-2UA0 | 6SL3211-0AB22-2AA0 |
| | | | | | USS | 6SL3211-0AB22-2UB0 | 6SL3211-0AB22-2AB0 |
| 3,0 | 4,0 | 35,6 | 13,6 (c/ 40 °C) | FS C | Analógica | 6SL3211-0AB23-0UA0 | 6SL3211-0AB23-0AA0 |
| | | | | | USS | 6SL3211-0AB23-0UB0 | 6SL3211-0AB23-0AB0 |





ANEXO 2: Diagrama de bloques de la puesta en servicio del variador de velocidad SINAMICS G110.



ANEXO 3: Puesta en servicio rápida del variador SINAMICS G110



ANEXO 4: Características del PLC SIMATIC S7-200/CPU 224XP

| Característica | CPU 221 ¹ | CPU 222 ¹ | CPU 224 ¹ | CPU 224XP ¹ CPU 224XPsi ² | CPU 226 ¹ |
|---|---|---|---|--|---|
| |  |  |  |  |  |
| Entradas/salidas digitales integradas | 6 ED/4 SD | 8 ED/6 SD | 14 DE/10 DA | 14 DE/10 DA | 24 DE/16 DA |
| Entradas/salidas digitales N° de canales vía módulos de ampliación | – | 48/46/94 | 114/110/224 | 114/110/224 | 128/128/256 |
| Entradas/salidas analógicas N° de canales vía módulos de ampliación | – | 16/8/16 | 32/28/44 | 2 EA/1 SA integradas 32/28/44 | 32/28/44 |
| Memoria de programas | 4 kbytes | 4 kbytes | 8/12 kbytes | 12/16 kbytes | 16/24 kbytes |
| Memoria de datos | 2 kbytes | 2 kbytes | 8 kbytes | 10 kbytes | 10 kbytes |
| Memorización de datos dinámicos vía condensador de alto rendimiento | típ. 50 h | típ. 50 h | típ. 100 h | típ. 100 h | típ. 100 h |
| Contadores rápidos | 4x30 kHz, de ellos, 2x20 kHz usables como contadores A/B | 4x30 kHz, de ellos, 2x20 kHz usables como contadores A/B | 6x30 kHz, de ellos, 4x20 kHz usables como contadores A/Br | 4 x 30 kHz, 2 x 200 kHz, de ellos, 3 x 20 kHz y 1 x 100 kHz usables como contadores A/B | 6x30 kHz, de ellos, 4x20 kHz usables como contadores A/Br |
| Puertos de comunicación RS 485 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Protocolos soportados: | | | | sí, en los dos puertos | sí, en los dos puertos |
| – PPI maestro / esclavo | sí | sí | sí | sí | sí |
| – MPI esclavo | sí | sí | sí | sí | sí |
| – Freeport (protocolo ASCII programable) | sí | sí | sí | sí | sí |
| Posibilidades de comunicación opcionales | no ampliable | sí, esclavo PROFIBUS DP y/o maestro AS-Interface/Ethernet/ Internet/módem | sí, esclavo PROFIBUS DP y/o maestro AS-Interface/Ethernet/ Internet/módem | sí, esclavo PROFIBUS DP y/o maestro AS-Interface/Ethernet/ Internet/módem | sí, esclavo PROFIBUS DP y/o maestro AS-Interface/Ethernet/ Internet/módem |
| Potenciómetro analóg. de 8 bits integrado (para p. en marcha, cambio de valores) | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| Reloj de tiempo real | opcional | opcional | sí | sí | sí |
| Alimentación p. sensores 24 V DC integrada | máx. 180 mA | máx. 180 mA | máx. 280 mA | máx. 280 mA | máx. 400 mA |
| Regleta de conexión desenchufable | – | – | sí | sí | sí |
| Dimensiones (A x A x P en mm) | 90 x 80 x 62 | 90 x 80 x 62 | 120,5 x 80 x 62 | 140 x 80 x 62 | 196 x 80 x 62 |

ANEXO 5: Características técnicas de las CPU S7-200

| Características técnicas comunes de CPUs 221, 222, 224, 224XP, 224Xpsi y 226 | |
|---|--|
| Característica | CPU 221, 222, 224, 224XP, 224Xpsi, 226 |
| Aritmética en coma fija de 32 bits según norma IEEE | Sí |
| Reguladores PID integrados plenamente parametrizables | sí, hasta 8 reguladores PID independiente |
| Velocidad de procesamiento al bit | 0,22 µs |
| Interrupciones controladas por tiempo | 2 (tiempo de ciclo entre 1 y 255 ms con 1 ms de resolución) |
| Interrupciones hardware (detección de flancos en entradas) | Máx. 4 entradas |
| Marcas, temporizadores, contadores | 256 de cada una |
| Contadores rápidos | 4–6 (según CPU), máx. 30 KHz, ó 200 KHz en la CPU 224 XP |
| Salidas de impulsos (modulables en ancho o frecuencia) | 2 salidas, 20 KHz cada una (para variantes CD), 100 KHz en CPU 224 XP |
| Memoria de programas y datos | remanente (no volátil) |
| Memorización de datos dinámicos en caso de fallo de Alimentación | Remanencia: mediante condensador interno de alto rendimiento o módulo de pila adicional. No volátil: carga del bloque de datos con STEP 7-Micro/WIN, TD 200C o vía programa de usuario en la EEPROM integrada |
| Respaldo de los datos dinámicos mediante módulo de pila | Típ. 200 días |
| Puerto integrado de comunicación | sí, puerto RS 485 que soporta los modos siguientes: maestro o esclavo PPI/esclavo MPI/ Freeport (protocolo ASCII programable) |
| Velocidad de transferencia máx. | 187,5 Kbaudios (PPI/MPI) ó 115,2 Kbaudios (Freeport) |
| Software de programación | STEP 7-Micro/WIN que sirve para todos los lenguajes como AWL, FUP o KOP |
| Módulo de memoria de programa opcional | sí, programable en la CPU, para transferir programas, Data Logging, recetas, documentación |
| Variante CD/CD/CD | Sí |
| Alimentación | 24 V CD |
| Entradas digitales | 24 V CD |
| Salidas digitales | 24 V CD, máx. 0,75 A, pueden conectarse en paralelo para aumentar la potencia |
| Variante CA/CD/relés | Sí |
| Alimentación | 85–264 V CA |
| Salidas digitales | 5–30 V CD ó 5-250 V CA, máx. 2 (relés) |

ANEXO 6: Datos específicos y accesorios del PLC SIMATIC S7-200/CPU 224XP

| | |
|--|--|
| Aritmética en coma fija de 32 bits según norma IEEE | sí |
| Reguladores PID integrados plenamente parametrizables | sí, hasta 8 reguladores PID independientes |
| Velocidad de procesamiento al bit | 0,22 μ s |
| Interrupciones controladas por tiempo | 2 (tiempo de ciclo entre 1 y 255 ms con 1 ms de resolución) |
| Interrupciones hardware (detección de flancos en entradas) | máx. 4 entradas |
| Marcas, temporizadores, contadores | 256 de cada |
| Contadores rápidos | 4–6 (según CPU), máx. 30 kHz, ó 200 kHz en la CPU 224 XP |
| Salidas de impulsos (modulables en ancho o frecuencia) | 2 salidas, 20 kHz cada una (para variantes DC), 100 kHz en CPU 224 XP |
| Memoria de programas y datos | remanente (no volátil) |
| Memorización de datos dinámicos en caso de fallo de alimentación | remanencia: mediante condensador interno de alto rendimiento o módulo de pila adicional. No volátil: carga del bloque de datos con STEP 7-Micro/WIN, TD 200C o vía programa de usuario en la EEPROM integrada |
| Respaldo de los datos dinámicos mediante módulo de pila | típ. 200 días |
| Puerto integrado de comunicación | sí, puerto RS 485 que soporta los modos siguientes: maestro o esclavo PPI/esclavo MPI/ Freeport (protocolo ASCII programable) |
| Velocidad de transferencia máx. | 187,5 kbaudios (PPI/MPI) ó 115,2 kbaudios (Freeport) |
| Software de programación | STEP 7-Micro/WIN que sirve para todos los lenguajes como AWL, FUP o KOP |
| Módulo de memoria de programa opcional | sí, programable en la CPU, para transferir programas, Data Logging, recetas, documentación |
| Variante DC/DC/DC | sí |
| Alimentación | 24 V DC |
| Entradas digitales | 24 V DC |
| Salidas digitales | 24 V DC, máx. 0,75 A, pueden conectarse en paralelo para aumentar la potencia |
| Variante AC/DC/relés | sí |
| Alimentación | 85–264 V AC |
| Entradas digitales | 24 V DC |
| Salidas digitales | 5–30 V DC ó 5-250 V AC, máx. 2 A (relés) |

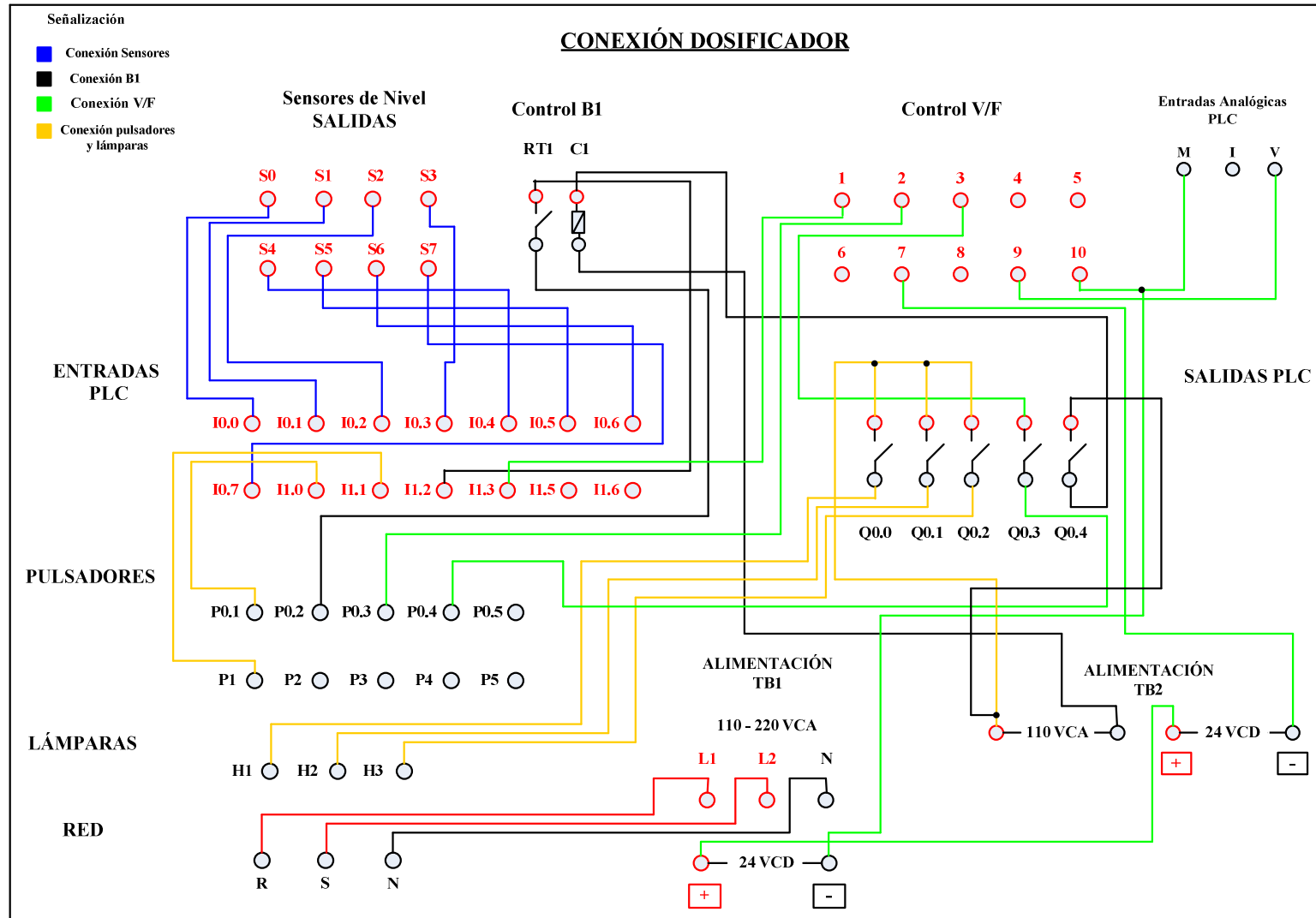
ANEXO 7: Datos técnicos bomba dosificadora y bomba centrífuga

| FICHA DE DATOS Y CARACTERÍSTICAS | | |
|--|---|----------------------------------|
| MÁQUINA : BOMBA (B1) | | |
| MARCA : BARNES | NÚMERO DE SERIE : 08110239 | MODELO : WATER PUMP QB60 |
| PLANTA : ESPOCH Facultad de Mecánica ESC. Ing. de Mantenimiento | SECCIÓN: LAB. CONTROL INDUSTRIAL | |
| TIPO : Centrífuga | AÑO DE FABRICACIÓN : 2009 | AÑO DE ADQUISICIÓN : 2010 |
| CARACTERÍSTICAS GENERALES | | |
| FASE: | MOTOR 1~ | VOLTAJE : 110V |
| KW: | 0,37 KW | AMPERAJE : 5.5 A |
| HP: | 0.5 | FRECUENCIA : 60 Hz |
| FICHA DE DATOS Y CARACTERÍSTICAS | | |
| MÁQUINA : BOMBA DOSIFICADORA | | |
| MARCA : APEMA | NÚMERO DE SERIE : 08110239 | MODELO : MB2201 B50G |
| PLANTA : ESPOCH Facultad de Mecánica ESC. Ing. de Mantenimiento | SECCIÓN: LAB. CONTROL INDUSTRIAL | MODELO : HUILE SHC |
| | MARCA REDUCTOR: LEROY SOMER | |
| TIPO : Peristáltica | AÑO DE FABRICACIÓN : | AÑO DE ADQUISICIÓN : 2011 |
| CARACTERÍSTICAS GENERALES | | |
| FASE: | MOTOR 3~ | VOLTAJE : 220V |
| KW: | 0,37 | AMPERAJE : 4 A |
| HP: | 0.5 | FRECUENCIA : 60 Hz |

Anexos 8: Datos para la conexión V/F

| PIN | DESCRIPCIÓN | FUNCIÓN |
|------------|--------------------|----------------------|
| 1 | Transistor | Salida – 24V |
| 2 | Transistor | Salida + 24V |
| 3 | Marcha – Paro | Entrada + 24V |
| 4 | Invertir Giro | Entrada + 24V |
| 5 | Freno | Entrada + 24V |
| 6 | Común + | Salida Interna + 24V |
| 7 | Común - | Salida Interna – 24V |
| 8 | Control Analógico | Salida + 10V |
| 9 | Control Analógico | Entrada 0-10V |
| 10 | Común - | Salida Interna – 24V |

ANEXO 9: Guía de conexión



PLANOS ELÉCTRICOS