

**PROPUESTA DE MIGRACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL FERTRON A
UN PLC SIEMENS EN EL TÁNDEM DEL MOLINO A DEL CENTRAL
AZUCARERO PORTUGUESA, C.A**



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**PROPUESTA DE MIGRACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL FERTRON A
UN PLC SIEMENS EN EL TÁNDEM DEL MOLINO A DEL CENTRAL
AZUCARERO PORTUGUESA, C.A**

EMPRESA: CENTRAL AZUCARERO PORTUGUESA, C.A

Autor: Enmanuel José Torres Bastidas
C.I.: 24.145.771.

SAN DIEGO, MARZO DE 2017.



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**PROPUESTA DE MIGRACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL FERTRON A
UN PLC SIEMENS EN EL TÁNDEM DEL MOLINO A DEL CENTRAL
AZUCARERO PORTUGUESA, C.A**

CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN

TUTOR EMPRESARIAL

TUTOR ACADÉMICO

Ing. HERNÁN ACOSTA
CI: 16.028.148

Ing. MARLENE ZAMBRANO
CI: 7.066.117

AUTOR: ENMANUEL JOSE TORRES BASTIDAS
C.I.: 24.145.771.

SAN DIEGO, MARZO DE 2017.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera y por brindarme una vida llena de aprendizaje. A toda mi familia por su apoyo incondicional, en especial a mis padres y a mis hermanos quienes son la fuente de mi voluntad.

A mis amigos por confiar y creer en mí y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidare.

A mis profesores por ser muy exigentes, colocarme retos elevados a lo largo de mi carrera y por darme las herramientas para desarrollarme como profesional.

A mi tutor académico la profesora Marlene Zambrano por responder siempre mis inquietudes durante las pasantías y dar buenas sugerencias para mejorar el trabajo de aplicación profesional.

Al ingeniero Hernán Acosta que en calidad de tutor empresarial me proporcionó la ayuda y guía necesaria para poder cumplir con las expectativas y condiciones del proyecto.

Al Central Azucarero Portuguesa y a todo el personal que la compone. A mi tutor externo el ingeniero Oscar Jiménez por guiarme a lo largo de mis pasantías, por ser un ejemplo como persona y como profesional y a todas aquellas personas que de alguna manera colaboraron con la realización de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

| | Página |
|--|---------------|
| INDICICE GENERAL | v |
| Introducción..... | 1 |
| CAPÍTULO I | 3 |
| 1.1 Reseña Histórica..... | 3 |
| 1.2 Visión de la Empresa..... | 4 |
| 1.3 Misión de la Empresa..... | 4 |
| 1.4 Objetivo de la Empresa..... | 5 |
| 1.4.1 Objetivos General de la Empresa..... | 5 |
| 1.4.2 Objetivos Específicos de la Empresa..... | 5 |
| 1.5 Actividad Económica de la Empresa..... | 5 |
| CAPÍTULO II | 7 |
| El Problema..... | 7 |
| 2.1 Formulación del Problema..... | 7 |
| 2.2 Objetivos..... | 8 |
| 2.2.1 Objetivos Generales..... | 8 |
| 2.2.2 Objetivos Específicos..... | 8 |
| 2.3 Justificación..... | 8 |
| 2.4 Alcance y Limitaciones..... | 9 |
| Capítulo III | 10 |
| Marco Referencial Conceptual..... | 10 |
| 3.1 Antecedentes..... | 10 |
| 3.2 Bases Teóricas..... | 11 |
| 3.2.1 Proceso Productivo del Azúcar..... | 11 |
| 3.2.1.1 Recepción de materia prima..... | 11 |

| | |
|--|-----------|
| 3.2.1.2 Preparación de la caña | 11 |
| 3.2.1.3 Extracción del jugo | 12 |
| 3.2.1.4 Clarificación del jugo..... | 12 |
| 3.2.1.5 Evaporación del jugo clarificado | 14 |
| 3.2.1.6 Cristalización | 14 |
| 3.2.1.7 Centrifugación..... | 16 |
| 3.2.1.8 Refinación de azúcar | 16 |
| 3.2.2 Modelado de un molino genérico | 18 |
| 3.3 Generalidades de control | 22 |
| 3.4 Ventajas de utilizar un PLC..... | 22 |
| 3.5 Términos básicos | 23 |
| Proceso de cristalización..... | 23 |
| Proceso de Centrifugación | 23 |
| Zafra..... | 24 |
| Romana | 24 |
| Melaza..... | 24 |
| Bagazo..... | 24 |
| Imbibición | 24 |
| Maceración..... | 24 |
| Tándem | 24 |
| Capítulo IV | 25 |
| Marco Metodológico | 25 |
| 4.1 Tipo de Investigación | 25 |
| 4.2 Diseño de la investigación | 26 |
| 4.3 Fases Metodológicas..... | 26 |
| 4.3.1 Fase I. Análisis del sistema de control actual del tándem de molino A | 27 |
| 4.3.2 Fase II. Descripción del proceso de migración del sistema de control del tándem de molino A..... | 28 |
| 4.3.3 Fase III. Desarrollo de la programación del PLC Siemens para el control | |

| | |
|---|----|
| del tándem de molino..... | 28 |
| CAPITULO V | 30 |
| Resultados..... | 30 |
| 5.1 Fase I. Análisis del sistema de control actual del tándem de molino A | 30 |
| 5.1.1 Análisis del proceso a optimizar..... | 30 |
| 5.1.2 Descripción de los equipos que interviene en el sistema de control..... | 41 |
| 5.1.2.1 Descripción de los elementos finales de control del proceso | 41 |
| 5.1.2.1.1 Variadores | 42 |
| 5.1.2.1.2 Motores | 44 |
| 5.1.2.1.3 Tacómetro | 44 |
| 5.1.2.1.4 Sensor capacitivo | 45 |
| 5.1.2.1.5 Convertidor CD 420..... | 46 |
| 5.1.2.1.6 Aislador de señal analógica | 48 |
| 5.1.2.1.7 Estación de emergencia..... | 49 |
| 5.1.2.1.8 Panel de control..... | 50 |
| 5.1.2.1.9 Válvula de descarga | 51 |
| 5.1.2.2 Descripción del equipo de control actual..... | 51 |
| 5.1.2.2.1 Fuente de poder..... | 52 |
| 5.1.2.2.2 CPU..... | 52 |
| 5.1.2.2.3 Módulo de entradas analógicas..... | 53 |
| 5.1.2.2.4 Modulo de salidas analógicas | 53 |
| 5.1.2.2.5 Modulo de entradas digitales | 53 |
| 5.1.2.2.6 Modulo de salidas digitales..... | 53 |
| 5.1.2.2.7 Sistema SCADA | 54 |
| 5.2 Fase II. Descripción del proceso de migración del sistema de control del tándem de molino A..... | 56 |
| 5.2.1 Descripción de los elementos de control y mando | 56 |
| 5.2.1.1 Relés industriales | 56 |
| 5.2.1.2 Elementos de protección | 57 |

| | |
|--|-----|
| 5.2.1.3 Breaker sobrepuesto termomagnético 5SX1 2..... | 57 |
| 5.2.1.4 Breaker sobrepuesto termomagnético 5SX1 3..... | 58 |
| 5.2.1.5 Carril DIN y canaletas | 59 |
| 5.2.1.6 Distribuidor de borneras | 59 |
| 5.2.1.7 Cable de control AWG 18..... | 59 |
| 5.2.1.8 Computador..... | 60 |
| 5.2.1.9 Equipos de control | 61 |
| 5.2.2 Descripción del proceso de migración..... | 65 |
| 5.3 Fase III Desarrollo de la programación del PLC Siemens para el control del tándem de molino A | 74 |
| 5.3.1 Configuración del Hardware..... | 77 |
| 5.3.2 Programación del sistema de control | 77 |
| 5.3.2.1 D/A Donnelly 1A y D/A Donnelly 6 | 78 |
| 5.3.2.2 Arrancadores | 83 |
| 5.3.2.3 Repetición de velocidad..... | 102 |
| 5.3.2.4 Válvulas de nivel..... | 106 |
| 5.3.2.5 Alarmas de Disparo..... | 107 |
| 5.3.3 Implementación con el WinCC Flexible | 109 |
| 5.3.4 Elementos y funcionamiento del HMI del tándem de molino | 112 |
| Conclusiones..... | 122 |
| Recomendaciones | 123 |
| Referencias Bibliográficas | 124 |
| Anexos | 126 |
| Anexo A..... | 127 |
| Anexo B | 132 |
| Anexo C..... | 133 |
| Anexo D..... | 134 |
| Anexo E | 135 |
| Anexo F..... | 136 |

| | |
|---------------|-----|
| Anexo G..... | 138 |
| Anexo H..... | 143 |
| Anexo I | 158 |

INDICE DE TABLAS

| TABLA | Página |
|--|---------------|
| 1. Flotación y presión hidráulica del tándem de molino A | 38 |
| 2. Entradas y salidas analógicas..... | 65 |
| 3. Entradas digitales. Primera parte | 66 |
| 4. Entradas digitales. Segunda parte | 67 |
| 5. Salidas digitales | 68 |
| 6. Marcas del proyecto Simatic STEP 7 | 127 |
| 7. Bloque de datos del primer donnelly DB1..... | 132 |
| 8. Bloque de datos DB4. Variables del último donnelly | 133 |
| 9. Bloque de datos DB9. Variables de bloque de arrancadores de motores | 134 |
| 10. Bloque de datos DB6. Variable de las válvulas de nivel..... | 135 |
| 11. Bloque de datos DB8. Variable de bloque de alama. | 136 |

INDICE DE FIGURAS

| FIGURA | Página |
|--|---------------|
| 1. Estación de molinos..... | 12 |
| 2. Estación de clarificación del jugo mixto | 13 |
| 3. Estación de Cristalización..... | 15 |
| 4. Estación de refinación del azúcar | 17 |
| 5. Estación de extracción..... | 18 |
| 6. Molino de caña típico en Colombia..... | 19 |
| 7. Histogramas para un control bueno y un control pobre en un molino de caña de azúcar..... | 21 |
| 8. Gancho de grúa..... | 30 |
| 9. Rampa de descarga | 31 |
| 10. Rampa de descarga y conductor 1 | 31 |
| 11. Rodillo alimentador | 32 |
| 12. Desfibradora | 32 |
| 13. Cinta de goma..... | 33 |
| 14 Gallego..... | 34 |
| 15. Electroimán..... | 34 |
| 16. Diagrama del tándem del molino A..... | 35 |
| 17. Sistema de dosificadores..... | 36 |
| 18. Alimentador de tipo donnelly con sensores Fertron | 37 |
| 19. Conductor de molino | 38 |
| 20. Tamiz rotativo..... | 39 |
| 21. Drenaje de jugo..... | 40 |
| 22. Variador de frecuencia ABB | 42 |
| 23. Variador de frecuencia Allen Bradley | 43 |

| | |
|--|----|
| 24 Motor eléctrico de 2 hp..... | 44 |
| 25. Tacómetro digital..... | 45 |
| 26. Sensor Capacitivo Fertron | 46 |
| 27. Convertidor CD 420 Fertron..... | 47 |
| 28. Aislador de señal analógica Fertron | 48 |
| 29. Estación de emergencia Fertron..... | 50 |
| 30. HMI del sistema Fertron. Parte 1..... | 54 |
| 31. HMI del sistema Fertron. Parte 2..... | 55 |
| 32 Relé Industrial..... | 56 |
| 33. Guarda motor Sirius 3RT2015-1AF01 | 57 |
| 34. Breaker Siemens 5SX1 2..... | 58 |
| 35. Breaker Siemens 5SX1 3..... | 58 |
| 36. Carril DIN y Canaletas | 59 |
| 37. Distribuidor de borneras | 59 |
| 38. Cable de control AWG 18 | 60 |
| 39. Computador para programación y MPI..... | 60 |
| 40. PLC SIEMENS S7-300 | 63 |
| 41. Modulo de 8 entradas analógicas..... | 65 |
| 42. Modulo de 32 salidas digitales | 69 |
| 43. Cable interfaz PPI..... | 69 |
| 44. Organización de los equipos en el bastidor | 70 |
| 45. Instalación del conector de bus..... | 71 |
| 46. Instalación de los equipos | 72 |
| 47. Fijación de los equipos | 72 |
| 48. Identificación del slot | 73 |
| 49. Diagrama de flujo general del sistema de control. Primera parte..... | 75 |
| 50. Diagrama de flujo general del sistema de control. Segunda parte..... | 76 |
| 51. Hardware del sistema de control..... | 77 |
| 52. Segmento del bloque principal OB1 | 78 |

| | |
|---|-----|
| 53. Primer segmento del bloque FC1 | 79 |
| 54. Segundo segmento del bloque FC1 | 80 |
| 55. Sexto segmento del bloque FC1 | 81 |
| 56. Séptimo segmento del bloque FC1 | 81 |
| 57. Ultimo segmento del bloque FC1. Primera parte | 82 |
| 58. Ultimo segmento del bloque FC1. Segunda parte | 83 |
| 59. Bloque FC3 del conductor de bagazo | 84 |
| 60. Segmentos de arranque de motor. Primera parte | 85 |
| 61. Segmentos de arranque de motor. Segunda parte | 86 |
| 62. Segundo segmento de FC12 | 87 |
| 63. Segmento del estado del motor. Primera parte | 88 |
| 64. Segmento del estado del motor. Segunda parte | 89 |
| 65. Segmento del estado del motor. Tercera parte..... | 90 |
| 66. Interlock arranque de molino 5 y 6..... | 91 |
| 67. Primera parte del esquema de programación del bloque FC12 | 92 |
| 68. Segunda parte del esquema de programación del bloque FC12 | 93 |
| 69. Interlock de las bombas de maceración | 94 |
| 70 Interlock de jugo mixto..... | 95 |
| 71. Segunda parte del esquema de programación del bloque FC12 | 96 |
| 72. Diagrama de flujo del control de molino. Primera parte | 97 |
| 73. Diagrama de flujo del control de molino. Segunda parte | 98 |
| 74. Diagrama de flujo del control de molino. Tercera parte..... | 99 |
| 75. Diagrama de flujo del control de molino. Cuarta parte | 100 |
| 76. Diagrama de flujo del control de molino. Quinta parte | 101 |
| 77 Diagrama de flujo del control de molino. Sexta parte | 102 |
| 78. Segmento del bloque FC5. Primera parte | 103 |
| 79. Segmento del bloque FC5. Segunda parte | 104 |
| 80. Segmento del bloque FC5. Tercera parte | 105 |
| 81. Segmento del bloque FC5. Cuarta parte | 105 |

| | |
|---|-----|
| 82. Primer segmento del bloque FC6 | 106 |
| 83. Primer segmento del bloque FC7 | 107 |
| 84. Acuse de falla de disponibilidad intermedio del conductor de molino 4 y 5 y falla de interlock del conductor de molino 3 y 4 | 108 |
| 85. Conexión del HMI con el PLC | 109 |
| 86. Asignación y direccionamiento d variables | 110 |
| 87. HMI WinCC flexible del tándem de molino A. | 111 |
| 88. Históricos del HMI WinCC | 112 |
| 89. Seguridad del HMI WinCC | 112 |
| 90. Ajustes de protección del HMI WinCC..... | 113 |
| 91. Históricos de los conductores del HMI WinCC | 113 |
| 92. Ventana de los históricos del HMI WinCC | 114 |
| 93. Rodillo alimentador del HMI WinCC | 115 |
| 94. Gallego del HMI WinCC..... | 115 |
| 95. Imán del HMI WinCC | 116 |
| 96. Conductores del HMI WinCC | 116 |
| 97. Cinta de goma del HMI WinCC | 116 |
| 98. Modo de control de los conductores del HMI WinCC | 117 |
| 99. Parámetros de control de los conductores del HMI WinCC..... | 117 |
| 100. Segundo intermedio del tándem de molino | 118 |
| 101. Ventana de dialogo del segundo intermedio del tándem de molino | 118 |
| 102. Ventana de dialogo de la bomba de maceración del tándem de molino..... | 119 |
| 103. Ultimo alimentador de tipo donnelly del tándem de molino | 119 |
| 104. Ventana de dialogo del último alimentador del tándem de molino | 120 |
| 105. Elementos finales de control del tamiz del tándem de molino | 120 |
| 106. Control de flujo del tándem de molino | 121 |
| 107. Control de nivel del tándem de molino..... | 121 |

INTRODUCCIÓN

Las empresas que piensan en el futuro se encuentran provistas de modernos dispositivos electrónicos en sus máquinas y procesos de control. En la actualidad, las fábricas automatizadas deben proporcionar en sus sistemas: alta confiabilidad, gran eficiencia y flexibilidad. Uno de los elementos principales para la automatización en dichas fábricas es un dispositivo electrónico llamado Controlador Lógico Programable (PLC).

Hoy los Controladores Lógicos Programables son diseñados usando lo último en diseño de microprocesadores y circuitería electrónica, esto proporciona una mayor confiabilidad en su operación, así como también en las aplicaciones industriales donde existen peligros potenciales tales como: alta repetitividad, elevadas temperaturas, ruido ambiental o eléctrico, suministro de potencia eléctrica no confiable y vibraciones mecánicas, entre otros.

El Central Azucarero Portuguesa C.A (CAPCA), en su dedicación por respetar su compromiso como primer central azucarero del país se encuentra encaminado a la implantación del mejoramiento continuo, por lo que invierte gran cantidad de recursos económicos en actualización tecnológica, incluyendo a la automatización industrial, lo que permite controlar y mejorar los procesos de producción haciéndolos más simples, rápidos y eficientes.

El sistema de control distribuido Delta V es actualmente utilizado en la empresa para la supervisión y control de gran cantidad de procesos como el control de presión de las calderas y el control de nivel de los tanques de licor disuelto, entre otros. A saber, la empresa además de este sistema, emplea control híbrido programable de la marca Fertron y control lógico programable de la marca Siemens. A raíz de esto, se presenta la necesidad de migrar el sistema Fertron a PLC Siemens, con la finalidad de estandarizar los sistemas de control en la empresa.

El proyecto está enfocado en el reemplazo del controlador Fertron por un controlador lógico programable Siemens y la introducción de un panel de operador que permita visualizar y controlar las variables pertinentes al proceso, y así obtener un mejor proceso de alimentación de la caña hacia el sector de molienda; ya que esto repercute en varios factores de la producción, tales como: calidad de extracción del jugo de caña, cantidad de energía requerida en el proceso de molienda, así como también tiempos de producción.

Este informe final de pasantía, en el cual se plasma la propuesta de reemplazo antes mencionada, está estructurado en capítulos, según se describe a continuación:

En el capítulo I se hace una reseña histórica de la empresa CAPCA, además se mencionan otros aspectos relacionados con ella, como lo es su misión, visión, objetivos y actividad económica. En el capítulo II denominado “El Problema” se describe el área de trabajo, su situación actual y se presenta el planteamiento del problema. En esta sección se pretende ubicar al lector en el contexto donde se desarrolla el trabajo de aplicación profesional, y se establecen los objetivos para llevar a cabo la solución del problema. Así mismo se indica la justificación, alcance y limitaciones del mismo.

En el capítulo III referente al marco referencial conceptual, se revelan investigaciones realizadas anteriormente, asimismo se explica más a fondo todo lo relacionado con los conceptos necesarios para dar sustento teórico a la investigación.

En el capítulo IV se establece el tipo de investigación, así como su diseño, no obstante se divide la ejecución del trabajo por etapas o fases donde se aplican diversas técnicas e instrumentos para la recolección de información y, finalmente, en el capítulo V, de acuerdo a las fases metodológicas se analiza el sistema a controlar. Se hace una descripción de los equipos que intervienen en el mismo y se procede al desarrollo del programa.

Finalmente, se presentan las conclusiones producto del desarrollo del trabajo y las recomendaciones para posteriores investigaciones.

CAPÍTULO I

LA EMPRESA

1.1 Reseña histórica

El Central Azucarero Portuguesa C.A (CAPCA), surge de la iniciativa de unos productores de la región, para consolidar la riqueza agrícola del Estado Portuguesa. El 10 de Mayo de 1966, inicia sus operaciones con un capital de 58 millones de bolívares y una capacidad de molienda de tres mil toneladas métricas por día. La finalidad del Central Azucarero Portuguesa C.A. es la producción de azúcar refinada para uso doméstico e industrial, ya sea a través del procesamiento de la caña de azúcar y/o procesamiento del azúcar crudo (azúcar moscabado).

Desde su inicio de sus actividades la empresa opera de manera exitosa, pasando luego a un período difícil a partir de la zafra de 1979-1980, en el cual se registra un sucesivo descenso en la molienda debido a las difíciles condiciones políticas, y económicas del país y la baja producción en el campo de caña de azúcar. En septiembre de 1983 se produce el cese de las actividades de la empresa al no poder recuperarse de la seria crisis confrontada.

Después de este periodo de crisis, se inicia una nueva etapa para la organización al ser adquirida por el empresario Sr. Oswaldo Cisneros, el cual la convierte en una empresa netamente privada y con mayor estabilidad económica. En 1990 se logró implantar un proceso físico-químico para obtener un blanco directo, obteniéndose azúcar refinada en un ambiente de alta productividad. La consolidación y el constante crecimiento llevan al Central con sus cañicultores a un récord de procesamiento de 828.000 TC en la zafra del año 1988.

La empresa dirige sus esfuerzos al campo en 1991, aplicando una estrategia de crecimiento de integración, ya que considera necesario brindar apoyo a los cañicultores para que logren exitosamente acceder financiamientos a través de la banca privada y a su vez dar asesoría técnica en el campo para mejorar sus cultivos. Esto, inicialmente, fue un

proyecto de Financiamiento y asistencia técnica (FYAT), convirtiéndose luego en una unidad de carácter permanente, que sirve en la actualidad de enlace entre los cañicultores. Al utilizar esta estrategia, la empresa garantiza que sus proveedores de materia prima dispongan de recursos y conocimientos tecnológicos para mejorar su producción, obteniendo una caña de azúcar de excelente calidad.

Conscientes del compromiso que tienen en la actualidad como primer central azucarero del país encaminado a la implantación del mejoramiento continuo para mantenerse en esa posición, fijan como meta maximizar la productividad a través de la optimización de sus procesos, con la eficiencia y el trabajo de todos los niveles de la organización, además de reducir el impacto social y ambiental, generando crecimiento económico a través del aumento en la actividad agrícola, comercial y de la generación de empleo en la región.

La organización está conformada por tres importantes áreas: el área administrativa, recursos humanos y el área de industria. en esta última es donde se transforma el jugo que se extrae de la caña en azúcar refinada para uso industrial alimenticio.

1.2 Visión de la Empresa.

La visión de la empresa está enfocada a producir azúcar para la industria refresquera, alimenticia y para el consumo doméstico, superando las expectativas de los clientes en cuanto a calidad y servicio, maximizando la productividad industrial y gestión administrativa, fomentando así el crecimiento y desarrollo de nuestros cañicultores, trabajadores y proveedores, y ser un permanente factor de protección al ambiente y a las comunidades en que está envuelto.

1.3 Misión de la Empresa.

La empresa tiene como misión consolidar a la empresa en base a eficiencia, volumen y calidad al menor costo posible, de manera que les permita ser competitivos y asegurar la continuidad y supervivencia en un escenario mundial de mercado globalizado, creando así tanto para los accionistas, cañicultores, proveedores, trabajadores y a la comunidad en que se desenvuelven el mejor bienestar socioeconómico.

1.4 Objetivos de la empresa.

1.4.1 Objetivo general de la empresa.

El objetivo principal del Central Azucarero Portuguesa C.A., es consolidarse como una de los centrales más importantes del país tanto en el ámbito organizativo como empresarial.

1.4.2 Objetivos específicos de la empresa.

1. Implantar medidas de control en los departamentos, para reestructurar las normas que rigen el movimiento diario de la organización, optimizando así, las operaciones.
2. Sistematizar todos los procesos en el ámbito de fábrica a través de sistemas computarizados, de tal forma que la información fluya de manera eficaz, sencilla y rápida en el momento de que sea requerido, utilizando para esto el equipo humano y material con el que cuenta la organización.
3. Continuar con el proyecto de instalación de un tándem de molinos, lo cual le permitirá permanecer en el primer lugar entre los centrales azucareros del país.

1.5 Actividad económica de la Empresa.

El Central Azucarero Portuguesa, es una empresa privada destinada principalmente a la producción de azúcar refinada obtenida de la molienda de la caña de azúcar. Una compañía que se compromete a proporcionar a sus clientes productos de la más alta calidad teniendo tres tipos de azúcar la premiun, covenin y comercial, satisfaciendo las expectativas a las empresas receptoras de este producto tales como la Coca-Cola, Nestle, Heinz, Gerber, Empresas Polar, entre otras. Quienes reciben azúcar de tipo premiun y covenin por ser las requeridas para la elaboración de sus productos.

Además de obtener azúcar refinada el Central Azucarero, C.A., durante el proceso de refinación de la misma, sale también al mercado uno de los subproductos obtenidos como es la melaza siendo las empresas destileras las demandantes de este producto para la fabricación de licores.

El CAPCA tiene actividades económicas de egreso e ingreso relacionadas con la adquisición de productos químicos necesarios para el proceso de fabricación de azúcar, productos obtenidos dentro o fuera del país. Así mismo CAPCA es una de las empresas

más grandes del país y es uno de los que producen grandes toneladas de azúcar refinada tanto para las empresas receptoras como para el consumo de la comunidad.

CAPÍTULO II

EL PROBLEMA

El Central Azucarero Portuguesa C.A cuenta con 2 tandems de molinos, el tándem de molino A y el tándem de molino B; el primero está conformado por 6 molinos accionados por turbinas de vapor. Adicionalmente este tándem consta de un sistema de tuberías para el agua de imbibición y jugo mixto, tres variadores de velocidad, uno para el tamiz rotativo, otro para el tornillo sinfín del tamiz y un último para el de jugo mixto.

Actualmente dicho tándem funciona de forma automática, supervisado por un operador, encargado de observar el funcionamiento mediante un panel interface humano maquina (HMI), que se encuentra junto al mismo, para solucionar las fallas que se presenten.

El problema radica en la falta de estandarización en los sistemas de control de la empresa, debido a que el molino A esta automatizado con un sistema de control hibrido programable (PHC en inglés) sin continuidad en sus actualizaciones de software, lo que ocasiona que se presenten problemas en la comunicación con los otros autómatas (Siemens y Delta V). Esto significa para la empresa costos elevados en el área de mantenimiento, debido a la necesidad de mantener repuestos de dicha marca en el almacén, escasa flexibilidad en el sistema global que monitorea el Central Azucarero Portuguesa y falta de estandarización en las soluciones para el control industrial, lo que dificulta los trabajos cuando se presente un problema.

2.1 Formulación del Problema.

El Central Azucarero Portuguesa actualmente cuenta con tres sistemas de automatización, PHC, Delta V y PLC Siemens, siendo los dos últimos los más utilizados. El sistema de control Fertron como se dijo anteriormente, representa una gran inversión en el área de mantenimiento, debido a lo costoso que son sus repuestos. Por otra parte, no se

cuenta con el monitoreo y control en sus molinos. La migración del tándem de molino A se tiene prevista hacia un sistema de control Siemens, debido a que la empresa en su plan de reducción de costos ha decidido optar por esta solución en lugar de realizar la migración al sistema Delta V que implica más gastos. A partir de esto se plantea la siguiente incógnita: ¿De qué manera se podría realizar la migración del sistema de control Fertron a PLC Siemens para la estandarización de equipos en planta?

2.2 Objetivos.

2.2.1 Objetivo general.

Proponer migración del sistema de control Fertron a un PLC Siemens en el tándem de molino A del central azucarero Portuguesa, C.A.

2.2.2 Objetivos específicos.

1. Analizar el sistema de control actual del tándem del molino A del Central Azucarero Portuguesa C.A.
2. Describir el proceso de migración del sistema de control del tándem del molino A del Central Azucarero Portuguesa C.A.
3. Desarrollar la programación del PLC Siemens para controlar el tándem del molino A del Central Azucarero Portuguesa C.A.

2.3 Justificación.

Actualmente la economía globalizada demanda alta competitividad de las empresas, con el fin de cubrir las necesidades y exigencias del mercado. Por lo tanto, se hace necesario el perfeccionamiento de sus procesos; esto se logra a través de un análisis al interior de la organización, detectando debilidades para darles una solución efectiva en el menor tiempo posible.

El presente estudio trata de una propuesta de migración del sistema de automatización del tándem de molino A por solicitud directa de la empresa, un área primordial en la producción de azúcar para la empresa, teniendo en cuenta la alta producción en ésta.

La migración del sistema de control traerá como beneficios la unificación del proceso productivo con los dos sistemas autómatas ya existentes en la empresa, debido a que actualmente el sistema de control distribuido Delta V se encarga del control de las calderas

y de las etapas de clarificación del guarapo y el PLC Siemens se encarga del control de las centrifugas y del tándem del molino B. Ahora con la migración planeada se logra una estandarización en los sistemas de control que, con el uso de las redes de comunicación ya establecidas en el central azucarero (red Profibus DP) se pretende, como plan a futuro y a largo plazo, la unificación de sus autómatas para simplificar la configuración de la arquitectura de control y de comunicación, además de facilitar la verificación de equipos en caso de que existan fallos. Sin embargo para este proyecto en concreto y a corto plazo, el control de los dos molinos contará con un sistema con periferia E/S descentralizado con capacidad de expansión en la parte de extracción de jugo proveniente de la caña de azúcar, lo cual cumplirá con los objetivos de la empresa en cuanto a la molienda de caña, los cuales están orientados a la extracción de jugo de caña disminuyendo la pérdida de la materia prima.

2.4 Alcance y limitaciones.

Con el proyecto se pretende describir paso a paso los procesos de migración del sistema de control, y el diseño de la programación de la lógica de control del tándem de molino A. Para ello se procederá a especificar la configuración del PLC al cual se migrará, identificar las variables de entrada y salida del mismo y elaborar el programa para el funcionamiento del proceso.

El presente trabajo se centra en la ingeniería electrónica, específicamente en las áreas de control, automatización e instrumentación de un proceso industrial. Se desarrolla en el área de sistemas de control tanto eléctrico como electrónico.

El proyecto se desarrollará únicamente para el tándem de molino A, el cual se encuentra en el Central Azucarero Portuguesa C.A. ubicada en Acarigua, Estado Portuguesa, Venezuela.

CAPÍTULO III

MARCO REFERENCIAL CONCEPTUAL

3.1 Antecedentes.

En todo proceso investigativo se hace una recolección de material bibliográfico en relación con el problema planteado, este permite ser fuente de apoyo para el desarrollo de dicho estudio. A continuación, se muestran algunos trabajos que tienen relación con el tema de estudio de este proyecto, los cuales servirán como base para la elaboración del informe.

Primeramente, Mckay (2006), en su trabajo de grado titulado **“Diseño de la cuarta masa para molinos en el proceso de fabricación de azúcar del ingenio el Baúl”** presentado como requisito en la Universidad de San Carlos de Guatemala, para optar al título de ingeniero electrónico, tuvo como objetivo implementar la cuarta masa a cada molino. Este trabajo se tomará como punto de partida para comprender las especificaciones técnicas del funcionamiento de un tándem de molinos.

Por otro lado, Robalino (2006) en su trabajo de grado titulado **“Diseño e implementación del sistema de control automático para la alimentación de caña en el ingenio azucarero Valdez”** presentado en la Universidad Simón Bolívar, Ecuador como requisito para optar al título de ingeniero electrónico, se enfocó en el reemplazo del controlador Fertron CDP 200, por un controlador lógico programable MicroLogix 1500. En base a este proyecto se planteará la metodología de diseño de investigación a utilizar y el desarrollo del programa del PLC.

Por último, Rosero y Ramírez (2009) en su trabajo titulado **“Accionamientos eléctricos para obtener el modelado dinámico no lineal a partir de principios físicos, de molinos de caña de azúcar de las cuatro mazas accionadas con motores eléctricos”** en el grupo de investigación de control industrial de la Universidad del Valle, en Cali, Colombia, el cual tuvo como objetivo el modelado y diseño de estrategias de control

basadas en controladores en cascada, las cuales se evalúan con índices de desempeño plateados con base al objetivo principal de maximizar la extracción con contabilidad de operación. Este trabajo servirá de referencia para comprender y desarrollar la programación para el control del tándem del molino.

3.2 Bases Teóricas.

Para la realización de este trabajo es indispensable conocer el proceso de producción del azúcar, debido a la relación que existe entre: la extracción de guarapo en los molinos con las etapas posteriores; haciendo mención de las fases anteriores a los tandems para su mayor comprensión.

3.2.1 Proceso Productivo del Azúcar.

El proceso productivo del azúcar se puede dividir en etapas y describir, según Barrera (2010), de la siguiente manera:

3.2.1.1 Recepción de materia prima.

La fabricación del azúcar, comienza con la recepción de caña, la cual llega al central en camiones para caña larga y gandolas con remolques para caña corta o de rolito; estos camiones pasan por el área de control de materia prima donde se toma una muestra por medio de una sonda, accionada por un motor, esa muestra pasa luego al laboratorio de materia prima para realizar los análisis de control respectivo, con estos parámetros se determinan el rendimiento de caña de azúcar para poder realizar el pago al cañicultor. Para el pesaje de la caña se dispone de romanas, con sistema computarizado con el fin de cuantificar la cantidad de caña que se arriman diariamente.

3.2.1.2 Preparación de la caña.

La descarga de la caña se efectúa mediante dos descargadores tipo hilo, que descargan a su respectiva mesa alimentadora. La caña es llevada al molino por conductores de caña de tablillas. Un juego de cuchilla picadoras, acoplada al reductor. La caña es preparada por una desfibradora, accionada por una turbina y por ultimo pasa al separador electro-magnético de 20 KVA, 400 Gauss, que está sobre la cinta transportadora de goma que alimenta al molino, con el objeto de retener los pedazos de metal arrastrados por la caña, que pudieran entorpecer más adelante el proceso.

3.2.1.3 Extracción del jugo.

Para extraer el jugo de caña (ver figura 1), se comienza con la etapa de molienda, en la cual se realiza extracción del jugo que contiene la sacarosa, que se denomina jugo mezclado, el cual se envía al proceso de clarificación y el bagazo primer subproducto del proceso, es empleado como combustible en las calderas para generación de vapor.

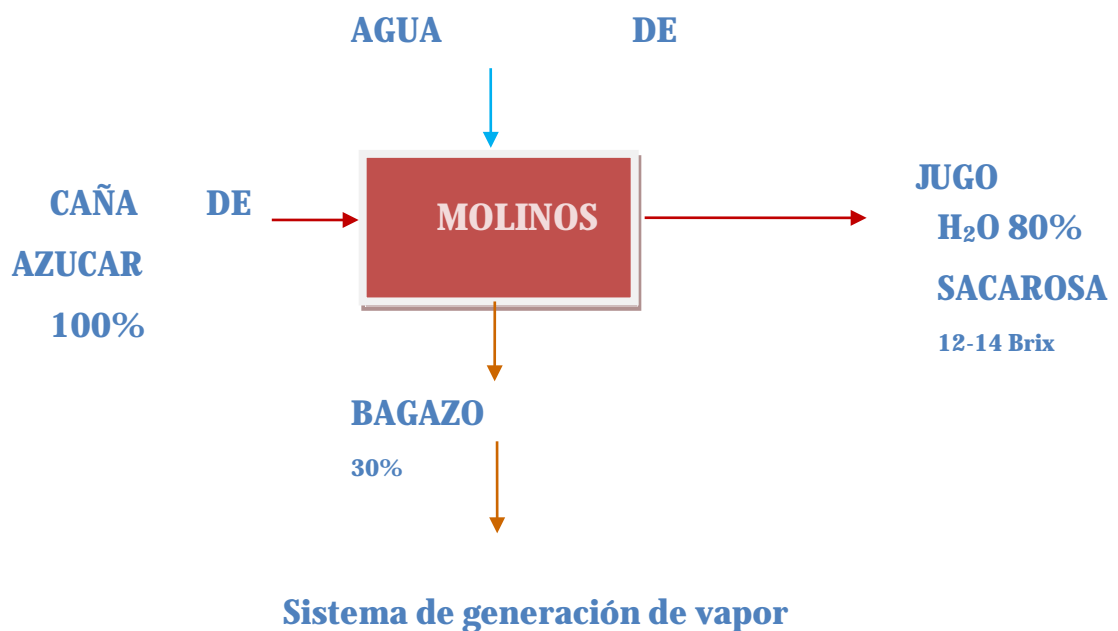


Figura 1. Estación de molinos.

Fuente: Goris (2011).

3.2.1.4 Clarificación del jugo.

Este proceso tiene como objetivo principal eliminar la máxima cantidad de impurezas del jugo mezclado, provenientes del sistema de extracción (molinos). El jugo mezclado obtenido en los molinos, contiene una gran cantidad de impurezas en suspensión, es

sometido a un proceso de clarificación (ver figura 2) mediante el empleo de cal hidratada, y el fosfato contenido en el jugo, que es sometido a calentamiento hasta 105°C, se adicionan polímeros como agentes clarificantes para lograr la neutralización de coloides, insolubilización de sales coloreadas, coagulación de albúminas, ceras y grasas, haciendo posible su separación por decantación en equipos llamados clarificadores, donde el jugo limpio y claro sale en forma continua por la parte superior, mientras que los dos formados y precipitados se extraen por la parte inferior con el nombre de cachaza (Segundo Subproducto).

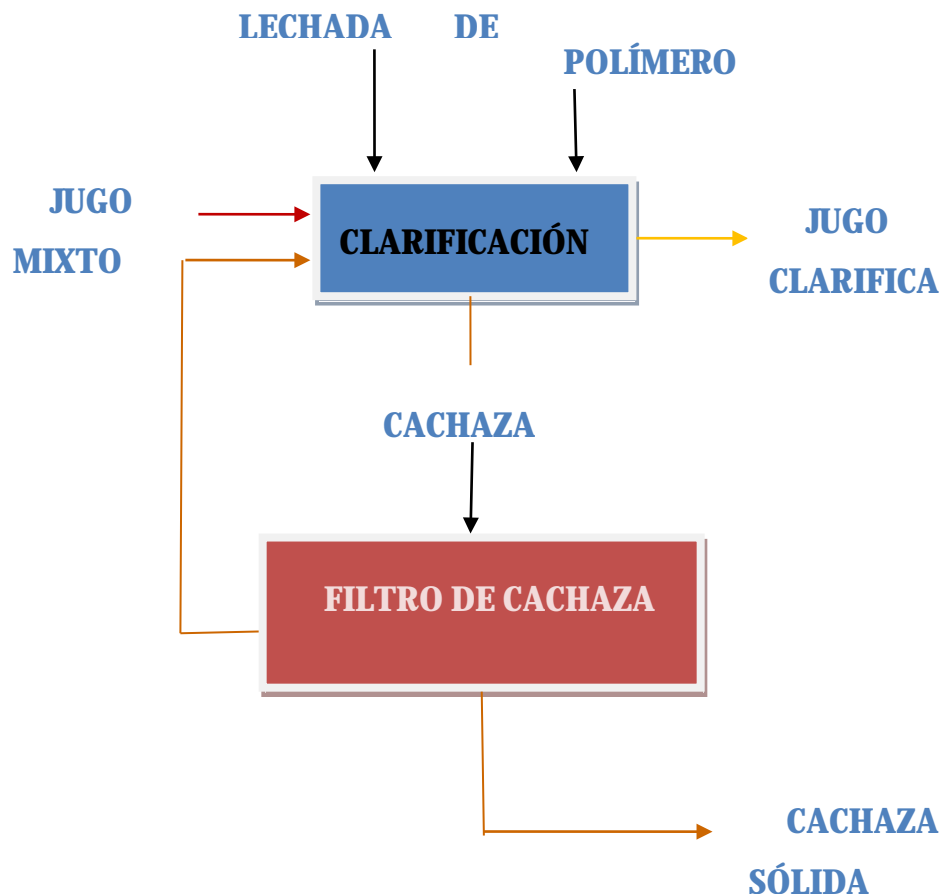


Figura 2. Estación de clarificación del jugo mixto.

Fuente: Goris (2011).

El jugo clarificado se envía al proceso de evaporación, mientras que el jugo recuperado del tratamiento de los lodos se retorna al proceso de clarificación. La cachaza seca se traslada en camiones a un patio de estabilización, para posteriormente emplearla en las siembras de caña como mejorador de la textura del suelo y abono orgánico.

3.2.1.5 Evaporación del jugo clarificado.

El jugo clarificado que contiene aproximadamente un 15% de sólidos solubles y un 85% de agua es sometido a un proceso de concentraciones hasta alcanzar el 60-65% de los sólidos en un tren de evaporación de cuádruple efecto. El jugo concentrado recibe el nombre de meladura y la meladura prosigue a la etapa de cristalización.

3.2.1.6 Cristalización.

La cristalización se lleva a cabo en cuerpos al vacío de un solo efecto, similares a un evaporador, con tubos de superficie calórica de mayor diámetro llamados tachos (ver figura 3), en los cuales continúa concentrando la meladura hasta llegar a la saturación de la misma. Al llegar a este punto, se introducen pequeñísimos cristales de azúcar preparados que se denomina semilla para que sirvan de núcleos de cristalización y se continúa agregando meladura en forma controlada para mantener el material saturado provocando el crecimiento de los cristales que continúa hasta alcanzar el tamaño previamente establecido. El material obtenido al terminar el cocimiento es una masa densa compuesta de cristales y miel agotada, que se descarga a los cristalizadores para continuar su agotamiento por descenso de temperatura y movimiento.

Este proceso en general permite separar sustancias que forman un sistema material homogéneo, por ejemplo: el agua potable es una solución formada por agua y sales disueltas en ella. Los tres métodos más conocidos son: evaporación o capitalización, cromatografía y destilación. La operación de cristalización es el proceso por medio del cual se separa un componente de una solución líquida transfiriéndolo a la fase sólida en forma de cristales que precipitan. Es una operación necesaria para todo producto químico que se presenta comercialmente en forma de polvos o cristales, en este caso es usado en el proceso de producción de azúcar.

En el proceso de cocimiento se utiliza el sistema de *doble magma* el cual consiste en realizar tres tipos de masa cocida y utilizar los azúcares y mieles de los azúcares de baja pureza para la fabricación de un solo tipo de azúcar crudo, que es el azúcar A; como parte de este sistema de cocimiento se extrae la miel de la tercera masa cocida como un subproducto llamado melaza, la cual debe tener el más bajo contenido de azúcar posible.

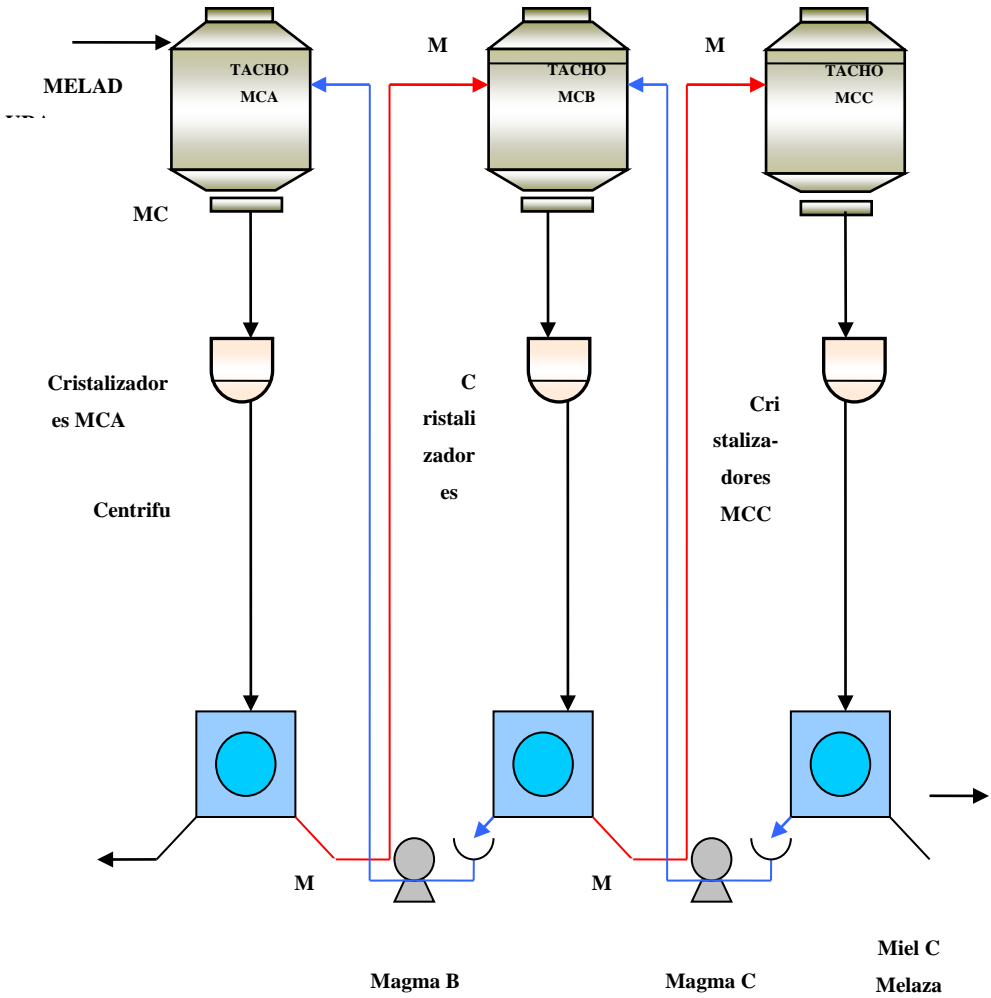


Figura 3. Estación de Crisolización.

Fuente: Goris (2011).

3.2.1.7 Centrifugación.

Concluida la cristalización, la masa cocida se descarga por gravedad a las centrífugas que separan el azúcar de la miel (meladura agotada). El azúcar se envía a la refinería en tanto que la miel regresa a los tachos para un nuevo cocimiento, hasta lograr el máximo agotamiento de las mieles; La miel del último cocimiento se retira de la factoría como melaza, mientras que el azúcar se emplea como semilla en el cocimiento anterior. La melaza (último subproducto) se almacena para la venta como materia prima en la producción de alcoholes, alimento para ganado y otros.

3.2.1.8 Refinación de Azúcar.

La refinación del azúcar crudo (ver figura 4) producido de la molienda de caña y/o procedente de otros centrales, implica la disolución del azúcar con un 35% de agua caliente para obtener una solución llamada licor, la cual se somete a un proceso de purificación empleando ácido fosfórico, cal, calentamiento, aireación y floculantes químicos (catiónicos y aniónicos); luego de este tratamiento, el licor pasa por dos clarificadoras para la eliminación por flotación de las impurezas insolubles.

Las impurezas eliminadas en forma de espuma (espuma de refinería) retorna al proceso de clarificación de jugo o son enviadas al sistema de tratamiento de espuma de refinería y el licor clarificado es filtrado para eliminar pequeñas impurezas insolubles que no fueron removidas en la clarificación; para ello el proceso de filtración se realiza con auto filtros de placa, con aplicación de tierra de infusorios que forma una precapa, que es el elemento filtrante, luego el licor es decolorado al pasar por columnas con resinas de intercambio iónico.

El licor decolorado alimenta los tachos de cocimiento de refino, se cristaliza para obtener una masa de donde se obtiene masa cocida de refino que se centrifuga para separar sus componentes, la miel de refino, que regresa a los tachos para un nuevo cocimiento, y el azúcar refinado que pasa a los secadores de azúcar donde se le reduce la humedad hasta un valor no mayor de 0,05 %. El azúcar seca se almacena en una tolva que alimenta las envasadoras.

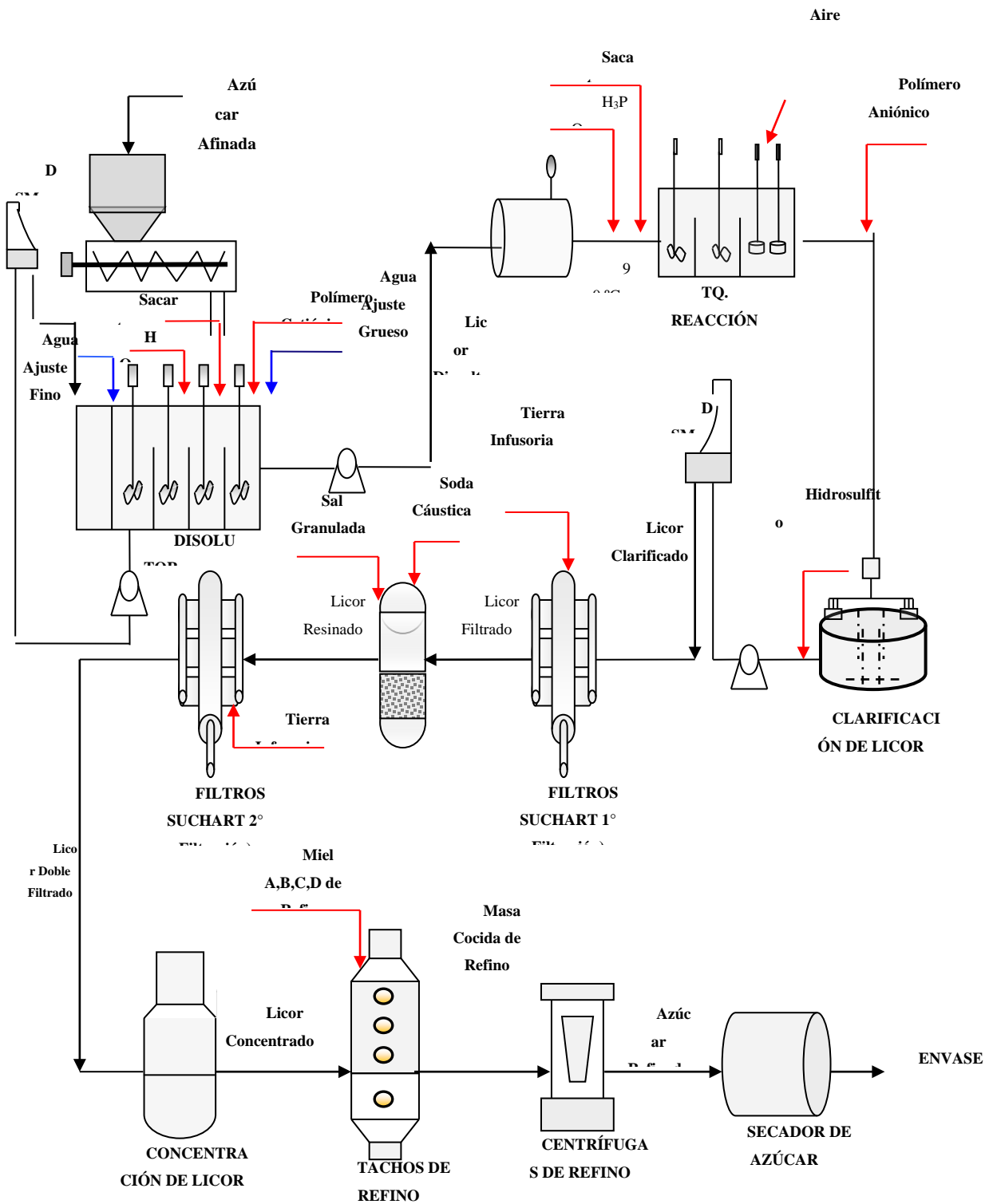


Figura 4. Estación de refinación del azúcar.

Fuente: Goris (2011).

3.2.2 Modelado de un molino genérico.

Además de las fases y etapas que guardan relación con los tandems de molino tanto para suministrar materia prima como para proveer el guarapo a las siguientes etapas, es de suma importancia conocer el modelado de un molino genérico que se explicara a continuación.

La estación de extracción consiste generalmente de 5 ò 6 molinos en cascada, como se

El bagazo es alimentado a la tolva de alimentación (tanque de sección transversal cuadrada destinado a la canalización del bagazo al molino) por un transportador de rastrillos. Con la cabeza de presión generada, la rotación de las masas y la aplicación de presión, el bagazo pasa a través del molino y se extrae muestra el esquema de un molino de caña típico.

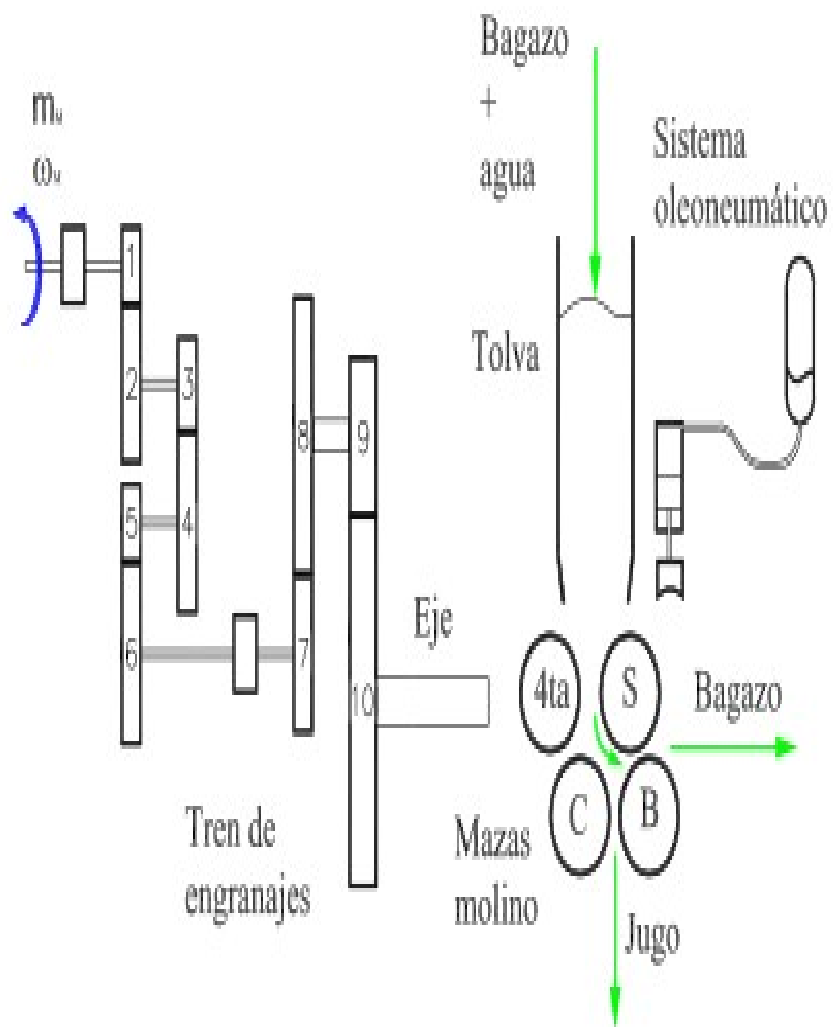


Figura 6. Molino de caña típico en Colombia.

Fuente: Modelado y control de molinos de caña, Rosero y Ramírez (2006).

Para reducir el deslizamiento del bagazo con las masas y la reabsorción (proceso en el cual, el jugo que ha sido extraído por el molino, es absorbido nuevamente por el bagazo saliente), los estudios muestran que la máxima velocidad tangencial de la maza superior es 300 mm/s (Hugot, 1986), ya que por encima de esta velocidad se genera un mayor y deslizamiento entre el bagazo y las masas. El proceso requiere que el molino opere en el primer cuadrante de la curva par velocidad angular, con par y velocidad angular variables. El molino normalmente está accionado con una turbina térmica, un motor hidráulico o un motor eléctrico.

et al., 2008) y al alto desempeño dinámico logrado en la actualidad con motores de inducción, los ingenieros están cambiando las turbinas térmicas por motores eléctricos. El motor puede girar a velocidades menores (1800, 1200 ò 900 rpm) que la turbina, con una relación de transmisión más pequeña, con menos transmisiones mecánicas y menor par de fricción

El objetivo de la estación de extracción de caña de azúcar es maximizar la extracción y minimizando las pérdidas de sacarosa en bagazo, usando como variable manipulada el par motor T , y como variables medidas la altura de la tolva de alimentación h , la velocidad de ω en un punto, despreciando el jugo).

El problema es cómo controlar el par motor T para que las pérdidas de sacarosa en ω de operación, sujeto a las restricciones de pares máximos, altura máxima en la tolva de alimentación, energía disponible, humedad del bagazo, perturbaciones en la calidad de la caña, preparación de la ω molinos.

Las estrategias actuales de control de molinos se utilizan para dar seguridad de operación y no para optimizar el proceso. Para mejorar el desempeño dinámico y optimizar la operación del tren de molienda se requiere diseñar estrategias de control que permitan que la varianza de las variables controladas, par y compactación, sean bajas alrededor de los valores de referencia (Landau and Rolland, 1994), para extraer mayor cantidad de jugo

cuidando las transmisiones mecánicas, ya que al reducir la amplitud de variación de par se reduce la posibilidad de generar fatiga en los elementos mecánicos. Esto se ilustra en la 7.

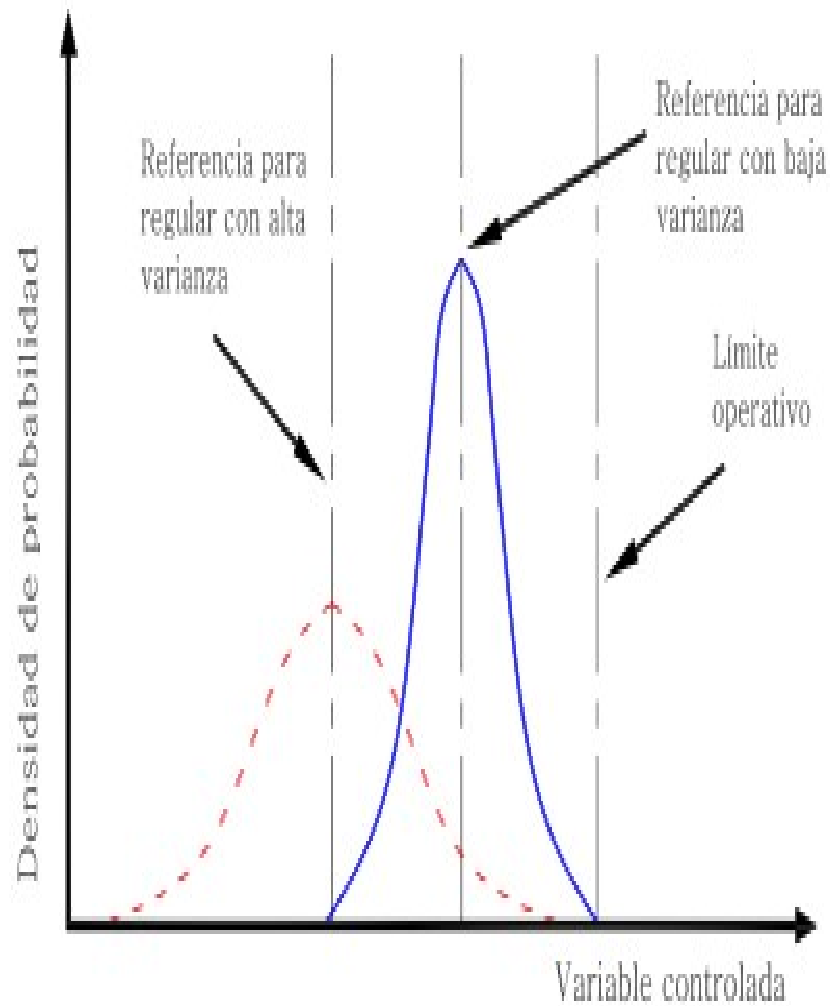


Figura 7. Histogramas para un control bueno y un control pobre en un molino de caña de azúcar.

Fuente: Modelado y control de molinos de caña, Rosero y Ramírez (2006).

3.3 Generalidades de control.

El principal objetivo del control es ajustar el funcionamiento de un sistema a determinados fines de forma manual o automática. Actualmente en la industria se utiliza máquinas automatizadas en la totalidad o en parte de sus procesos de fabricación. Como resultado, cada sector tiene un concepto de automatización adaptado a sus necesidades específicas.

La automatización en los procesos de producción surgió gracias al desarrollo tecnológico y al hecho de que los sectores administrativos buscarán incrementar la producción, esto desembocó en la división del trabajo (reducción de un proceso de fabricación a sus fases independientes más pequeñas) que redujo el nivel de especialización de los obreros haciendo posible el diseño y construcción de máquinas que reproduzcan estas labores.

La automatización ha permitido incrementar la producción, mejorando la calidad y reduciendo los costos, logrando así colocar una gran diversidad de productos al alcance de más gente. A partir de la introducción de los controladores lógicos programables, los sistemas de control basados en electrónica, pasaron de grandes armarios de lógica de relés, cuyo consumo, confiabilidad y flexibilidad son más que un problema, hasta los actuales PLC. Esta familia de aparatos se distingue de otros controladores automáticos en que pueden ser programados para controlar cualquier tipo de máquina, a diferencia de otros muchos que, solamente pueden controlar un tipo específico de aparato.

3.4 Ventajas de utilizar un PLC.

Debido a las características propias, tales como diseño, capacidad y velocidad de procesamiento, los controladores lógicos programables tienen grandes ventajas frente a la lógica de cableado u otros controladores automáticos que son muy limitados en sus aplicaciones. A continuación se nombran algunas de las ventajas de usar controladores lógicos programables:

Flexibilidad; permite introducir modificaciones de la lógica de control sin necesidad de cambiar el cableado ni añadir equipos.

Comunicación; los controladores lógicos programables siemens tienen la capacidad de comunicarse con otros PLCs y además una gran cantidad de equipos adicionales por medio de redes industriales.

Confiabilidad; elimina la posibilidad de errores en el cableado de control, se eliminan también contactos móviles, los mismos controladores son capaces de detectar e indicar averías, además de la facilidad de detección de errores tanto en la secuencia o algoritmos de control, como en los dispositivos de hardware.

Reducción de costos, tanto en mano de obra para la instalación, como en la lista de materiales necesaria.

Capacidad de expansión; es decir que se pueden añadir módulos para una gran variedad de tareas que pueden ser de control o de comunicación, lo cual confirma una vez más la flexibilidad de estos dispositivos.

3.5 Términos básicos.

Proceso de cristalización.

Según lo define Aguado (2012), la cristalización es un proceso químico por el cual a partir de un gas, un líquido o una disolución, los iones, átomos o moléculas establecen enlaces hasta formar una red cristalina, la unidad básica de un cristal. La cristalización se emplea con bastante frecuencia en química para purificar una sustancia sólida.

Proceso de centrifugación

De acuerdo a Harrison (2003), quien define que la centrifugación es un método por el cual se pueden separar sólidos de líquidos de diferente densidad por medio de una fuerza giratoria. La fuerza centrífuga es provista por una máquina llamada centrifugadora, la cual imprime a la mezcla un movimiento de rotación que origina una fuerza que produce la sedimentación de los sólidos o de las partículas de mayor densidad.

Los componentes más densos de la mezcla se desplazan fuera del eje de rotación de la centrífuga, mientras que los componentes menos densos de la mezcla se desplazan hacia el eje de rotación. De esta manera los químicos y biólogos pueden aumentar la fuerza de

gravedad efectiva en un tubo de ensayo para producir una precipitación del sedimento en la base del tubo de ensayo de manera más rápida y completa.

Zafra.

Término que se utiliza generalmente para referirse a todo el ciclo de cosecha hasta la fabricación. Desde el punto de vista agrícola, la zafra es la actividad correspondiente al corte de la caña, el cual se divide en tres operaciones: corte en la parte inferior, corte en la parte superior a nivel del ápice y el deshoje.

Romana.

Instrumento que sirve para pesar, compuesto de una palanca de brazos muy desiguales, con el fiel sobre el punto de apoyo.

Melaza.

Líquido más o menos viscoso, de color pardo oscuro y sabor muy dulce, que queda como residuo de la fabricación del azúcar de caña o remolacha.

Bagazo.

Es el residuo después de la extracción del jugo de la caña por cualquier medio, molino o prensa.

Imbibición.

Para mejorar la extracción de sacarosa, se aplica agua de imbibición, esta agua está compuesta por agua caliente, agua sucia y agua caliente. Este proceso consiste en agregar agua al bagazo antes de su paso por el molino final. La imbibición aumenta la extracción de sacarosa en aproximadamente un 15 %.

Maceración

Este es un proceso que se aplica paralelo a la imbibición y que tiene la misma finalidad (aumentar la extracción). Consiste en remojar el bagazo con el jugo diluido producto de la imbibición. El jugo extraído por un molino se aplica a la entrada del molino anterior.

Tándem

Se emplea para señalar elementos de un mismo tipo que se posicionan en serie, es decir, uno atrás del otro, y que cumplen la misma función en un mecanismo.

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

Este capítulo se hace mención de los pasos que se siguieron para lograr el objetivo planteado y se define el tipo de trabajo desde el punto de vista metodológico, partiendo de la definición de Arias (1999), de que la investigación es un proceso que, mediante la aplicación del método científico, encamina a conseguir información apreciable y fehaciente, para concebir, comprobar, corregir o emplear el conocimiento.

En general se puede afirmar que el marco metodológico se refiere al diseño y explicación de cómo se interpretó, recolectó y procesó los datos de la investigación; para lograrlo de manera clara y precisa es ineludible emplear algún tipo de investigación, partiendo de que en el marco metodológico se sigue una serie de caminos para adquirir el objetivo programado o para obtener la información requerida.

Así mismo, el marco metodológico posee una serie de características que ayudan al investigador a regirse para obtener un resultado de manera eficaz en la misma. La investigación en el marco metodológico es tan compacta que posee formas, elementos, procesos, diferentes tipos, entre otros; partiendo del tipo de investigación que sea el estudio, se siguen una serie de pasos específicos para el logro de los objetivos empíricos de la investigación.

4.1 Tipo de investigación

Para la realización del trabajo de aplicación profesional, se trabajó para cubrir una necesidad existente de la empresa CAPCA, mediante el estudio de la situación actual y el funcionamiento de cada elemento. Es por ello que se puede decir, que la investigación es de tipo proyectiva pues Hurtado (2008) señala que “la investigación proyectiva intenta resolver una situación, llenar un vacío o necesidad, a través de la aplicación de un programa de intervención, el cual es evaluado en el transcurso de la investigación.” (p.123). Continuando con el autor (ob. cit) la investigación tiene un carácter proyectivo por cuanto

“...propone soluciones a una situación determinada a partir de un proceso de indagación. Implica explorar, describir, explicar y proponer alternativas de cambio” (p.114).

4.2 Diseño de investigación.

La investigación es de campo, porque la observación y aplicación de la misma se realizan en su contexto natural, directamente con la fuente, que en el caso es la empresa CAPCA. Para la ejecución de la misma se observó las características de funcionamiento del molino, el PHC y HMI ya existentes en la empresa Central Azucarero Portuguesa C.A. (CAPCA). A partir del estudio de dichos elementos se procederá a la clasificación de la información lo que permitirá responder a ciertas preguntas como los son ¿Cómo funciona el tándem de molino A?, ¿Qué permisivos tiene para sus arrancadores?, ¿Cuál es la lógica de programación del PHC Fertron?

Según Arias (1999), define el diseño de la investigación como “la estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado” (p.30). Al respecto, de lo antes mencionado según el manual trabajo de grado de la Universidad Pedagógica Libertador (2003) expresa:

Se entiende por investigación de campo, el análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo. Los datos de interés son recogidos en forma directa de la realidad; en este sentido se trata de investigaciones a partir de datos originales (p. 30).

Por lo expuesto anteriormente se sostiene que el siguiente estudio realiza una investigación de campo.

4.3 Fases Metodológicas.

Para efectos de la investigación, se toman en cuenta tres fases: Análisis del sistema de control actual del tándem de molino A, la descripción del proceso de migración del sistema de control y el desarrollo de la programación del PLC Siemens para controlar el mismo.

4.3.1 Fase I. Análisis del sistema de control actual del tándem de molino A.

En esta fase de la investigación se realizó la recopilación de información para luego ser analizada y clasificada, a este respecto Silva (2006) refiere que “Cada tipo de investigación requiere técnicas apropiadas a utilizar y cada técnica establece sus propios instrumentos, herramientas o medios a emplear” (p. 107), sobre esta base se definió el problema y los elementos teóricos del diseño de la investigación, que para efectos del trabajo de aplicación profesional, la información se obtuvo mediante el uso de las siguientes técnicas:

Entrevistas. El instrumento utilizado para recolectar la información fue la guía de entrevista abierta, que según Ander-Egg (2003) la define como “...Se trata en general, de preguntas abiertas que son respondidas dentro de una conversación teniendo como característica principal la ausencia de una estandarización formal” (p. 91). Esta se realizó al jefe de automatización, al supervisor de instrumentación, al operador del molino, y al electricista del molino.

Observación. También se utilizó un instrumento de tipo registro anecdótico para la observación y análisis del programa del PLC del tándem de molino B, y del software de su HMI. En razón a lo señalado el autor (ob. cit) manifiesta que la observación es el procedimiento empírico por excelencia para adquirir conocimientos.

Revisión documental. Según Hurtado (2010) “esta técnica es en la que se recurre a información escrita, ya sea bajo toma de datos que pueden haber sido producto de mediciones hechas por otros o como texto” (p. 153); lo que permitió el estudio de manuales del tándem de molinos, el manual del PLC Siemens, el manual del HMI, el manual del protocolo profibus y luego se reforzará con fuentes de información y documentación electrónica.

A partir de estas técnicas de recopilación de información se procedió con el análisis del funcionamiento del proceso y la relación de cada de una de las partes que interfieren en dicho tándem, como los elementos finales de control, los sensores que se utilizan, las entradas que recibe el controlador, los tipos de señales que controla, todo esto con previo

estudio del proceso de producción de azúcar y más concretamente enfocado a la sección de molienda de caña.

4.3.2 Fase II. Descripción del proceso de migración del sistema de control del tándem molino A.

En esta fase se procedió a enumerar e identificar las entradas y salidas del controlador Fertron en el panel de acuerdo a los planos del diagrama de control y del diagrama de comandos que este tiene. Posteriormente a la identificación se corroboraron si estas entradas y salidas corresponden con sus respectivos dispositivos de entrada.

Luego se procedió con la instalación del PLC siemens S7-300 en el gabinete, previamente se instaló el programa STEP 7 en la computadora bajo el sistema operativo de Windows 8 para parametrizar y configurar el hardware y tener concordancia con los requerimientos del software.

La eficaz puesta en funcionamiento del PLC pasa necesariamente por una correcta conexión de los elementos de entradas y los actuadores en las salidas de esta manera se garantiza el buen funcionamiento y ausencia de averías por esta causa. Para finalizar se procedió con la carga del programa de control que se desarrolló, en el PLC, en el que posteriormente se colocó en modo run.

4.3.3 Fase III. Desarrollo de la programación del PLC Siemens para el control del tándem de molino A.

Se comenzó con la declaración de variables a las cuales se le asignaron las direcciones de los datos que se desean adquirir, donde se almacenan los datos adquiridos. En la investigación, se definieron las variables a ser adquiridas desde el molino A según las necesidades del control, entre ellas las variables digitales booleanas y variables digitales numéricas, donde se enumeraran todos los posibles datos que se pueden adquirir desde el PLC de cada uno de los molinos y se seleccionaron cuales se utilizarían posteriormente en el sistema de adquisición de datos. Posteriormente se desarrolló el programa en escalera.

Se diseñaron los diagramas con la topología necesaria para realizar la interconexión, se realizó el inventario de los dispositivos y materiales existentes. Además se procedió a ejecutar el diseño y desarrollo del programa en siemens con Step-7 para los controladores

lógicos programables del tándem. En esta fase se utilizó toda la información adquirida previamente, también se tomó como referencia la pantalla del tándem de molino B ya existente.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a través de las técnicas de recolección y análisis de información, para la elaboración de la propuesta de migración del sistema de control Fertron a un PLC siemens.

A continuación se describe el desarrollo de las tres fases que componen el proyecto:

5.1 Fase I. Análisis del sistema de control actual del tándem de molino A.

5.1.1 Descripción del proceso de producción de azúcar del central azucarero Portuguesa.

El proceso inicia con la alimentación de la caña al conductor a través de unos ganchos de grúa (ver figura 8), en el caso del tándem A este sistema está compuesto por una mesa de descarga y una rampa como se puede observar en la figura 9 y figura 10, cabe destacar que la rampa es de descarga directa al conductor de caña N° 1.



Figura 8. Ganchos de grúa.

Fuente: Torres (2016).

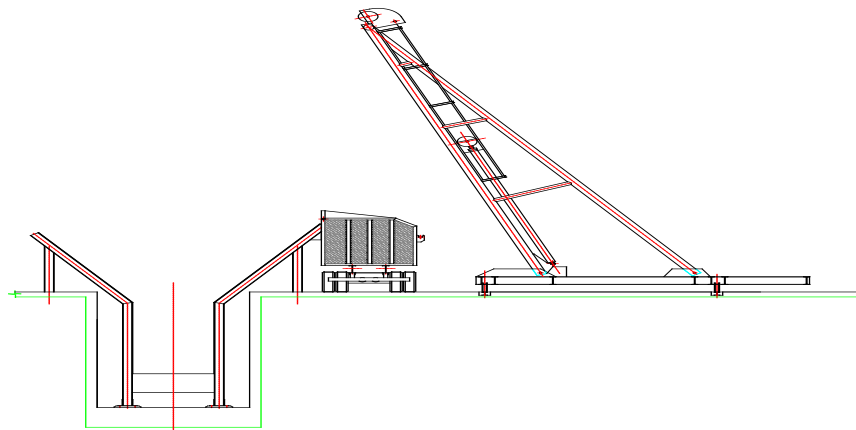


Figura 9. Rampa de descarga.

Fuente: Torres (2016).

La descarga de la caña debe hacerse uniformemente, esto se hace con un margen visual que tiene el conductor que indica que el colchón de caña está en 1,50 metros, garantizando un buen paso de caña a través de la picadora y desfibradora, minimizando los riesgos de que se forme un taco y garantizando un buen colchón en el alimentador de tipo donnelly del primer molino que debe ser entre 50 y 80% de su altura. Con la buena alimentación de este sistema se garantiza una buena extracción de sacarosa y por ende un bagazo en condiciones ideales para ser transportado a las calderas donde será quemado para la generación de vapor.



Figura 10. Rampa de descarga y conductor 1.

Fuente: Torres (2016)

Luego sigue la preparación de la caña, proceso que se divide en dos partes, la primera es picar la caña para facilitar la desintegración de la misma, este proceso lo realiza la picadora que es un equipo compuesto por unas cuchillas que se encargan de picar la caña y la segunda parte, es desintegrar la caña y abrir sus celdas para facilitar la extracción del jugo realizado por el rodillo alimentador (ver figura 11) y la desfibradora (ver figura 12), el cual es un equipo que fue desarrollado para producir una preparación de caña, con alrededor del 90% de celdas abiertas.



Figura 11. Rodillo alimentador.

Fuente: Torres (2016).



Figura 12. Desfibradora.

Fuente: Torres (2016).

A continuación la caña es transportada hacia la desfibradora por el conductor de caña N° 2 esto se hace por tres motivos:

Aumentar la capacidad del tándem debido a la mayor densidad de la masa que entra a los molinos, la cual es más compacta y homogénea y por ende mayor extracción por parte de los equipos de molienda.

Romper la estructura de la caña haciendo que la extracción sea más fácil y efectiva.

Producir un bagazo en el que la acción por el agua de imbibición sea más eficaz.

Después que la caña haya pasado por los equipos de preparación ubicados en los conductores 1 y 2, la caña es descargada al conductor de cinta de goma en cuya cabeza se encuentra un nivelador como se muestra en la figura 13; posteriormente que la caña es nivelada por el gallego (ver figura 14), se le llama de esta forma porque el sentido de giro de las cuchillas es contrario a la dirección del proceso, pasa a una cinta de goma que posee en la parte superior un electroimán (ver figura 15) que se encarga de retener las partículas de hierro que eventualmente acompañan a la caña.



Figura 13. Cinta de goma.

Fuente: Torres (2016).



Figura 14. Gallego.

Fuente: Torres (2016).



Figura 15. Electroimán.

Fuente: Torres (2016).

A continuación como se puede observar en la figura 16, la caña pasa por 6 molinos accionados por turbinas, compuestos por 4 masas cilíndricas las cuales se denominan de la siguiente manera: maza superior (S) que realiza la compresión del colchón de caña, dos mazas inferiores, cañera (C) y Bagacera (B), que soportan la compresión ejercida por la superior, y una cuarta maza cuya misión es forzar la entrada de la caña al molino. Estas están superpuestas entre sí para garantizar con mayor eficacia la extracción del guarapo de la caña de azúcar y así quedando restante el bagazo, un residuo leñoso de aproximadamente 50 % de humedad, que se conduce a las calderas para su combustión y generar calor necesario para formar vapor sobrecalentado (700 psi) que se utilizan en la generación de energía eléctrica para el ingenio. Es importante mencionar que cada uno de los guijos de las mazas, lado libre y lado de acople descansa sobre una chumacera que lleva consigo un bronce, es decir, que por cada maza se colocan dos bronces uno en cada lado, por lo que se debe garantizar una correcta lubricación y un adecuado sistema de enfriamiento, con lo que se garantiza la integridad del equipo.

La lubricación de las chumaceras de bronce se realiza a través de una bomba y de los dosificadores que son sistemas que permiten graduar la cantidad de grasa que va hacia estas chumaceras como se muestra en la figura 17.

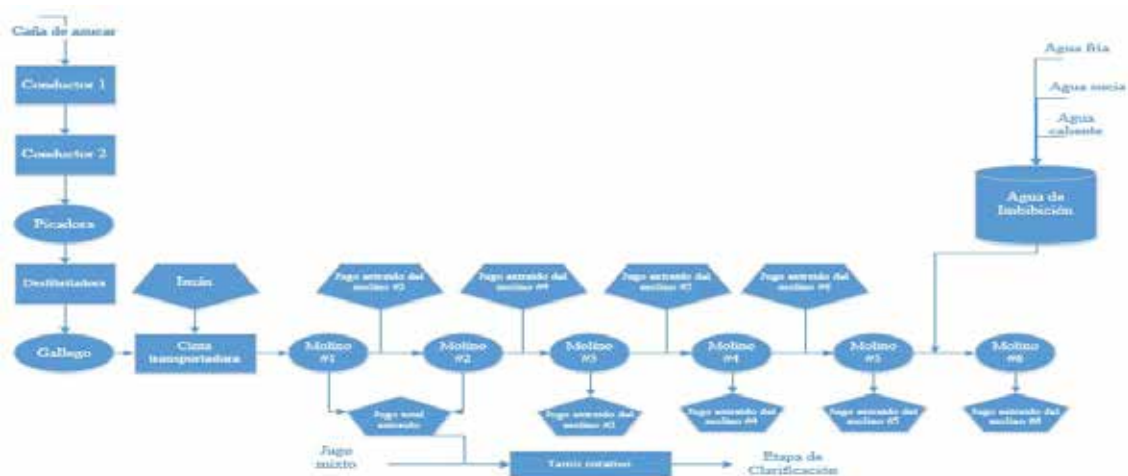


Figura 16. Diagrama del tándem del molino A.

Fuente: Torres (2016).



Figura 17. Sistema de dosificadores.

Fuente: Torres (2016).

Este sistema tiene un cabezal que gradúa la abertura de la entrada de la grasa y de allí cuando el pistón salga a presión se detenga y gradúe el paso de la grasa. En términos de control solo se preguntará por el estado de la bomba de lubricación de los bronce.

El tándem A esta compuesto por 3 molinos Mirrlees Watson (1er, 5to y 6to) y 3 molinos Fletcher Smith (2do 3ro y 4to), que son los principales fabricantes de maquinas de vapor; ambas son muy similares ya que son de disposición horizontal, de émbolo con

movimiento rectilíneo alternativo, doble efecto y escape libre, diferenciándose en algunas características constructivas, en la distribución del vapor y sus mecanismos de regulación, así como en la potencia suministrada, todos de tamaño 43 x 84” y accionados por turbinas.



Figura 18. Alimentador de tipo donnelly con sensores Fertron.

Fuente: Torres (2016).

Además de los molinos, la caña pasa por los alimentadores de tipo donnelly (ver figura 17 y 18) que ayudan a mantener una alimentación uniforme, lo cual incide directamente en la eficiencia del molino. Este equipo en particular posee unos sensores de nivel que los operadores de molino pueden chequear en el sistema de la computadora. Estos controles deben estar ajustados para mantener un nivel que oscile entre el 50% y el 80% de la altura del donnelly. Estos alimentadores son parte de los conductores intermedios, los cuales son los encargados de transportar el bagazo de un molino a otro. Al tener un buen colchón se logra en los molinos una flotación correcta dentro del parámetro de operación y

junto con las presiones correctas de los cabezotes se logra una buena extracción, esta relación se puede observar en la tabla 1.

Tabla 1. Flotación y presión hidráulica del tándem de molino A.

| Molino | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Flotación (mm) | 15 | 12 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Presión Hidráulica Psi | 1800-2300 | 1800-2300 | 1800-2300 | 1800-2300 | 1800-2300 | 1800-2300 |

Fuente: Goris (2011).

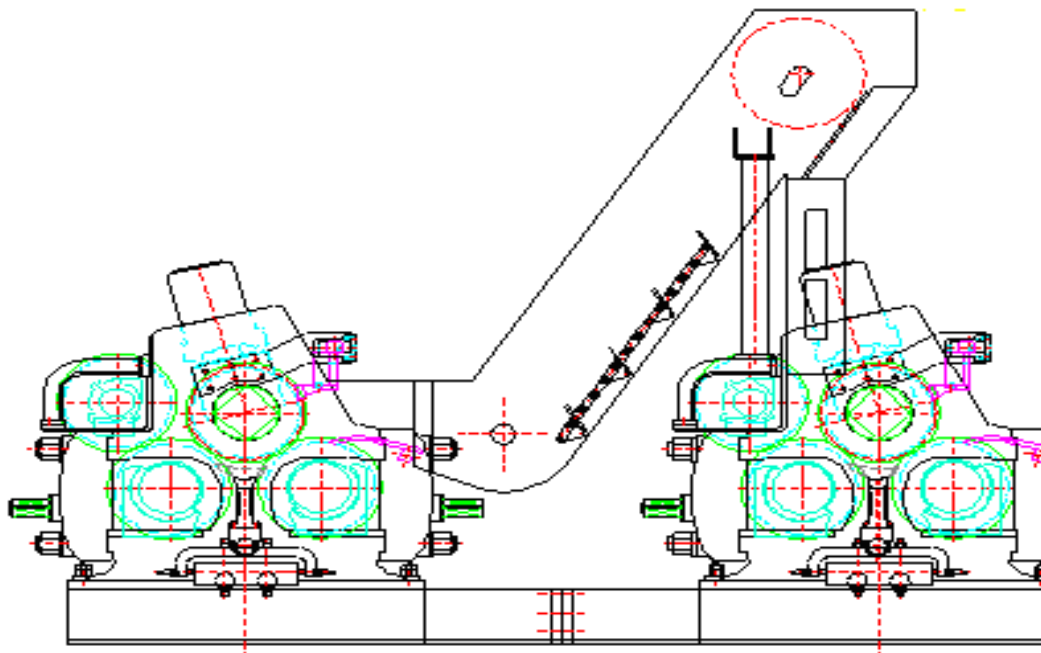


Figura 19. Conductor de molino.

Fuente: Goris (2011).

El agua de imbibición que se le suministra al intermedio 5 que es el que pasa entre el molino 5 y molino 6 para diluir el jugo y extraer la sacarosa que contiene el material así sucesivamente hasta el segundo y primer molino como se puede observar en la figura 5, este proceso se llama reabsorción, proceso en el cual, el jugo que ha sido extraído por el molino, es absorbido nuevamente por el bagazo saliente y es donde intervienen las bombas, que deben operar eficientemente y sin fugas. Una vez en el tanque, el jugo total es bombeado al tamiz rotativo (ver figura 20) que cumple la función de filtrar el guarapo y separar el bagazo que trae consigo, este bagazo retorna al proceso por medio de un sinfín que va hacia el intermedio del primer molino, y el jugo mixto colado es enviado a la fábrica por las bombas de jugo mixto colado, es por ello que las bombas no deben presentar fugas, ya que implica pérdida de jugo, lo que es igual a sacarosa (azúcar cristalizable), y por ende pérdidas económicas.



Figura 20. Tamiz rotativo.

Fuente: Torres (2016).

La cantidad de imbibición está regida por el contenido de fibra en caña, se ha demostrado en forma experimental y estadística que el porcentaje de imbibición ha de ser

como mínimo el doble del contenido de fibra en caña, en otras palabras un 200% del contenido de fibra. La temperatura de agua de imbibición puede aumentarse al usar agua caliente, la imbibición de los molinos ayuda a la extracción de la sacarosa de la caña. La temperatura más recomendada esta alrededor de los 60 °C para así favorecer la reducción de la humedad pues, facilita la extracción del jugo, estimula la evaporación espontánea de agua contenida en el bagazo. El tándem de molino A cuenta con cuatro bombas de maceración que distribuyen el jugo a través de los drenajes (ver figura 21) de la siguiente manera:

Bomba de maceración N° 4: el jugo que sale del molino seis es transportado para la salida del molino cuatro.

Bomba de maceración N° 3: el jugo que sale del molino cinco es transportado la salida del molino tres.

Bomba de maceración N° 2: el jugo que sale del molino cuatro es transportado la salida del molino dos.

Bomba de maceración N° 1: el jugo que sale del molino tres es transportado para la salida del molino uno.



Figura 21. Drenaje de jugo.

Fuente: Torres (2016).

5.1.2 Descripción de los equipos que intervienen en el sistema de control.

Con todo lo antes mencionado es posible describir los controles y equipos que intervienen en el proceso para establecer una diferencia entre los equipos que permanecerán realizando sus funciones y los equipos a migrar. Este proyecto requiere de diferentes elementos y controles los cuales se mencionan a continuación:

1. Controlador mediante el cual se lean las señales provenientes de los diferentes sensores instalados en diferentes secciones del molino A, y con el cual se puedan controlar las salidas que accionan los elementos finales de control.

2. Panel o tablero de control el cual contenga los dispositivos de conexión y comando con sus cubiertas y protecciones correspondientes. Desde este tablero se controlará tanto manual como automáticamente el funcionamiento del proceso, y además se podrá detenerlo al accionar el paro de emergencia.

3. Accionamiento automático de los motores eléctricos que están conectados a los conductores uno y dos, a la cinta transportadora y a los seis intermedios que existen entre cada molino.

4. Accionamiento automático de los motores eléctricos de las bombas de maceración, de las bombas que corresponden al tamiz y al jugo mixto.

5. Sensores de nivel mínimo y máximo, los cuales serán ubicados en cada una de los alimentadores. Estos sensores enviarán las señales al PLC para que controle el suministro de caña a través de los conductores.

6. Un HMI (Human Machine Interface) realizada en un ordenador a través del software Fersoft en la que se representará el proceso en sí, y además se podrá monitorear, supervisar y controlar el proceso mediante la interacción con un operador. Este software hace más fácil la comunicación entre el PHC y el HMI.

5.1.2.1 Descripción de los elementos finales de control y su relación con el proceso.

Los elementos de control y mando que intervienen en el sistema automatizado del tándem del molino A son los siguientes:

5.1.2.1.1 Variadores de velocidad

1. Variador de velocidad ABB:

Estos convertidores de frecuencia industrial ABB ACS800-01-0070-5 son diseñados con especificaciones de intensidad que permiten ser utilizados en entornos industriales con aplicaciones que requieran una elevada capacidad de sobrecarga como es el caso del central azucarero. A continuación sus especificaciones técnicas:

Tensión de alimentación: 500V (Rango 380-500V)

Corriente nominal máxima: 138 A.

Grado de protección IP55.

Módulo de Ethernet.

E/S amplias y programables con entradas protegidas galvanicamente.

Tres ranuras de ampliación de E/S y bus de campo internas.



Figura 22. Variador de frecuencia ABB.

Fuente: Goris (2011).

Función: Se utilizan 3 variadores cada uno para el control de velocidad del motor del conductor de caña 1, motor del conductor de 2 y el motor de la cinta de goma.

2. Variador de velocidad Allen Bradley.

Estos variadores están empaquetados con ventilador y bomba PowerFlex 700, se utilizan para el control de la velocidad en ventiladores y bombas de par variable. A continuación sus especificaciones técnicas:

Clasificación de potencia: De 380 a 480 V: 0.37 a 132 kW / 0.5 a 200 Hp / 1.1 a 260 A.

Entradas: trifásica de 47-63Hz con rango de voltaje de corriente alterna de 342-440 V.

Salida: trifásica de 0-320Hz con rango de voltaje de corriente alterna de 0-400 V.

Control V/Hz, control vectorial sin sensores y control vectorial con FORCE™ Technology.

Comunicaciones CIP™ (Protocolo industrial común) incluidas DeviceNet™, ControlNet™ y EtherNet/IP™.



Figura 23. Variador de frecuencia Allen Bradley.

Fuente: Goris (2011).

Función: Se utiliza para el control de velocidad de los motores de las cuatro bombas de maceración y las bombas de jugo mixto.

5.1.2.1.2 Motores.

El motor eléctricos que se va a emplear, es de 1.5 kw, voltaje de 220v, con una velocidad de 1700 revoluciones por minuto, frecuencia 60Hz, de la marca Brook Crompton Parkinson Motors.



Figura 24. Motor eléctrico de 2 hp.

Fuente: Goris (2011).

Función: Se utiliza dos motores para acoplarlo directamente a las roscas de la cinta de goma.

5.1.2.1.3 Tacómetro.

El instrumento para medir la velocidad de rotación de las turbinas es un tacómetro de la marca Digital Meter. A continuación sus especificaciones técnicas:

Display: 4 o 5 dígitos led rojo.

Rango: 15 RPM (Resolución 0.001 RPM) a 99999 RPM.

Exactitud: 0.05% \pm 2 dígitos.

Señal de entrada: Adecuado para una amplia gama de sensores como sensor de proximidad, sensor óptico, captura magnética, señal de contacto, impulsos lógicos o encoders.



Figura 25. Tacómetro digital.

Fuente: Goris (2011).

Función: Se utilizaron para medir la velocidad de las turbinas de la picadora y desfibradora.

5.1.2.1.4 Sensor capacitivo.

El sensor STF-2500C de la marca Fertron es un dispositivo electrónico de precisión que detecta diversos tipos de materiales sólidos o líquidos en entornos agresivos o en aplicaciones donde los sensores conductores no están indicados debido a la presencia de humedad, corrosión. . A continuación sus especificaciones técnicas:

El sensor necesita una fuente de alimentación 12 a 30 Vdc capaz de suministrar 100 mA para cada sensor el alimento la acción es Feit el alambre a través del rojo (positivo) y negro (negativo).

El sensor tiene 2 salidas digitales, se trabaja en el modo de alta (cable verde) y otra en el modo de baja (Cable amarillo).

Indicación: Led.se activa

Sensibilidad: 0 - 50 mm (ajustable).

Salidas: Modo de Alta y Baja (máximo 100mA de corriente).

Temperatura de funcionamiento: 0-50 ° C.

Montaje: La fijación de los tornillos.

Grado de protección: IP-65.

Consumo: 0.7VA



Figura 26. Sensor Capacitivo Fertron.

Fuente: Fertron (2014). Catalogo de productos Fertron.

Función: Se utilizaron junto con el convertidor CD 420 para la detectar el nivel de caña en los alimentadores de tipo donnelly en el primer y último molino.

5.1.2.1.5 El convertidor CD 420.

El convertido CD 420 de la marca Fertron junto con los sensores STF-2500C se utilizan en la medición de nivel sólidos y líquidos cuando la medición continua no es posible por las condiciones del proceso. La salida de la unidad es ajustable de 0 a 100% de la amplitud, y soporta hasta seis sensores. En este caso donde se utilizan sensores activos, tales como STF 2500 B, la CD 420 ya cuenta con la tensión de alimentación a la misma para la simplificación de las conexiones en donde se utilice este equipo. A continuación sus especificaciones técnicas:

Presentación: Compacta para fijar el fondo del panel.

Alimentación: 110/220 VAC.

Fuente para sensores: 24VDC.

Entradas: 06 entradas Max.

Señal de entrada: contacto seco o colector abierto.

Salida: 4-20 mA aislado

Impedancia máxima de salida: 750 Ohms.



Figura 27. Convertidor CD 420 Fertron.

Fuente: Fertron (2014). Catalogo de productos Fertron.

Función: Se utilizaron junto con el sensor STF-2500C para la detectar el nivel de caña en los alimentadores de tipo donnelly en el primer y último molino.

5.1.2.1.6 Aislador de señal Analógica.

El aislador de señal analógica IS-600 de la marca Fertron se utiliza en malla eléctrica de instrumentación electrónica de aislamiento, con el fin de evitar diversos problemas en los sistemas que puedan verse afectados por el ruido, tales como armónicos. Entre muchas aplicaciones, IS-600 se puede utilizar en conjunción con los transmisores de pH, convertidores de frecuencia, PLCs, controladores de proceso, entre otros. A continuación sus especificaciones técnicas:

Alimentación: 90-240VAC / 47-63 Hz.

Canales: 6 canales independientes.

Entrada: 4-20 mA o 0-10 Vdc.

Salidas 4-20 mA.

Cero y Span: Ajuste de fábrica.

Aislamiento: 2 kV entre entradas y salidas.



Figura 28. Aislador de señal analógica Fertron.

Fuente: Fertron (2014). Catalogo de productos Fertron.

Función: Se utilizan para aislar las señales analógicas que van desde el PHC al variador de velocidad de los motores de los conductores.

5.1.2.1.7 Estación de emergencia.

La estación de emergencia BK-300 de la marca Fertron es un dispositivo para la operación manual de emergencia de elementos finales de control en caso de que falle el controlador principal. El BK-300 también se puede utilizar como manual de transferencia / estación automática, con o sin características sin perturbaciones, donde el acto de transferencia no generan perturbaciones en el proceso bajo control. La estación de BK-300 puede funcionar en modo automático, el valor de entrada analógica se repite fielmente en la salida analógica de ser transparente para el proceso. En el modo manual, el operador controla el proceso a través de un potenciómetro en el panel frontal del equipo. La estación de BK-300 está equipada con un fallo de la entrada digital "Fail", diseñado para conectar controladores de advertencia y falla PLCs. Cuando la estación de BK-300 está en el modo automático y la señal de fallo es accionado, la salida analógica va al valor de la seguridad y actúa la salida digital que puede ser utilizado como señal de advertencia. A continuación su especificación técnica:

Fuente de alimentación: 127/220 Vac 50/60 Hz

Consumo de energía: 9W.

Temperatura de funcionamiento 0-50°C

Canales: 01 canales.

Entrada analógica: 1-5 V / 4-20 mA (impedancia de 250 Ohms).

Salida analógica: 4-20 mA (máx 750 Ohms de impedancia.).

Entrada digital: NO o NC de contacto seco, colector abierto.

Salida Digital: Contacto seco (220Vca max / 4A.).

Función: Se utilizan para la protección de los elementos finales de control en este caso el de los variadores de velocidad de los conductores y cinta de goma para el caso en el que el autómatas falle, se coloca en modo manual.



Figura 29. Estación de emergencia Fertron.

Fuente: Fertron (2014). Catalogo de productos Fertron.

5.1.2.1.8 Panel de control.

El panel de control de baja tensión de la marca Fertron, tiene la función específica para distribuir la energía eléctrica en unidades comerciales e industriales. A continuación sus especificaciones técnicas:

Grado de protección IP-54

Apertura de la puerta con anulo de 120°

Bisagras embutidas y pasador en acero de carbono

Puerta antiexplosion con cerradura

Punto de toma a tierra en las puertas

Puertas, techo, piso, internos y externos de cierre en la placa de acero de carbono con 2,65 mm de espesor.

5.1.2.1.9 Válvula de descarga.

La válvula solenoide VDC-01 de la marca Fertron al ser energizada envía aire para la parte inferior de la camisa, manteniendo la válvula de fondo en la posición abierta. Al ser desenergizada la válvula solenoide envía aire para la parte superior de la camisa, llevando la válvula de fondo para la posición cerrada. Además del aire, el cierre de la válvula también es realizado por el regreso del resorte instalado en el interior de la camisa. A continuación sus especificaciones técnicas:

Alimentación: 220 Vdc.

Conexión: Brida ANSI 2”

Presión: 600 Psi.

Sede: acero inoxidable 316

Palanca para apertura manual (opcional)

Conjunto neumático: filtro regulador y lubricador.

Interconexiones neumáticas

Función: Se utilizaron 4 válvulas, cada una de ellas para el control de flujo de agua fría, control de flujo de agua sucia, control de flujo de agua caliente y el control de flujo de agua de imbibición.

5.1.2.2 Descripción del equipo de control actual.

El equipo de control actual es un PHC-400 de la marca Fertron tiene la capacidad de trabajar con señales de tipo analógica y de tipo digital en sistemas de control de lazo abierto o lazo cerrado.

Este autómata obedece a las normas de estandarización IEC-61131 por lo que define e identifica las características principales que se refieren a la selección y aplicación de los PLC's y PHC y sus periféricos; define sus lenguajes de programación de uso más comunes (lista y escalera), las reglas sintácticas y semánticas, el juego de instrucciones fundamental, los ensayos y los medios de ampliación y adaptación de los equipos además de especificar los requisitos mínimos para las características funcionales, las condiciones de servicio, los aspectos constructivos, la seguridad general y los ensayos aplicables a los PLC's y sus periféricos

Este equipo está formado con una fuente de poder y un CPU con un micro procesador por lo que necesita módulos de entradas y salidas analógicas. A continuación se describirán cada uno de estos equipos que intervienen en el proceso:

5.1.2.2.1 Fuente de poder.

La fuente de poder modelo FR T72 de la marca Fertron tiene la función de alimentar las entradas y salidas del CPU y los módulos de entrada y salida analógicos y digitales del autómata. Este modulo convierte el voltaje de línea 120/230 V AC al voltaje de operación de 24 Vdc.

Se utilizó un solo modulo FR T72 para la alimentación del CPU y los módulos de entradas y salidas analógicas y digitales.

5.1.2.2.2 CPU.

El CPU modelo SCCPU2 de la marca Fertron para la ejecución del programa. A continuación las especificaciones técnicas:

Microcontrolador de 16 bits.

Alimentado por 24 Vdc.

Integra cuatro entadas y cuatro salidas digitales.

Led indicadores de Run/Stop.

Led indicadores del estado de las entradas y salidas digitales.

Led indicador de fallo.

Se utilizó un solo módulo SCCPU2 para el procesamiento desarrollo y ejecución del programa de control del autómeta.

5.1.2.2.3 Módulo de entradas analógicas.

El módulo de entradas analógicas modelo SC8AI-IV de la marca Fertron, está constituido por 4 entradas de 4 a 20 mA o 0 a 20Vdc (interna definida por el puente específico).

Se utilizaron 6 módulos SC8AI-IV para la lectura y monitorización de las variables correspondientes a las velocidades de los conductores, velocidades de las turbinas y temperatura y nivel del agua de inhibición.

5.1.2.2.4 Módulo de salidas analógicas.

El módulo de salidas analógicas modelo SC4AIO-FV de la marca Fertron, está constituido por 4 salidas de 4 a 20 mA o 0 a 20Vcc (interna definida por el puente específico).

Se utilizaron 3 módulos de SC4AIO-FV para el control de las salidas de velocidad de los conductores, las válvulas correspondientes al agua de inhibición y los variadores de velocidad de las mesas.

5.1.2.2.5 Módulos de entradas Digitales.

El módulo de entradas digitales modelo C16DI-XX de la marca Fertron, está constituido por 16 entradas digitales alimentadas a 24 Vdc.

Se utilizaron 5 módulos C16DI-XX para la lectura y monitorización de las variables correspondientes al estado de las bombas y motores que intervienen en el proceso así como también el estado de cada turbina.

5.1.2.2.6 Módulos de salidas digitales.

El módulo de salidas digitales modelo C16DO-XX de la marca Fertron, está constituido por 16 salidas digitales alimentadas a 24 Vdc.

Se utilizaron 3 módulos C16DO-XX para el control del accionamiento de los motores y bombas que intervienen en el proceso.

5.1.2.2.7 Sistema SCADA.

El control híbrido programable cuenta con un software de la marca Fersoft para la visualización, control y supervisión de todas las variables que intervienen en el proceso que se pueden ver en la figura 30.

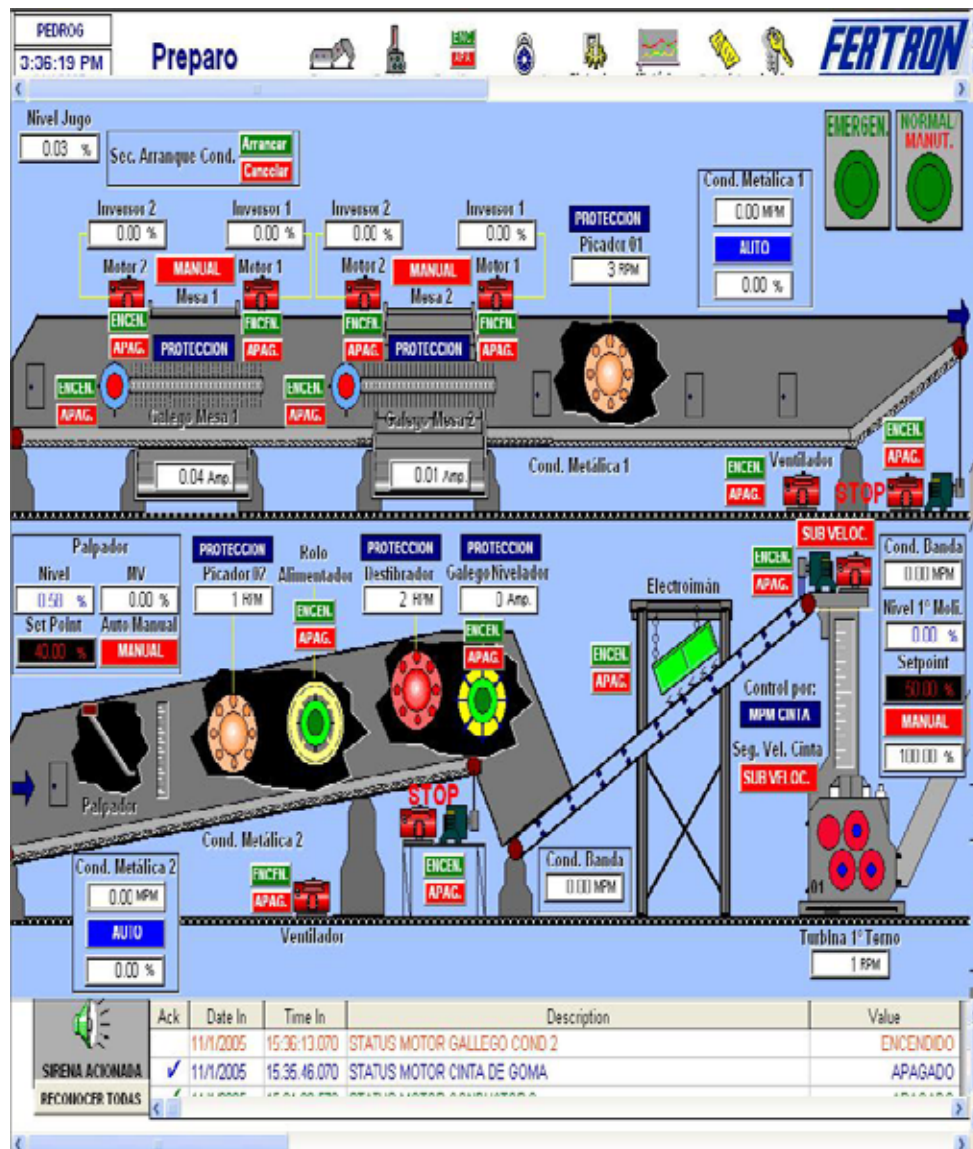


Figura 30. HMI del sistema Fertron. Parte 1.

Fuente: Torres (2016).

En esta primera parte del SCADA se muestra la preparación de la caña para los molinos se puede observar que en este automático se controlaba los motores y se monitorizaba los variadores de velocidad de las mesas de caña que en la actualidad no se hace debido al deterioro y la falta de mantenimiento de este sistema de control, sin embargo esto no ha impedido el proceso de extracción de guarapo de manera eficiente.

Seguidamente como ya se explicó anteriormente en el control de la picadora, el rodillo alimentador el gallego y el imán a través de los conductores y la cinta de goma hasta llegar al primer molino con sus respectivas variables. Posteriormente se muestra la segunda parte del HMI:

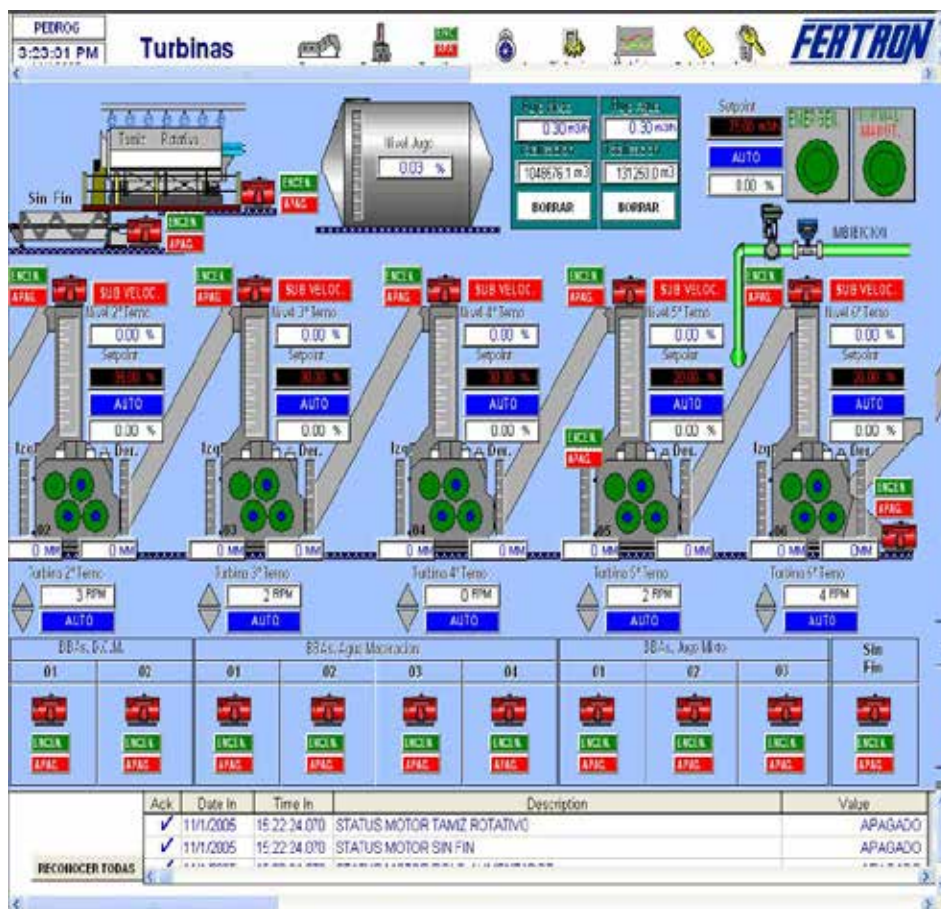


Figura 31. HMI del sistema Fertron. Parte 2.

Fuente: Torres (2016).

En esta segunda parte se muestran los restantes cinco molinos junto con el tamiz rotativo, tornillo sin fin y sus respectivas bombas cada uno con sus respectivas señales analógicas y digitales para la extracción del bagazo que será utilizado como combustible y el jugo mixto que será llevado a fabrica para continuar con el proceso de producción de azúcar.

5.2 Fase II. Descripción del proceso de migración del sistema de control del tándem molino A.

5.2.1 Descripción de los elementos de control y de mando.

Los elementos finales de control utilizados en el proceso del tándem de molino A descritos en la primera fase serán utilizados nuevamente en la migración debido a que estos equipos se encuentran en buen estado y juegan un papel importante en el proceso de extracción de guarapo. Además al usarlos la empresa no tendrá que hacer una inversión en la compra de equipos.

Por otra parte existen elementos de control y mando que deben ser incorporados, acoplados y adaptados al nuevo sistema automatizado de control, ellos se describen a continuación:

5.2.1.1 Relés industriales.

Los relés a utilizar son del tipo miniatura modelo LZX:PT370024, este dispone de 11 pines de 5 le,10 lth, y cuenta con 3 contactos conmutados NA/NC, con una tensión de 24 VDC, 10A/250VAC.



Figura 32. Relé Industrial.

Fuente: Goris (2011).

Función: Este dispositivo electromecánico funciona como un interruptor el cual acciona uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes, con el fin de evitar que se produzcan arranques accidentales en los elementos finales de control antes mencionados.

5.2.1.2 Elementos de protección.

1. Guarda motor.

El guarda motor Sirius modelo 3RT2015-1AF01, Bobina 120VAC, potencia del motor (HP) 2.



Figura 33. Guarda motor Sirius 3RT2015-1AF01.

Fuente: Goris (2011).

Función: Se utiliza guarda motores especialmente para la protección de los motores eléctricos de los conductores, frente a sobrecargas y cortocircuitos.

5.2.1.3 Breaker sobrepuesto termomagnético 5SX1 2.

El Breaker Siemens de modelo 5SX1 302-7, con corriente térmica $I_n(A)$ de 2.0 y una capacidad de ruptura en (kA) 220 VAC de 10.



Figura 34. Breaker Siemens 5SX1 2.

Fuente: Goris (2011).

Función: Se utiliza 1 breaker para permitir el paso de la alimentación de 24 VDC hacia el PLC.

5.2.1.4 Breaker sobrepuesto termomagnético 5SX1 3.

El breaker Siemens de tres polos modelo 5SX1 302-7, con corriente térmica I_n (A) de 2.0 y una capacidad de ruptura en (kA) 220 VAC de 10.



Figura 35. Breaker Siemens 5SX1 3.

Fuente: Goris (2011).

Función: Se utiliza 1 breaker para permitir el paso de la alimentación de 220 VAC a los elementos de control.

5.2.1.5 Carril DIN y Canaletas.

El carril DIN de 35 mm x 7.5 mm. Canaleta de PVC rígido antifiama, con adhesivo de alta calidad.

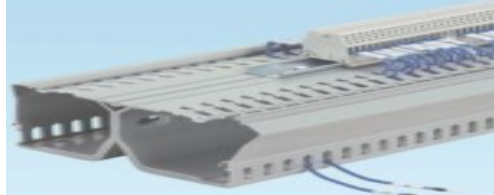


Figura 36. Carril DIN y Canaletas.

Fuente: Goris (2011).

Función: Se utiliza el Carril DIN para el montaje de los elementos eléctricos de protección y mando, y se utilizan las canaletas para proteger el cableado de la instalación eléctrica.

5.2.1.6 Distribuidor de borneras.

El distribuidor de borneras para 4 fases de la marca Legrand.



Figura 37. Distribuidor de borneras.

Fuente: Goris (2011).

Función: Se utiliza para conectar las diferentes líneas de alimentación.

5.2.1.7 Cable de control AWG 18.

El cable de control AWG 18 se utiliza para sistemas de supervisión y control, a través del manejo de señales eléctricas de baja potencia, el cual servirá para el transporte de

información del PLC hasta el elemento final de control. A continuación sus especificaciones técnicas:

Temperatura de operación 105°C

Tensión máxima de operación: 300V

Resistencia a 20 °C: 21,4 (hm/Km)

Inductancia nominal: 0,31 (mH/Km)

Capacidad nominal: 172(nF/km)



Figura 38. Cable de control AWG 18.

Fuente: Goris (2011).

5. 2.1.8 Computador.

Características: Memoria de 4GB, Sistema Operativo Windows 7, computadora Core I3 Hd 1tb Lg Samsung 18.5.



Figura 39. Computador para programación y MPI.

Goris, P. (2011).

Función: Se utiliza para visualizar el HMI del sistema de control del molino.

5.2.1.9 Equipos de control.

Sin duda existe una amplia gama de marcas de controladores lógicos programables, sin embargo la elección del modelo S7-300 de la marca de PLC Siemens se eligió debido a las siguientes razones:

Comunicación: En el central azucarero portuguesa las redes de comunicación industriales son muy importantes, ya que poder acceder desde los sistemas de supervisión SCADA hasta el autómatas más pequeño de la fábrica es un objetivo que tiene el central a largo plazo. Actualmente en la empresa, los autómatas de las centrifugas tienen una configuración de red profibus DP que los comunica el sistema Delta V con el PLC S7-300 de la marca Siemens, esta red influyo en la toma de decisiones a la hora de elegir el autómatas debido a la experiencia y confiabilidad que tiene la empresa para esta marca de PLC, no obstante otra de las razones es la simplificación de la arquitectura de comunicación de toda la empresa.

Escalabilidad: Es importante plantearse la posibilidad de que este PLC elegido para esta migración forme parte de un proyecto que pueda crecer y requerir mayores necesidades; por eso se eligió el S7-300 de estructura modular de alta gama para poder seguir incrementando las características del autómatas en caso de que sea necesario en un futuro.

Número de entradas y salidas: El sistema del tándem del molino A cuenta en total con 108 entradas y salidas de tipo analógicas y digitales, 15 variables de estas son entradas digitales, 7 salidas analógicas, 56 entradas digitales y 30 salidas digitales por lo que se descartaba la elección de PLCs de estructura compacta debido a que éstos no satisfacen la cantidad de entradas y salidas requeridas.

Costo: Se tomo en cuenta la disponibilidad adquisitiva que tenia la empresa para comprar los módulos que este requería, el costo del CPU y de fuente de poder.

Capacidad de programa: Este aspecto va relacionado con el número de entradas y salidas del autómatas debido a que a mayor numero de E/S mayor capacidad del

programa y al aspecto referido a costos debido a que se busco un modelo de PLC con la suficiente velocidad de repuesta y la capacidad de memoria que cumpliera con los requisitos pero que no representará una inversión innecesaria para la empresa, por lo antes expuesto se descarto la elección de los PLC Siemens de otros modelos como el S7-400 o S7-1200.

A continuación se detallará los equipos que intervienen en este sistema de control y su relación con el mismo:

1. PLC SIEMENS S7-300.

Según el manual de PLC Siemens (2006):

El SIMATIC S7-300 es un controlador universal ahorra en espacio de instalación y cuenta con un diseño modular. Una amplia gama de módulos se pueden utilizar para ampliar el sistema central o la creación de estructuras descentralizadas de acuerdo a la tarea a realizar, y facilita una acción rentable de piezas de repuesto. Con su impresionante gama de innovaciones, el SIMATIC S7-300 controlador universal es un sistema integrado que le ahorrará la inversión adicional y los costos de mantenimiento. (p.1)

Está compuesto por un portafolio de 22 CPUs tipo estándar, compacta y un modo a prueba de fallos failsafe. Permiten implementar configuraciones centralizadas en un solo rack y descentralizadas mediante los módulos de interfaz ET200 y los buses de campo profibus DP o Profinet. A continuación sus especificaciones técnicas:

Fuente de alimentación (PS) que proporciona el voltaje de alimentación interno, por lo que este modulo convierte el voltaje de línea 120/230 V AC al voltaje de operación de 24 V DC.

Bornes de de tensión de red y conductor de protección.

Interfaz maestro/esclavo profibus DP e interfaz DP maestro/esclavo/MPI.

El SIMATIC S7-300 funciona con una micro memory card (MMC) como memoria de datos y de programa. En ésta se puede archivar un proyecto con sus respectivos símbolos y comentarios de programa, lo cual facilita significativamente las tareas de servicio técnico.

Conexión a todos los sistemas de bus convencionales: Ethernet industrial (IEEE 802.3), Profinet (IEC 61158/61784), industrial wireless LAN (IEEE 802.11), Profibus (IEC 61158/61784), AS-Interface (IEC 62026-2/EN 50295), modbus RTU, modbus TCP/IP, ISO on TCP, RS422-485 ASCII/3964(R), KNX entre otros.



Figura 40. PLC SIEMENS S7-300.

Fuente: Manual Siemens AG. (2006).

2. CPU 315-2 DP.

Se eligió este CPU debido a varias razones, como lo son: la memoria de trabajo integrada de 256 Kbyte con tamaño de memoria no volátil de 128 Kbyte y el tiempo de ejecución para operaciones con bits de 0,5 μ s y una cantidad de marcas máximas de 2048 byte; la capacidad de trabajar como maestro DP o esclavo DP. Todas estas características fueron la base por la que se eligió este CPU en cuanto a memoria, velocidad de trabajo y comunicación.

Función: Se utiliza para automatizar el proceso de almacenamiento y control de flujo de caña, donde los resultados a las salidas se producen en respuesta a las condiciones de entrada de las variables del proceso. A continuación sus especificaciones técnicas:

Versión de firmware: V3.3.

Tensión de alimentación 24 Vdc.

Consumo (valor nominal): 850 mA.

Tiempos de ejecución de la CPU para operaciones de tipo palabra: 0,09 μ s.

Tiempos de ejecución de la CPU para operaciones de tipo aritmética con coma flotante: 0,45 μ s.

Tiempos de ejecución de la CPU para operaciones de tipo aritmética con coma fija: 0.12 μ s.

Número total de bloques (DB,FC,FB): 1024.

Cantidad de contadores: 256.

Cantidad de temporizadores: 256.

Cantidad máxima de marcas: 2048 byte.

Velocidad de transferencia como maestro DP: 12 Mbit/s.

3. Módulos de entradas/ salidas analógicas.

El sistema de control cuenta con 8 salidas analógicas (Ver tabla 2) para el control de las velocidades de los conductores y el flujo de las válvulas, por consiguiente se eligieron dos módulos de control SM332 de señal de 4 salidas analógicas. Configurable para voltaje (0 a 10 V) y corriente (4 a 20 mA). Requiere conector frontal de 20 polos.

El sistema de control cuenta con 15 entradas analógicas (ver tabla 2) para la supervisión de la temperatura y velocidad de la picadora desfibradora , temperatura del agua de inhibición y las velocidades de los conductores por consiguiente se eligieron dos módulos de control SM331 (ver figura 41) de señal de 8 entradas analógicas. Apta para señales de voltaje (0 a 10 V) y corriente (4 a 20 mA), termocuplas y para 8 señales tipo RTD. Requiere conector frontal de 20 polos.



Figura 41. Modulo de 8 entradas analógicas.

Fuente: Manual Siemens AG. (2006).

Tabla 2. Entradas y salidas analógicas.

| | Estado | Símbolo ▲ | Dirección | Tipo de dato | Comentario |
|-----|--------|-----------|-----------|--------------|---|
| 307 | | PAW 320 | PAW 320 | WORD | AO SP Conductor 1A |
| 308 | | PAW 336 | PAW 336 | WORD | AO Control de Flujo Inhibicion |
| 309 | | PAW322 | PAW 322 | WORD | AO SP Velocidad Conductor 2A |
| 310 | | PAW324 | PAW 324 | WORD | AO Cinta de Goma |
| 311 | | PAW338 | PAW 338 | WORD | AO Valvula Agua Sucia |
| 312 | | PAW340 | PAW 340 | WORD | AO Valvula Control de Agua Caliente |
| 313 | | PAW342 | PAW 342 | INT | AO Valvula Control Agua Fria |
| 314 | | PEW 352 | PEW 352 | INT | AI Velocidad Conducto dAÑO |
| 315 | | PEW 354 | PEW 354 | INT | AI Velocidad Conductor 2A |
| 316 | | PEW 356 | PEW 356 | INT | AI Velocidad Cinta de Goma |
| 317 | | PEW 358 | PEW 358 | INT | AI Velocidad Conductor 1A |
| 318 | | PEW 360 | PEW 360 | INT | Tx_Nivel Tanque Inhibicion |
| 319 | | PEW 362 | PEW 362 | INT | AI Temperatura Agua Inhibicion |
| 320 | | PEW 364 | PEW 364 | INT | Flujo de Agua de Inhibicion |
| 321 | | PEW 366 | PEW 366 | INT | Nivel de Tanque de Jugo Mixto |
| 322 | | PEW 368 | PEW 368 | INT | AI Velocidad Turbina Molino 6 |
| 323 | | PEW 370 | PEW 370 | INT | AI Flujo de Jugo Mixto |
| 324 | | PEW 372 | PEW 372 | INT | Temperatura Desfibradora Lado Libre |
| 325 | | PEW 376 | PEW 376 | INT | AI Velocidad Desfibradora |
| 326 | | PEW 378 | PEW 378 | INT | ai temperatura picadora lado libre |
| 327 | | PEW 380 | PEW 380 | INT | temperatura picadora lado acople |
| 328 | | PEW 382 | PEW 382 | INT | velocidad picadora |
| 329 | | PEW 374 | PEW 374 | INT | AI Temperatura Desfibradora Lado Acople |

Fuente: Torres (2016).

4. Módulos de entradas digitales.

El sistema de control cuenta con 56 entradas digitales (ver tabla 3 y 4) para la supervisión de los estados de las bombas, motores y sensores que intervienen en este control por consiguiente se eligieron dos módulos de control SM321 de señal de 32 DI a 120 VAC. Este requiere conector frontal de 40 polos.

Tabla 3. Entradas digitales. Primera parte.

| | Estado | Símbolo ▲ | Dirección | Tipo de dato | Comentario |
|----|--------|-----------|-----------|--------------|---|
| 46 | | E 0.0 | E 0.0 | BOOL | Confirmacion Conductor 1A |
| 47 | | E 11.6 | E 11.6 | BOOL | Confirmacion Gallego |
| 48 | | E0.1 | E 0.1 | BOOL | Disponibilidad Conductor 1A |
| 49 | | E0.2 | E 0.2 | BOOL | Confirmacion Marcha Ventilador Conductor 2A |
| 50 | | E0.3 | E 0.3 | BOOL | Parada Emergencia Conductor 1A |
| 51 | | E0.4 | E 0.4 | BOOL | Confirmacion Conductor 2A |
| 52 | | E0.5 | E 0.5 | BOOL | Disponibilidad Conductor 2A |
| 53 | | E0.6 | E 0.6 | BOOL | Disponibilidad Ventilador Conductor 2A |
| 54 | | E0.7 | E 0.7 | BOOL | Parada de Emergencia Conductor 2A |
| 55 | | E1.0 | E 1.0 | BOOL | Confirmacion Arranque Cinta Goma |
| 56 | | E1.1 | E 1.1 | BOOL | Disponibilidad Cinta de Goma |
| 57 | | E1.2 | E 1.2 | BOOL | (EMRE) Confirmacion Arranque Bomba Jugo Mixto |
| 58 | | E1.3 | E 1.3 | BOOL | Confirmacion Arranque Tamiz Rotativo |
| 59 | | E1.4 | E 1.4 | BOOL | Disponibilidad Tamiz Rotativo |
| 60 | | E1.5 | E 1.5 | BOOL | Conductor 2y7 Marcha Calderas |
| 61 | | E1.6 | E 1.6 | BOOL | Confirmacion Arranque Intermedio 1-2 |
| 62 | | E1.7 | E 1.7 | BOOL | DISPONIBILIDAD INTERMEDIO 1-2 |
| 63 | | E10.0 | E 10.0 | BOOL | Confirmacion Turbina Picadora |
| 64 | | E10.1 | E 10.1 | BOOL | Donelly 1A 20% |
| 65 | | E10.2 | E 10.2 | BOOL | Donelly 1A 40% |
| 66 | | E10.3 | E 10.3 | BOOL | Donnelly 1A 60% |
| 67 | | E10.4 | E 10.4 | BOOL | Sensor Donelly 1A 80% |
| 68 | | E10.5 | E 10.5 | BOOL | Sensor Donelly 1A 100% |
| 69 | | E10.6 | E 10.6 | BOOL | Donelly 6A 25% |
| 70 | | E10.7 | E 10.7 | BOOL | Donelly 6A 50% |
| 71 | | E11.0 | E 11.0 | BOOL | Donnelly 6A75% |
| 72 | | E11.1 | E 11.1 | BOOL | Sensor Donnelly 6A 100% |
| 73 | | E11.2 | E 11.2 | BOOL | sensor velocidad cinta de goma |
| 74 | | E11.3 | E 11.3 | BOOL | Confirmacion Bomba Jugo Mixto No Colado 2 |
| 75 | | E11.4 | E 11.4 | BOOL | Disponibilidad Bomba Jugo mixto No Colado 2 |
| 76 | | E11.5 | E 11.5 | BOOL | Rele Clarificado Encalado |
| 77 | | E11.7 | E 11.7 | BOOL | Disponibilidad Gallego |
| 78 | | E12.0 | E 12.0 | BOOL | Confirmacion Arranque B.Mixto Fabrica |
| 79 | | E2.0 | E 2.0 | BOOL | Confirmacion Arranque Intermedio 2-3 |
| 80 | | E2.1 | E 2.1 | BOOL | DISPONIBILIDAD INTERMEDIO 2-3 |
| 81 | | E2.2 | E 2.2 | BOOL | Confirmacion Arranque Intermedio 3-4 |
| 82 | | E2.3 | E 2.3 | BOOL | Disponibilidad Intermedio 3- 4 |
| 83 | | E2.4 | E 2.4 | BOOL | Confirmacion Arranque Intermedio 4-5 |
| 84 | | E2.5 | E 2.5 | BOOL | Disponibilidad Intermedio 4-5 |
| 85 | | E2.6 | E 2.6 | BOOL | Confirmacion Arranque Intermedio 5-6 |
| 86 | | E2.7 | E 2.7 | BOOL | Disponibilidad Intermedio 5-6 |

Fuente: Torres (2016).

Tabla 4. Entradas digitales. Segunda parte.

| | Estado | Símbolo ^Δ | Dirección | Tipo de dato | Comentario |
|-----|--------|----------------------|-----------|--------------|--|
| 87 | | E3.0 | E 3.0 | BOOL | Confirmacion Marcha Sin fin tamiz Rotativo |
| 88 | | E3.1 | E 3.1 | BOOL | Disponibilidad Sinfin Tamiz Rotativo |
| 89 | | E3.2 | E 3.2 | BOOL | Confirmacion Marcha Iman |
| 90 | | E3.3 | E 3.3 | BOOL | Disponibilidad Iman |
| 91 | | E3.4 | E 3.4 | BOOL | Confirmacion Marcha Rodillo Alimentador |
| 92 | | E3.5 | E 3.5 | BOOL | Disponibilidad Rodillo Alimentador |
| 93 | | E3.6 | E 3.6 | BOOL | Confirmacion Arranque Conductor Bagazo |
| 94 | | E3.7 | E 3.7 | BOOL | Disponibilidad Elevador de Bagazo |
| 95 | | E4.1 | E 4.1 | BOOL | Status turbina 6 |
| 96 | | E5.1 | E 5.1 | BOOL | Status turbina 5 |
| 97 | | E8.0 | E 8.0 | BOOL | Confirmacion Bomba de Maceracion 1 |
| 98 | | E8.1 | E 8.1 | BOOL | Disponibilidad Bomba de Maceracion1 |
| 99 | | E8.2 | E 8.2 | BOOL | Confirmacion Bomba de Maceracion 2 |
| 100 | | E8.3 | E 8.3 | BOOL | Disponibilidad Bomba de Maceracion 2 |
| 101 | | E8.4 | E 8.4 | BOOL | Confirmacion Bomba de Maceracion 3 |
| 102 | | E8.5 | E 8.5 | BOOL | Disponibilidad Bomba Maceracion 3 |
| 103 | | E8.6 | E 8.6 | BOOL | Confirmacion Bomba de Maceracion 4 |
| 104 | | E8.7 | E 8.7 | BOOL | Disponibilidad Bomba de Maceracion 4 |
| 105 | | E9.0 | E 9.0 | BOOL | Confirmacion Bomba Jugo Mixto No Colado 1 |
| 106 | | E9.1 | E 9.1 | BOOL | Disponibilidad Bomba de Jugo Mixto No Colado |
| 107 | | E9.2 | E 9.2 | BOOL | Confirmacion Bomba de Lubricacion de Bronces |
| 108 | | E9.3 | E 9.3 | BOOL | Confimacion Turbina 1 |
| 109 | | E9.5 | E 9.5 | BOOL | Status Turbina 3 |
| 110 | | E9.6 | E 9.6 | BOOL | Status Turbina 4 |
| 111 | | E9.7 | E 9.7 | BOOL | Confirmacion Turbina Desfibradora |

Fuente: Torres (2016).

El sistema de control cuenta con 30 salidas digitales (ver tabla 5) para el accionamiento de los motores y bombas que intervienen en este sistema de control por consiguiente de eligió un modulo SM322 (ver figura 42) de señal de 32 DO a 120 VAC. Este requiere conector frontal de 40 polos.

Tabla 5. Salidas digitales.

| | Estado | Símbolo ^Δ | Dirección | Tipo de dato | Comentario |
|----|--------|----------------------|-----------|--------------|--|
| 1 | | 25 | T 25 | TIMER | TIEMPO MARCHA Cinta de Goma |
| 2 | | A 4.0 | A 4.0 | BOOL | Activar Conductor 1A |
| 3 | | A 4.1 | A 4.1 | BOOL | Accionamiento Conductor 2A |
| 4 | | A0.0 | A 0.0 | BOOL | Accionamiento Conductor Bagazo |
| 5 | | A4.2 | A 4.2 | BOOL | Accionamiento Cinta de Goma |
| 6 | | A4.3 | A 4.3 | BOOL | Accionamiento Tamiz Rotativo |
| 7 | | A4.4 | A 4.4 | BOOL | Accionamiento Intermedio 1-2 |
| 8 | | A4.5 | A 4.5 | BOOL | Accionamiento Intermedio 2-3 |
| 9 | | A4.6 | A 4.6 | BOOL | Accionamiento Intermedio 3-4 |
| 10 | | A4.7 | A 4.7 | BOOL | Accionamiento Intermedio 4-5 |
| 11 | | A5.0 | A 5.0 | BOOL | Arranque Intermedio 5-6 |
| 12 | | A5.1 | A 5.1 | BOOL | Activar Sinfin Tamiz Rotativo |
| 13 | | A5.2 | A 5.2 | BOOL | Activar Iman |
| 14 | | A5.3 | A 5.3 | BOOL | Activar Rodillo Alimentador |
| 15 | | A5.4 | A 5.4 | BOOL | Activa Gallego |
| 16 | | A5.5 | A 5.5 | BOOL | arranque Conductor de Bagazo |
| 17 | | A5.6 | A 5.6 | BOOL | Activa Bomba de de Maceracion 1 |
| 18 | | A5.7 | A 5.7 | BOOL | Activa Bomba de de Maceracion 2 |
| 19 | | A6.0 | A 6.0 | BOOL | Activa Bomba de de Maceracion 3 |
| 20 | | A6.1 | A 6.1 | BOOL | Activa Bomba de de Maceracion 4 |
| 21 | | A6.2 | A 6.2 | BOOL | Activa Bomba Jugo Mixto No Colado 1 |
| 22 | | A6.3 | A 6.3 | BOOL | Activa Bomba Jugo Mixto No Colado 2 |
| 23 | | A6.4 | A 6.4 | BOOL | Activa Ventilador Conductor 2A |
| 24 | | A6.5 | A 6.5 | BOOL | sube Velocidad Turbina 6 |
| 25 | | A6.6 | A 6.6 | BOOL | Baja Velocidad Turbina 6 |
| 26 | | A6.7 | A 6.7 | BOOL | Cierra Secuencia Arranque Desfibradora |
| 27 | | A7.0 | A 7.0 | BOOL | Cierra Secuencia Arranque Picadora |
| 28 | | A7.2 | A 7.2 | BOOL | Indicacion de Parada |
| 29 | | A7.3 | A 7.3 | BOOL | Star B.Mixto Fabrica |
| 30 | | A7.4 | A 7.4 | BOOL | Comando Stop Fabrica |

Fuente: Torres (2016).



Figura 42. Modulo de 32 salidas digitales.

Fuente: Manual Siemens AG. (2006).

5. Cable de Comunicación PPI.

El Cable interfaz PPI modelo 6ES7901-3CB30-0XA0 para comunicación y programación S7-300/PC.



Figura 43. Cable interfaz PPI.

Fuente: Manual Siemens AG. (2006).

Función: Se utiliza para establecer la comunicación entre el PLC S7-300 y el CPU 224 XP y su software de programación Simatic STEP7.

3.1.1 Descripción del proceso de migración.

Para la primera etapa del proceso de migración se procedió con la identificación de las entradas y salidas del PHC Fertron, tanto los cables como las borneras (ver anexo I), para determinar que variables se iban a utilizar, luego se procedió con la desconexión de todo el equipo de control del bastidor en el panel de control antes mencionado. Posteriormente se corroboró la correspondencia de cada entrada y salida, verificando que cada actuador respondía a la orden de la salida relacionada con el mismo, y que cada entrada recibía la señal de voltaje esperada. A continuación se procedió con el montaje del nuevo equipo de control:

En la primera etapa se instalaron los equipos de manera horizontal en el bastidor del panel de control que se utilizaba para el equipo Fertron. Este bastidor esta ajustado a las normas de protección para la instalación del PLC, en este caso la norma IEC 529 y DIN 40050.

Para el montaje de los equipos se siguió el siguiente orden: Primero la fuente de alimentación, luego el CPU y posteriormente los módulos de entradas y salidas analógicas y por último los módulos de entradas y salidas digitales como podemos ver en la figura:

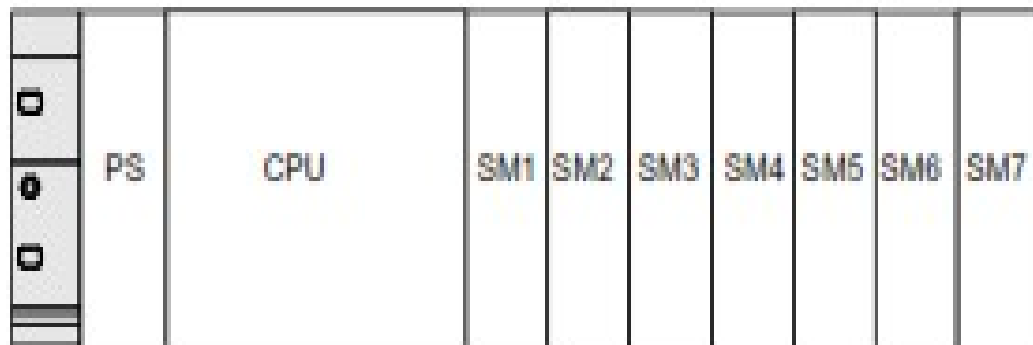


Figura 44. Organización de los equipos en el bastidor.

Fuente: Manual Siemens AG. (2006).

1. PS: Corresponde a la fuente de alimentación de 24 V.
2. CPU: Corresponde al CPU 315-2 DP.
3. SM1: Corresponde al primer módulo de 8 entradas analógicas modelo SM331.
4. SM2: Corresponde al segundo módulo de 8 entradas analógicas modelo SM331.
5. SM3: Corresponde al primer módulo de 4 salidas analógicas modelo SM332.
6. SM4: Corresponde al segundo módulo de 4 salidas analógicas modelo SM332.
7. SM5: Corresponde al primer módulo de 32 entradas digitales modelo SM321.
8. SM6: corresponde al segundo módulo de 32 entradas digitales modelo SM321.
9. SM7: Corresponde al módulo de de 32 salidas digitales modelo SM322.

Al colocar los módulos de entrada analógica SM, se tuvo que comprobar antes del montaje que el adaptador del rango de medida se encontrará en la posición correcta. A continuación se explica el procedimiento paso a paso para montar los módulos:

1. Se colocaron los conectores de bus en la CPU y en los módulos de entradas y salidas analógicas y digitales. Todos estos módulos, a excepción de la CPU, incluyen un conector de bus.

Se comenzó a colocar el conector de bus en la CPU. A este efecto, se utilizó el conector de bus del último módulo de la fila (ver figura 45).

Se insertó los conectores de bus en los demás módulos. A excepción del último módulo que no se inserta ningún conector de bus.

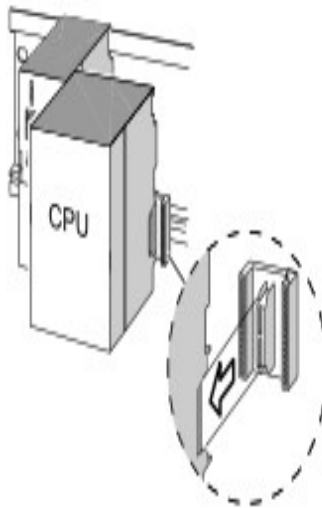


Figura 45. Instalación del conector de bus.

Fuente: Manual Siemens AG. (2006).

2. Se enganchó cada módulo como se muestra en la figura 46 con el siguiente orden previsto, se desplazó hasta el módulo izquierdo y se movió hasta abajo.

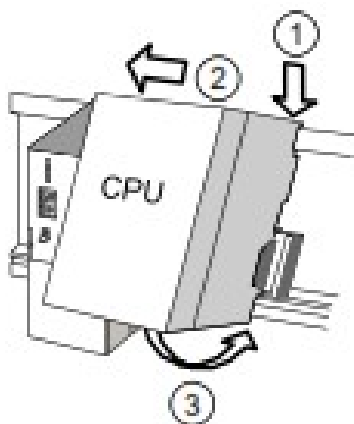


Figura 46. Instalación de los equipos.

Fuente: Manual Siemens AG. (2006).

3. Se atornilló los módulos manualmente (ver figura 47).

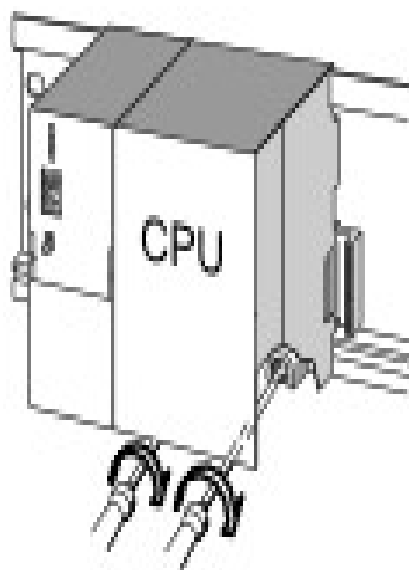


Figura 47. Fijación de los equipos.

Fuente: Manual Siemens AG. (2006).

4. Luego se colocó los numero de slot en los módulos como se muestra en la figura:

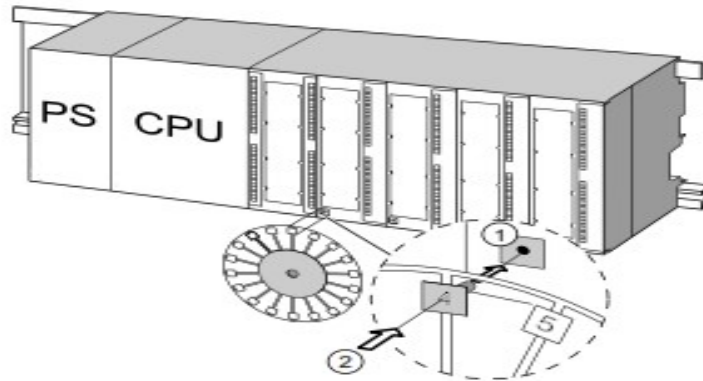


Figura 48. Identificación de slot.

Fuente: Manual Siemens AG. (2006).

A continuación se procedió a cablear la fuente de poder, y la alimentación del CPU y los módulos de entrada y salidas analógicas y digitales.

Se prosiguió con el cableado de las entradas y salidas analógicas en las borneras (ver anexo G y I) en donde, como ya se dijo anteriormente, ya se habían identificado los cables y corroborado que fuesen a las borneras correctas, para terminar con el cableado de las entradas y salidas digitales (ver anexo H e I) en donde se había aplicado el procedimiento anterior.

Finalmente se termina con la comunicación del PLC al HMI de la computadora antes descrita utilizando el protocolo de Interfaz MPI (multi point interface), en el cual todos los datos globales que van del mismo emisor al mismo receptor se agrupan en un paquete GD. Este se envía dentro de un telegrama. El paquete GD se identifica por un numero de paquete GD. Si se supera la longitud de paquete GD de emisión, se utiliza un nuevo circulo GD.

El cable multimaestro RS-232/PPI se utiliza como interfaz de comunicación en la red del S7-300, el mismo conecta el S7-200 con la PC, para lo cual se realiza los pasos siguientes:

1. Se une el conector RS-232 del cable multimaestro RS-232/PPI al puerto de comunicación del computador (PC o programadora).
2. Se une el conector RS-485 identificado como PPI del cable multimaestro RS232/PPI al puerto 0 de PLC S7-300.
3. Una vez que se ha conectado el PLC S7-300 con la PC se establece la comunicación con el software de programación STEP 7.

5.3 Fase III. Desarrollo de la programación del PLC Siemens para el control del tándem de molino A.

El software de programación de los controladores S7-300 es el step 7 versión 5.4, el cual requiere para su instalación el siguiente hardware y software:

1. PC, sistema operativo Windows 95/98/NT con:
 - Mínimo: 133MHz y 64MB RAM, espacio libre en el disco duro aprox. 65 MB.
 - Óptimo: 500MHz y 128MB RAM, espacio libre en el disco duro aprox.. 65 MB.

Para ello se utilizó la PC que se utilizaba para el HMI del Fertron que también cumple con estos requisitos.

2. Software STEP7 V 5.x.
3. Interface MPI para el PC (descrito anteriormente).
4. PLC SIMATIC S7-300 como mínimo con módulos de entradas y salidas digitales.

Estos módulos se describieron anteriormente respondiendo a las necesidades de variables y salidas que se requerían.

Con el STEP 7 se realizaron las siguientes funciones para la automatización del tándem de molino A:

- Configuración y parametrización del hardware.
- Establecer la comunicación
- Programación
- Documentación.
- Uso y diagnóstico de las funciones.

Este software permitió la programación en lenguaje escalera, la cual se describirá más adelante.

La programación del sistema de control consta de un bloque de organización OB1 en forma cíclica, es decir, una vez finalizado, vuelve a ejecutar el mismo ciclo nuevamente. En este bloque OB1 como se puede observar en la figura 49, se hace un llamado al bloque de función FC1 correspondiente al control del primer alimentador de tipo donnelly, seguidamente se hace otro llamado al bloque de función FC12 correspondiente a los permisos requeridos para encender cada motor y cada bomba que participa en este sistema de control, posteriormente se hace el llamado al bloque de función FC5 que corresponde a las repeticiones de velocidad, esto tiene relación con la programación de las velocidades de los motores correspondientes al primer y segundo conductor y a la cinta de goma.

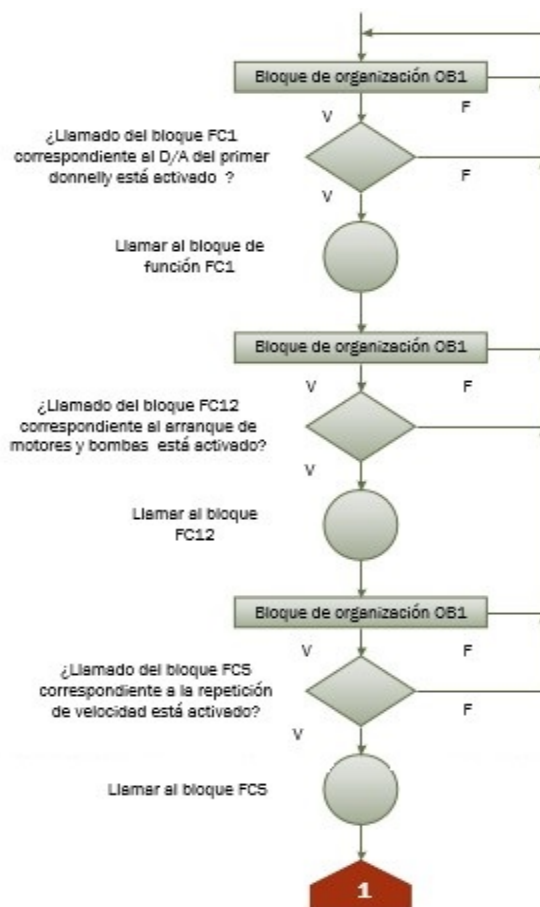


Figura 49. Diagrama de flujo general del sistema de control. Primera parte.

Fuente: Torres (2016).

En la segunda parte de la programación del bloque de organización OB1 como se puede observar en la figura 50, se continúa con los llamados a los bloques de función, siguiendo con el llamado al bloque correspondiente al control de las válvulas que controlan el flujo de agua de imbibición al molino, de agua caliente y fría que va al tanque que almacena el agua de imbibición. Luego se llama al bloque de función FC4 que corresponde al control del último alimentador de tipo donnelly para terminar con el bloque de función FC7 para el control de los disparos que se efectúen dentro del proceso de control del tándem.

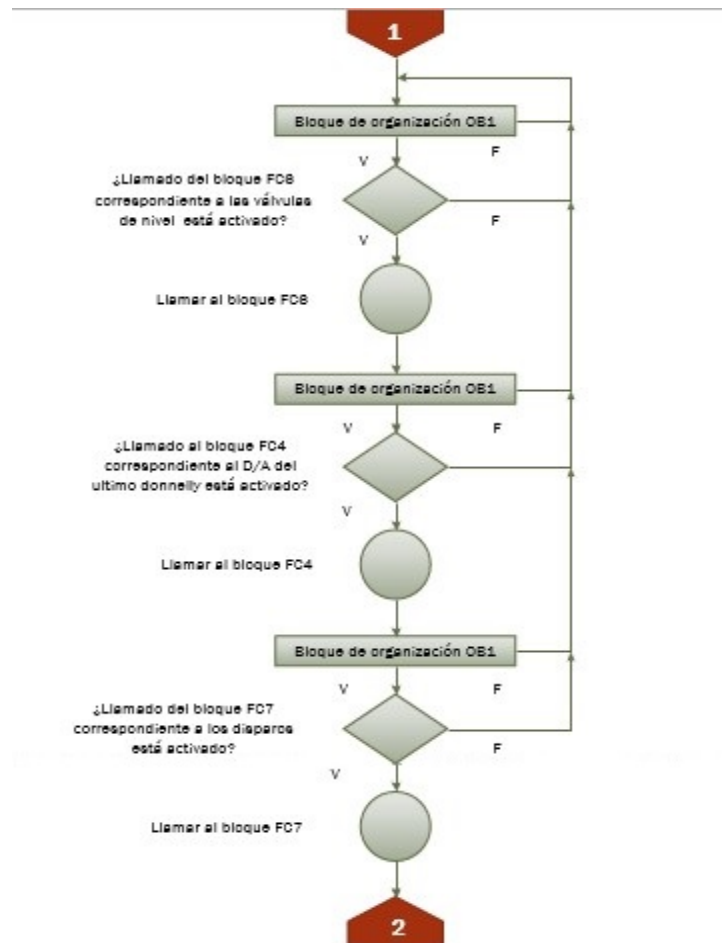


Figura 50. Diagrama de flujo general del sistema de control. Segunda parte.

Fuente: Torres (2016).

5.3.1 Configuración del Hardware.

Para el hardware del sistema de control se seleccionó la fuente de poder PS 307 de 24 voltios y 5 amperios, el CPU 315-2 DP con 256 KB de memoria de trabajo e interfaz de comunicación integrado MPI y DP. Además dos módulos de 32 entradas digitales para la programación de las 56 variables digitales de entrada y un módulo de salidas digitales para las 30 variables de salida digital. Luego los dos módulos de entradas analógicas de 8 entradas para las 15 variables de entrada analógicas y dos módulos de 4 salidas analógicas para las 7 variables de salida analógicas como se puede observar en la figura 51.

| | |
|----|-----------------|
| 1 | PS 307 5A |
| 2 | CPU 315-2 DP |
| X2 | DP |
| 3 | |
| 4 | D132xDC24V |
| 5 | D032xDC24V/0.5A |
| 6 | D132xDC24V |
| 7 | |
| 8 | AO4x12Bit |
| 9 | AO4x12Bit |
| 10 | AI8x12Bit |
| 11 | AI8x12Bit |

Figura 51. Hardware del sistema de control.

Fuente: Torres (2016).

5.3.2 Programación del sistema de control.

El programa principal OB1, es el bloque organizador que dará pie a la realización del sistema de control con el llamado de los bloques (ver figura 52), que cumplirán sus funciones secuencialmente, como ya se dijo anteriormente, para el control del nivel del primer y último donnelly (FC1 y FC2 respectivamente); los arrancadores de las bombas y

los intermedios del molino (FC12); el control de las válvulas de nivel (FC6) y las alarmas para el HMI (FC7). Cada uno de ellos está constituido con otros bloques de funciones y otras subrutinas que se adecuan al programa para ejecutarse repetidamente y para hacer más eficiente el trabajo a través del uso de las entrada y salidas además de los bits internos del CPU o marcas (ver anexo A) del sistema.

| | |
|-------------------------------|------|
| CALL "D/A Donnelly 1A" | FC1 |
| CALL "Arrancadores" | FC12 |
| CALL "Repeticion Velocidades" | FC5 |
| CALL "Valvulas de Nivel" | FC6 |
| CALL "D/A Donnellys 6A" | FC4 |
| CALL "Alarmas y Disparos" | FC7 |

Figura 52. Segmento del bloque principal OB1.

Fuente: Torres (2016).

5.3.2.1 D/A Donnelly 1A y D/A Donnelly 6A.

Para el control de flujo de caña que van directamente a los molinos se utilizan los alimentadores de tipo donnelly, estos alimentadores tienen un control que se utilizan en el primer y último alimentador, para ello se crearon los bloques de función FC1 para el control del primer donnelly utilizando para ello el DB1 (ver anexo B) y el bloque FC4 con el DB 4 (ver anexo C) para el último donnelly, cada uno está compuesto por cuatro sensores que envían una señal al PLC. Estos sensores están superpuestos verticalmente en el donnelly, de tal manera que, el primer sensor que se encuentra en la parte más inferior

del mismo envía una señal cuando haya presencia de bagazo el segundo más arriba y así sucesivamente hasta llegar al último que será el tope del donnelly. Para ello se crean segmentos donde una vez activados los contactos correspondientes a las entradas de los sensores se activa la bobina indicando el nivel de acuerdo a las entradas que estén activadas (ver figura 53).

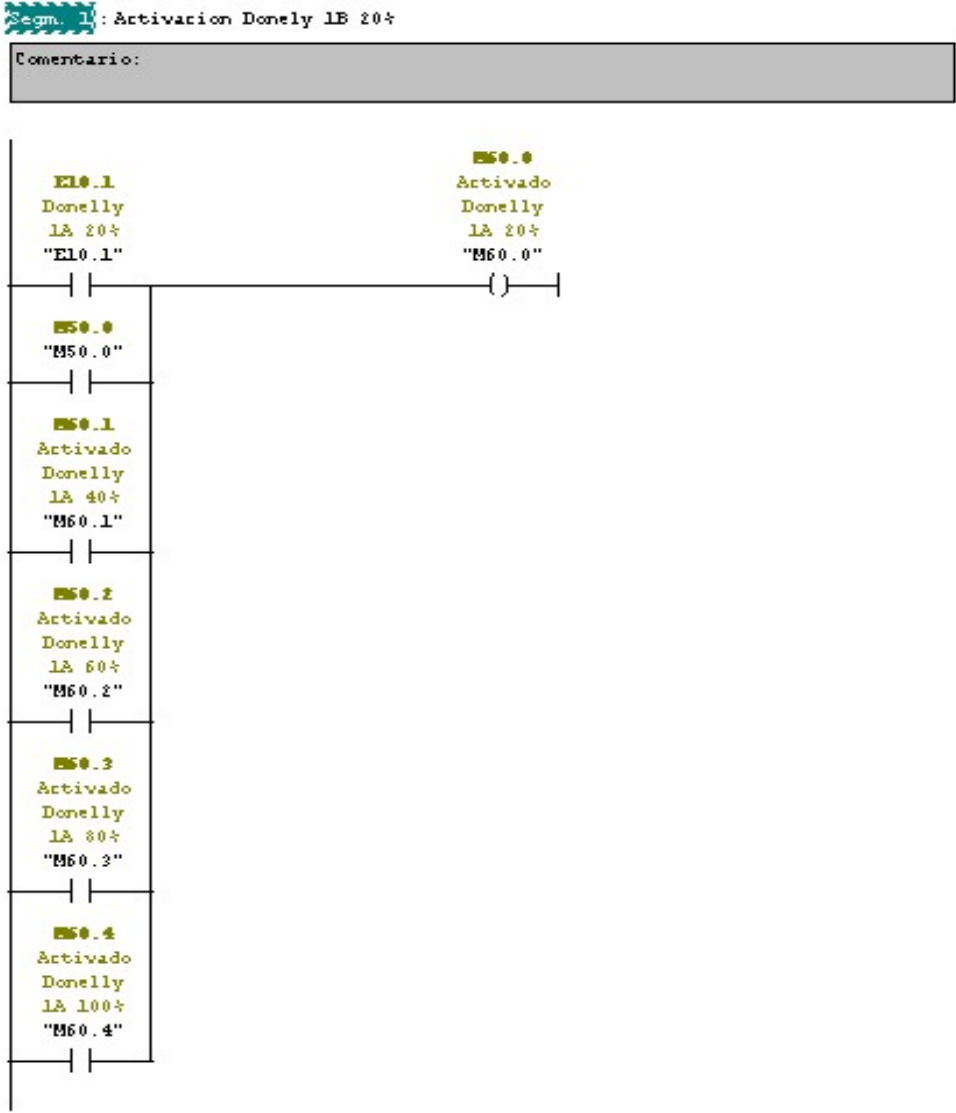


Figura 53. Primer segmento del bloque FC1.

Fuente: Torres (2016).

La estructura de la programación del control de nivel del primer donnelly es igual que el del último donnelly pero con sus variables de entradas y salidas propias. El primer segmento consta de una bobina que indica cuando el nivel este a un 20%, esto se logra si los contactos de todos los sensores de nivel están activados o al menos uno de ellos.

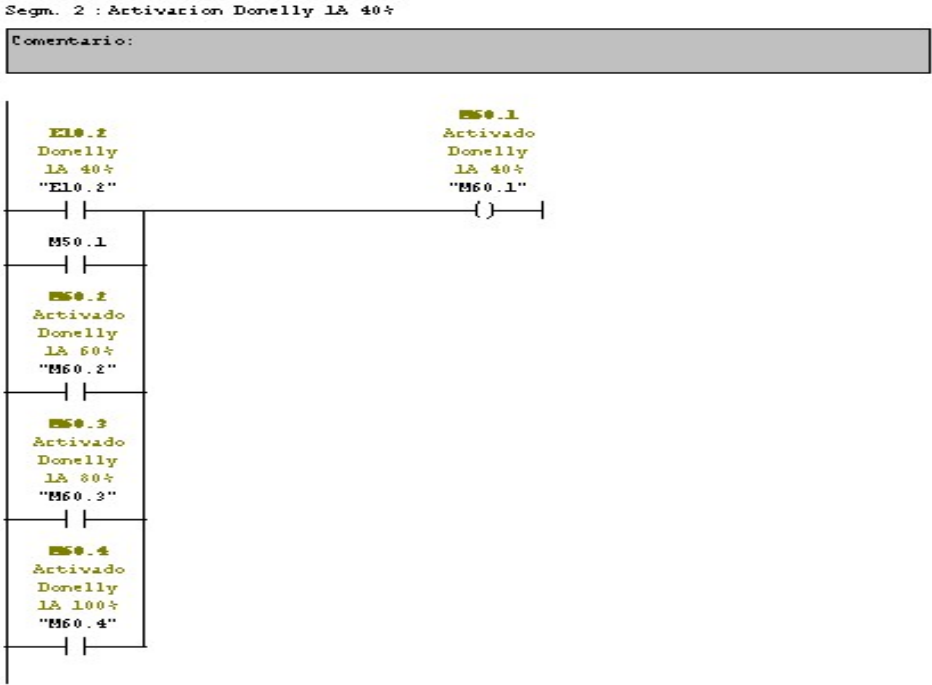


Figura 54. Segundo segmento del bloque FC1.

Fuente: Torres (2016).

El segundo segmento se realiza para activar la bobina que indica un 40% del nivel de caña en el donnelly y se activa cuando el contacto de 40% este activado o en su defecto cuando cualquiera de los sensores superiores este activado (ver figura 54). Para los niveles de 60%, 80% y 100% se hará de la misma manera. Posteriormente se puede observar en la figura 55 y 56 como se le asigna un valor de tipo real en donde es guardado en un DB1 el valor absoluto del donnelly, esto se hace de igual forma para asignar los valores 4, 6, 8 y 10 de los niveles del donnelly.

Segm. 6 : Título:

Comentario:

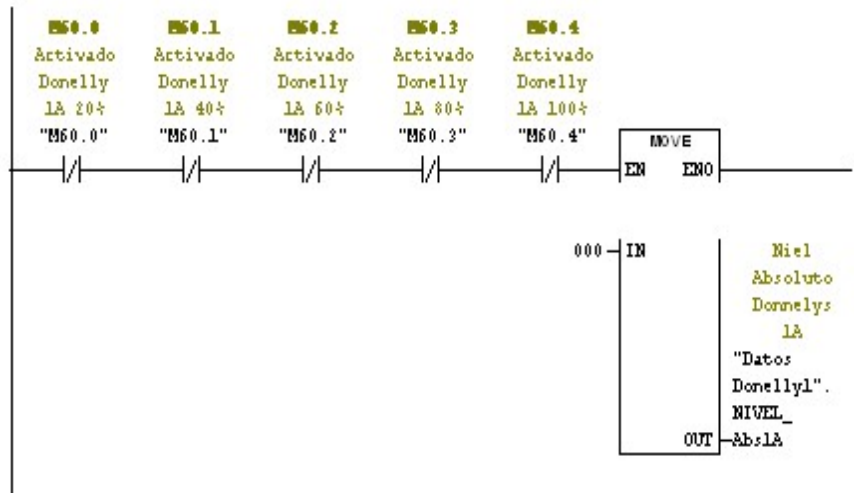


Figura 55. Sexto segmento del bloque FC1.

Fuente: Torres (2016).

Segm. 7 : Título:

Comentario:

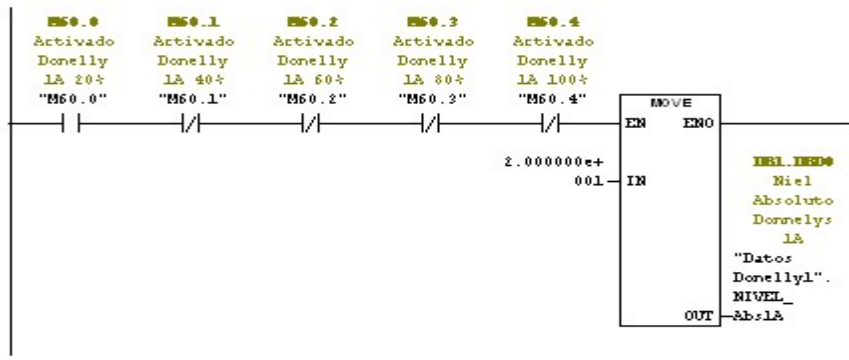


Figura 56. Séptimo segmento del bloque FC1.

Fuente: Torres (2016).

En el último segmento del control de nivel donnelly (ver figura 57 y 58) se utiliza el bloque FC10 que es un convertidor de rampa el cual sirve para que en el HMI se observe un continuo cambio progresivo del nivel de bagazo de acuerdo a la realidad que se presente, es decir, si el nivel de bagazo aumenta o disminuye. Esto se logra proporcionándole al bloque el valor actual o absoluto del nivel de donnelly, su valor máximo y mínimo, el rango mayor y rango menor con que va hacer los cambios y el tiempo en el que se va hacer cada cambio. El FC10 utiliza acumuladores ACU1, ACU2 para realizar sus operaciones y utiliza parámetros de pointer el cual da como ventaja a este tipo de direccionamiento que el operando de la instrucción se puede modificar durante la ejecución del programa.

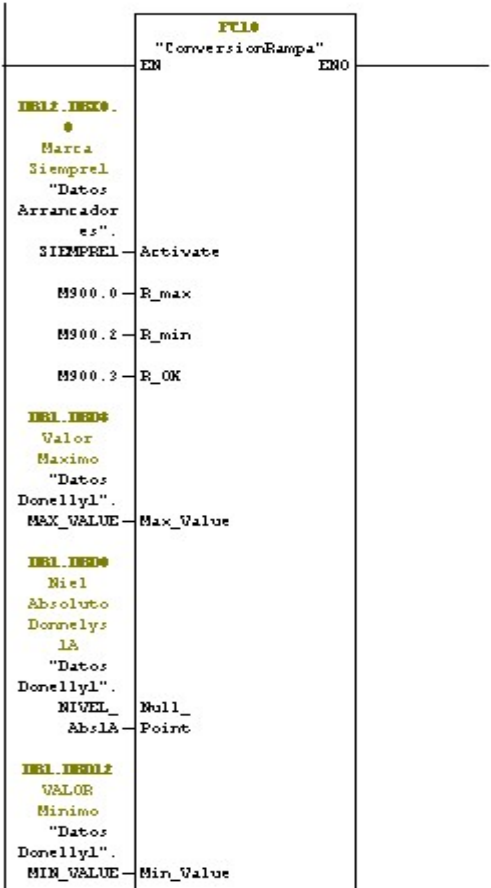


Figura 57. Ultimo segmento del bloque FC1.Primer parte

Fuente: Torres (2016).

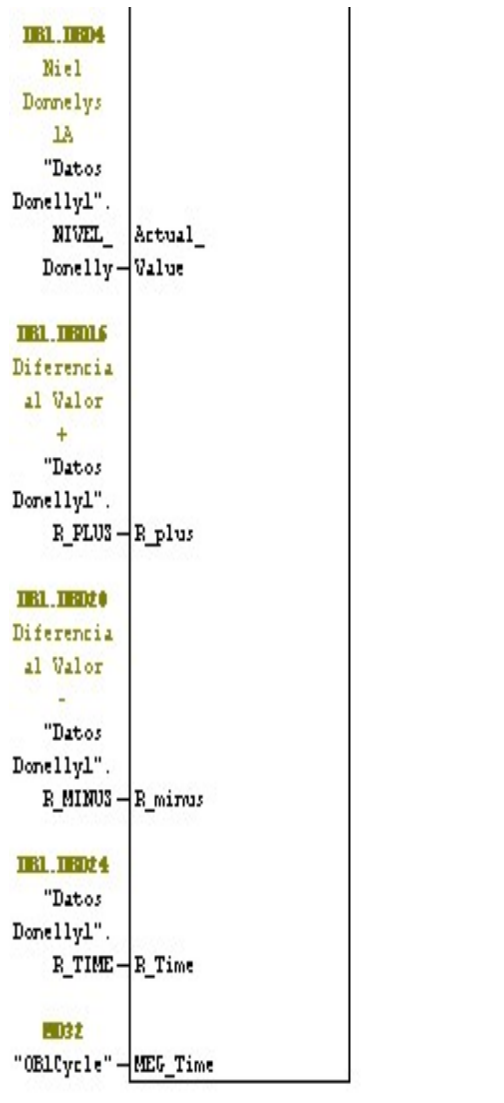


Figura 58. Ultimo segmento del bloque FC1.Segunda parte.

Fuente: Torres (2016).

5.3.2.2 Arrancadores.

El bloque de función FC12 junto con su bloque de datos (ver anexo D) es el bloque de función correspondiente al control de los arrancadores tanto de las bombas como de los motores además es el encargado de enviar una señal de estado para el HMI de los mismos.

El programa comienza con el control del arranque del motor del conductor de bagazo en el primer segmento, para ello se hace uso del bloque FC3 (ver figura 59). La programación se comienza en el sentido contrario a la línea de extracción de guarapo de la caña de azúcar esto se hace para facilitar la comprensión y eficiencia del programa desarrollado, se observa en el análisis del funcionamiento del molino que el conductor de bagazo es uno de los mecanismos últimos en donde este bagazo que servirá como combustible se dirige a las calderas.

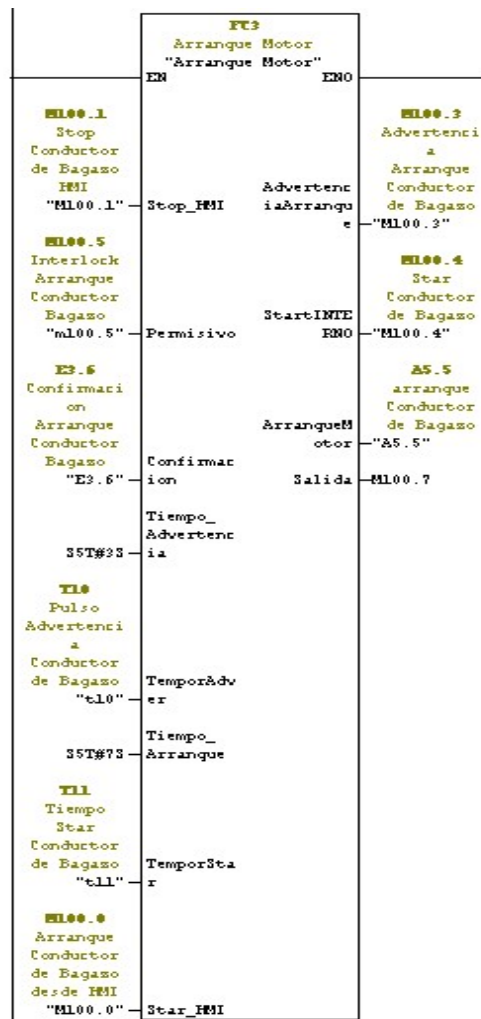


Figura 59. Bloque FC3 del conductor de bagazo.

Fuente: Torres (2016).

Este FC3 funciona de la siguiente manera, como se puede observar en la figura 60, para poder activar la bobina de arranque de motor tendremos que activar el start interno, en este caso como se puede observar en la figura 59, es el star del conductor de bagazo, a continuación se pregunta si el stop del HMI esta encendido, un contacto normalmente abierto que cuando se activa inhibe la activación del arranque del motor y el permisivo, que en este caso es el mismo interlock de bagazo.

No obstante, en el segundo segmento se utiliza una bobina con temporizador de retardo a la conexión, esto se hizo para que una vez que se encendiera el contacto del start del HMI espere un tiempo de advertencia que se introduce en el bloque FC12, esta bobina de retardo con temporizador requiere de un enclavamiento, en la figura 61 se ve que es la advertencia de arranque el cual, una vez cumplido el tiempo del temporizador se activa la bobina reset para volver a cero el valor del temporizador.

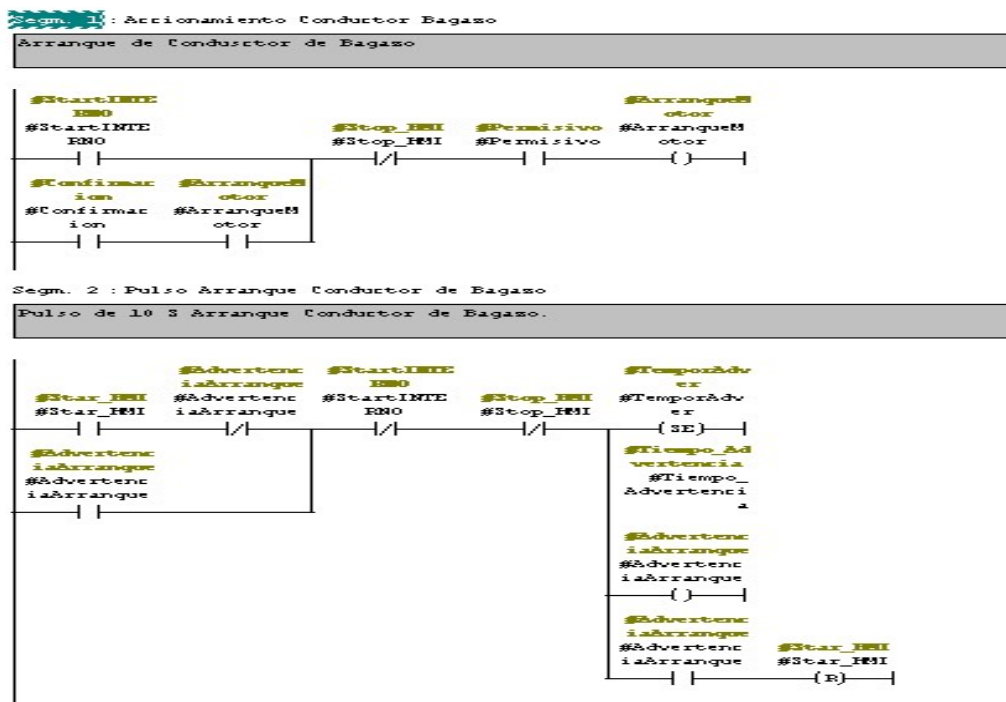


Figura 60. Segmentos de arranque de motor. Primera parte.

Fuente: Torres (2016).

En el tercer segmento se observa la finalidad de este bloque, en el cual una vez activado la bobina con temporizador y el stop del HMI este desactivado, se dará un tiempo determinado para activar el star interno, en este caso el start del conductor de bagazo, si pasado el tiempo no se pulsa no arrancará el motor.

Segm. 3 : Arranque Conductor de Bagazo.

Comentario:

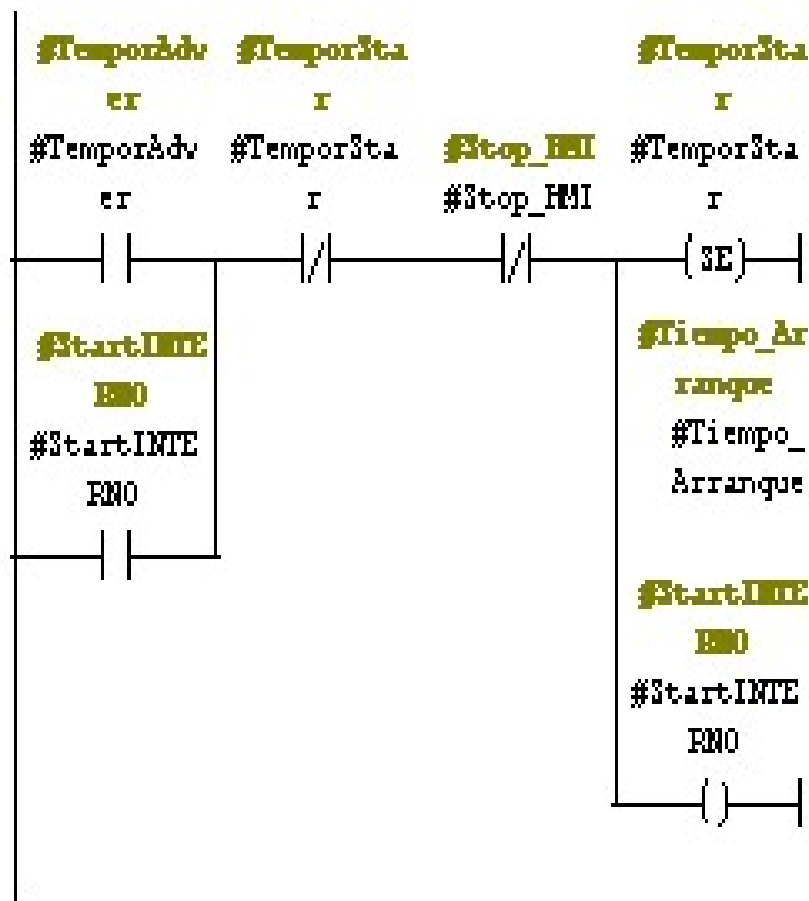


Figura 61. Segmentos de arranque de motor. Segunda parte.

Fuente: Torres (2016).

Siguiendo con el bloque FC12 en el segmento dos se tiene el interlock del conductor de bagazo (ver figura 62), se le llama interlock por que es una característica que hace que el estado de este mecanismo, en este caso del conductor de bagazo, sea dependiente mutuamente con el arranque del intermedio entre el molino 5 y el molino 6. Para ello se pregunta por el conductor siguiente que es el marcha calderas, el cual no hace parte del sistema del tándem de molino, seguidamente se pregunta por el elevador del conductor de bagazo, y el stop de emergencia debe estar desactivado, además hay otro contacto que podría activar este interlock y es el de modo de mantenimiento.

Segm. 2 : Interlock Arranque Conductor Bagazo e Indicación de Estado

Comentario:

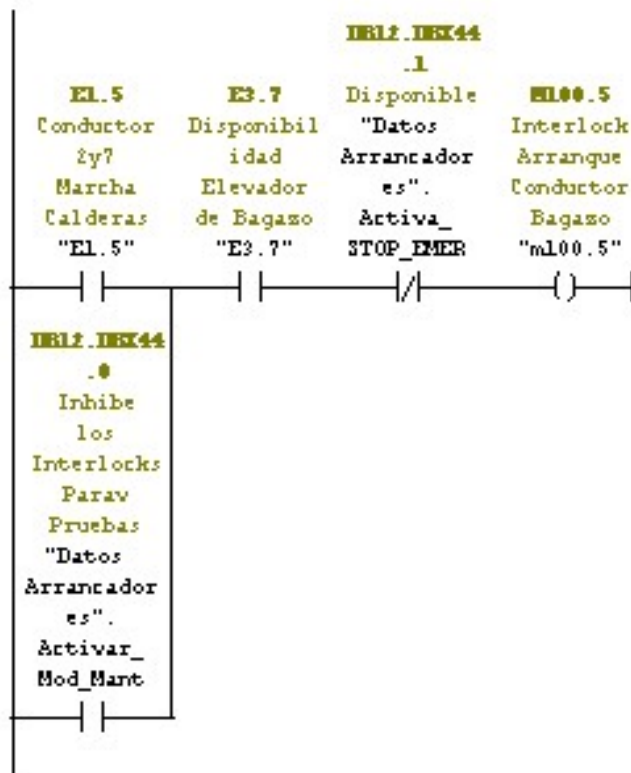


Figura 62. Segundo segmento de FC12.

Fuente: Torres (2016).

En el tercer segmento del FC12 se tiene el estado del motor del conductor de bagazo (ver figura 63), este segmento está diseñado para el monitoreo del estado del motor en el HMI el cual podemos observar que se le asigna una numeración al estado del motor que va del número uno al número cinco, cada numero indica una falla o una advertencia.

Segm. 3 : Activacion Intermedio 5-6 HMI

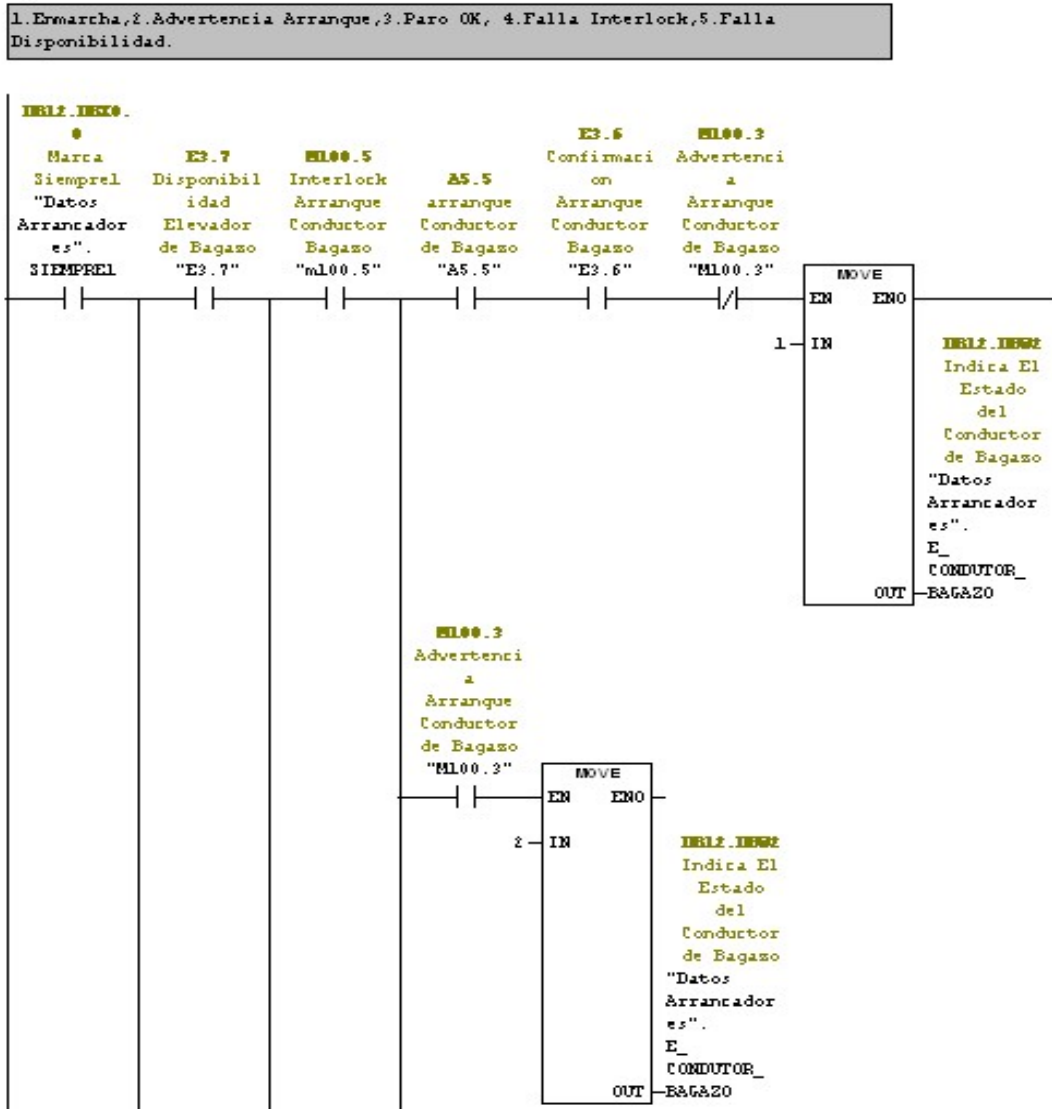


Figura 63. Segmento del estado del motor. Primera parte.

Fuente: Torres (2016).

En la primera parte se puede observar que para que el motor este en uno, este estado quiere decir que el motor esta puesto en marcha y que los contactos correspondientes al interlock de bagazo, la disponibilidad del elevador y el arranque del conductor están encendidos. Además se observa que para el motor este en su segundo estado, que indica la advertencia de arranque, deben estar desactivados el arranque de conductor de bagazo o su confirmación.

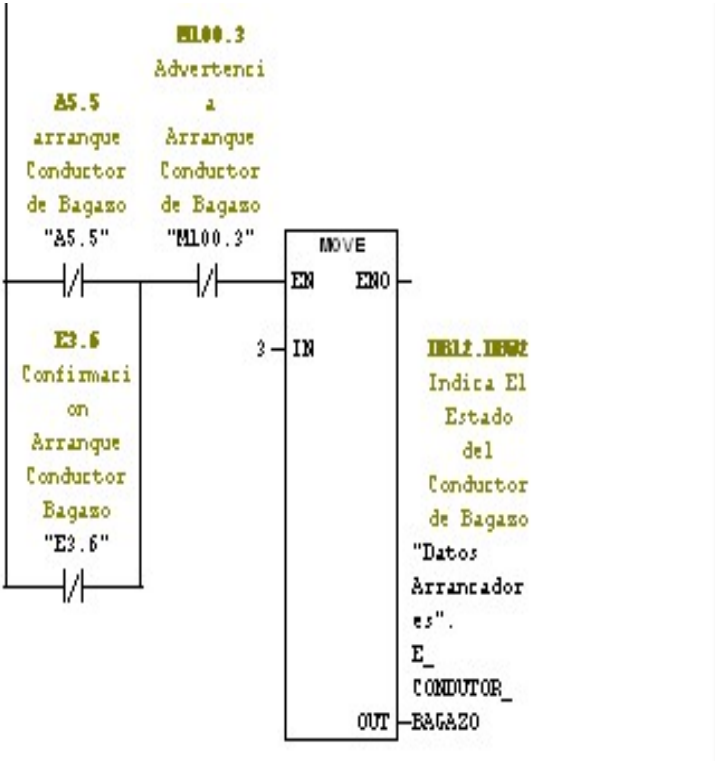


Figura 64. Segmento del estado del motor. Segunda parte.

Fuente: Torres (2016).

Para que el motor este en su tercer estado, como se puede observar en la figura 64, deben estar encendidos los primeros tres contactos del primer estado, posteriormente se utilizan contactos normalmente cerrados con el arranque de conductor y la advertencia del mismo, en el cual cuando se activen darán paso a la activación del primer y segundo estado.

Seguidamente se tiene el cuarto estado del motor (ver figura 65), para ello deben estar activados los dos primeros contactos del primer estado y estar desactivado el contacto del interlock y los contactos correspondientes al tercer estado, este estado indica la falla del interlock. Por último se tiene el quinto estado del motor que está constituido por tres contactos normalmente cerrados dos de ellos del tercer estado y el siguiente es la disponibilidad del elevador, no obstante consta con otro contacto normalmente abierto que es el encendido general del tándem de molinos.

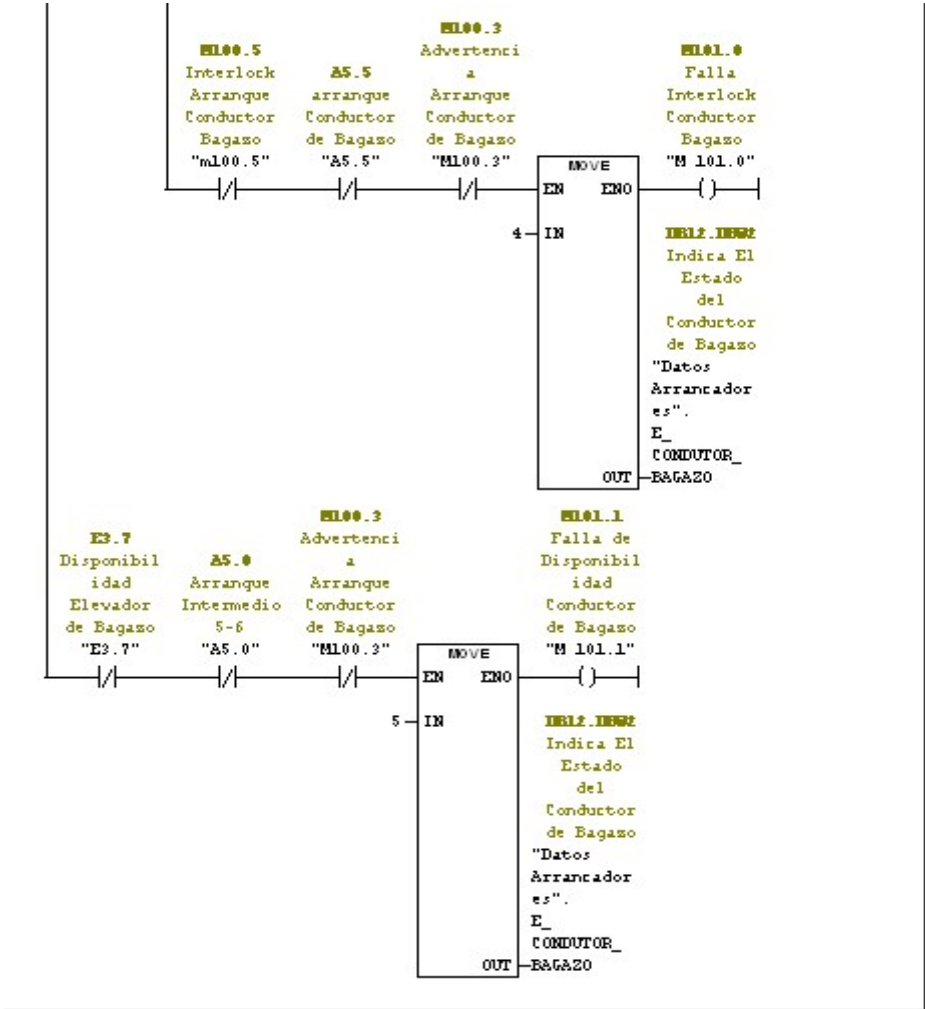


Figura 65. Segmento del estado del motor. Tercera parte.

Fuente: Torres (2016).

En el cuarto segmento del bloque FC12 se tiene el arranque del conductor del intermedio del molino 5 y del molino 6 (ver figura 66), este arranque será controlado de la misma manera que el conductor de bagazo, en el primer segmento, utilizando el bloque FC3, la diferencia de este control es que las variables de entradas y salidas van a ser intrínsecas a este intermedio.

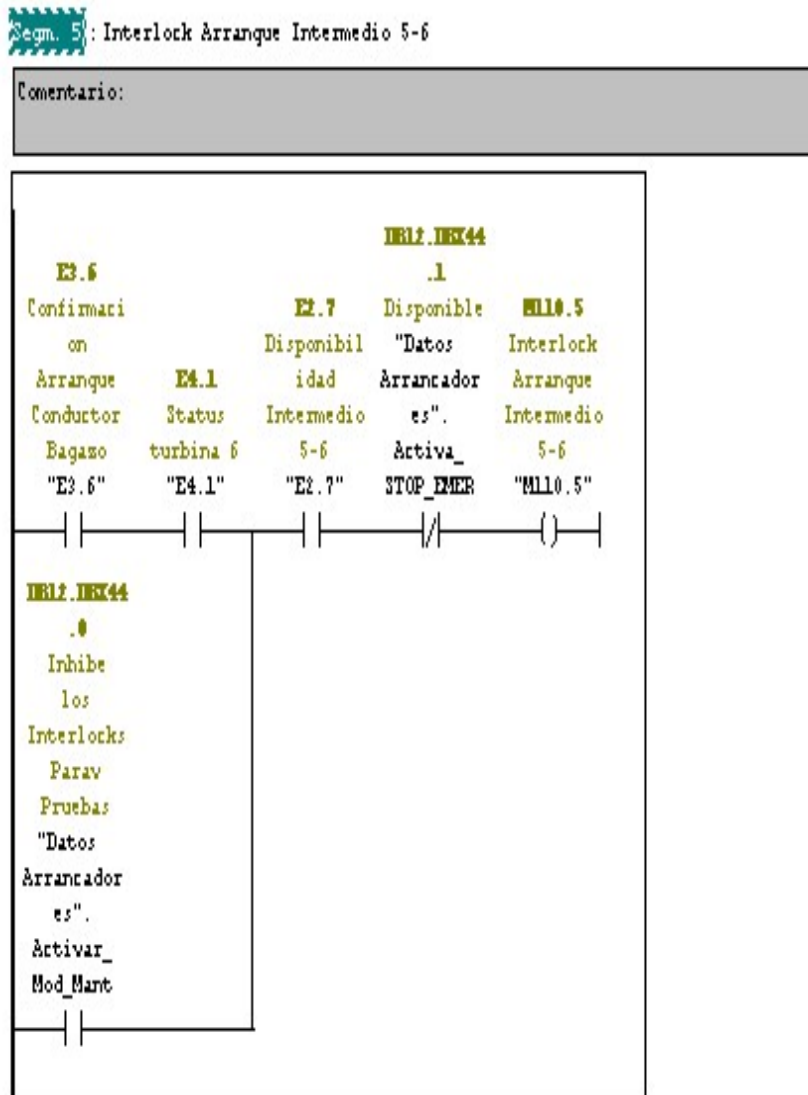


Figura 66. Interlock arranque de molino 5 y 6.

Fuente: Torres (2016).

En el quinto segmento se encuentra al interlock del conductor del intermedio entre los molino 5 y 6 en el cual se puede observar que es igual al interlock del segundo segmento en su estructura, agregándole un contacto del estado de la sexta turbina que mueve los molinos 5 y 6, sus variables de entrada y salida son las correspondientes a las de este intermedio.

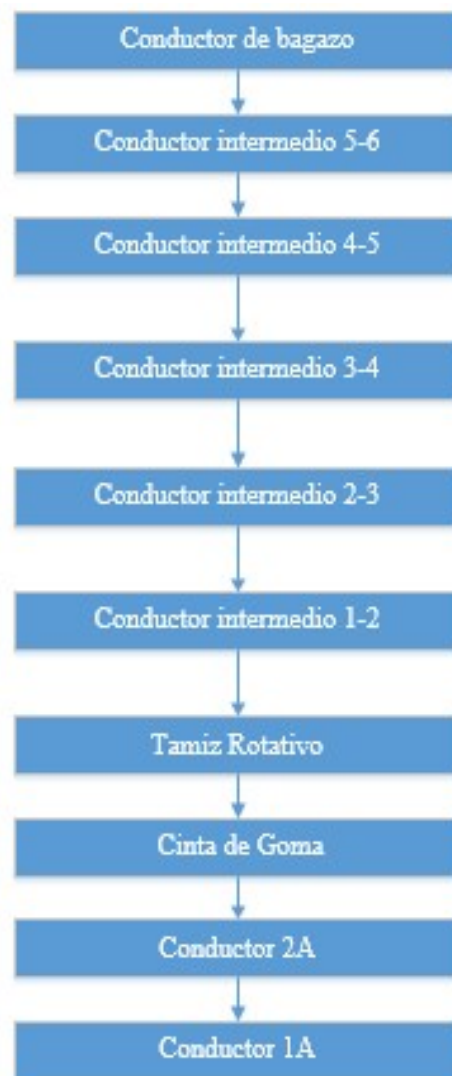


Figura 67. Primera parte del esquema de programación del bloque FC12.

Fuente: Torres (2016).

A partir del sexto segmento el desarrollo de la programación se vuelve repetitiva y secuencial de los primeros tres segmentos del bloque FC12, ya que se controlan luego del conductor del intermedio de los molinos 5 y 6, el siguiente conductor que es el del molino 4 y 5 y así sucesivamente hasta llegar al primer conductor pasando por la cinta de goma y el segundo conductor (ver figura 67), para cada uno de ellos se repite el segmento de arranque de motor, su interlock correspondiente y su estado de motor con sus variables de entradas y salidas propias.



Figura 68. Segunda parte del esquema de programación del bloque FC12.

Fuente: Torres (2016).

Una vez terminados los conductores se pasa a las bombas de maceración (ver figura 68). El desarrollo de control de las bombas utiliza el bloque FC3 para su arranque y la misma estructura para el estado del motor de la bomba, pero en lo que se diferencian son en los interlock que como se puede observar en la figura 69, dependen de la confirmación del intermedio donde estén ubicadas, en el caso de la primera bomba de maceración se encuentra ubicada en el conductor de bagazo, entre el primer y segundo molino, así se puede observar que si el intermedio no está encendido tampoco se activará esta bomba, para la segunda bomba de maceración, ubicada entre en segundo y tercer molino, se pregunta por confirmación de su conductor y lo mismo se hará para la tercera bomba ubicada en el conductor del tercer y cuarto molino, y la última bomba de maceración ubicada en el intermedio del cuarto y quinto molino.

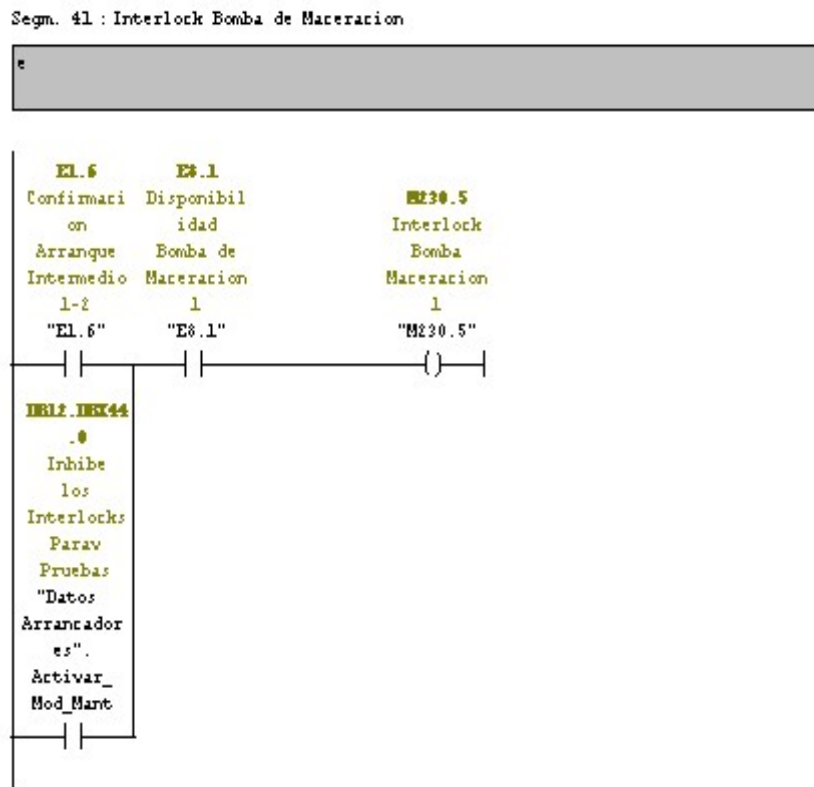


Figura 69. Interlock de las bombas de maceración.

Fuente: Torres (2016).

Después de haber terminado con las bombas de maceración se pasa a controlar el tornillo sin fin, el imán, en el cual en su interlock se pregunta por la disponibilidad del mismo, es decir, si esta encendido, y el rodillo alimentador para así proseguir con las bombas de jugo mixto, el control de estas bombas como se puede observar en la figura 70, es similar a las bombas de maceración solo que a diferencia de estas las bombas de jugo mixto preguntan por la activación del tornillo sin fin para la primera bomba y tamiz rotativo para la segunda bomba(ver figura 71).

Segm. 53 : Interlock Bomba de Jugo Mixto no colado

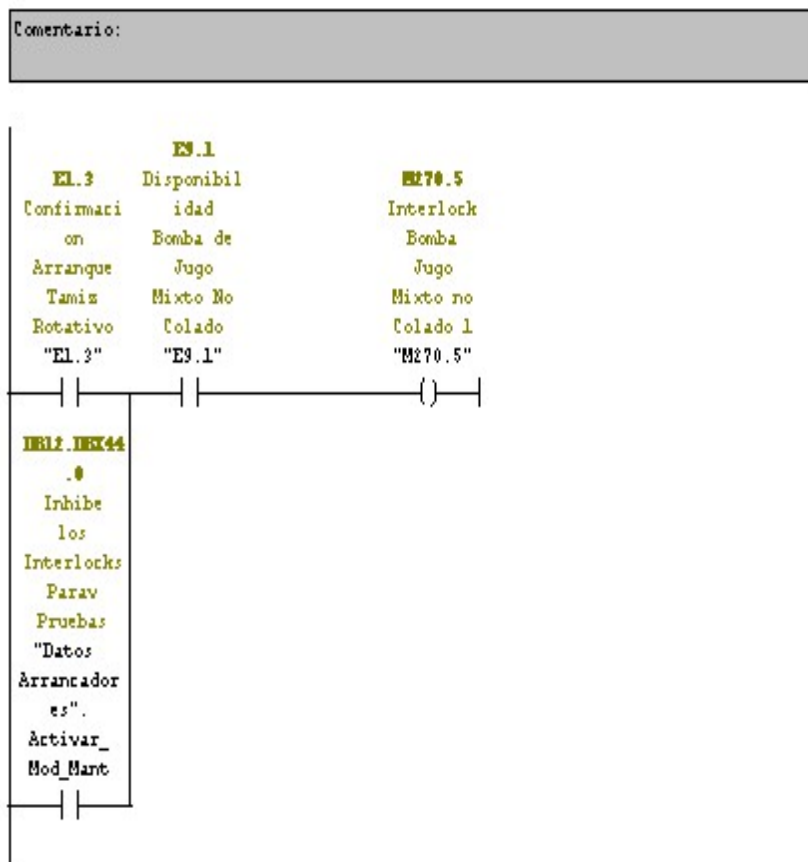


Figura 70. Interlock de jugo mixto.

Fuente: Torres (2016).

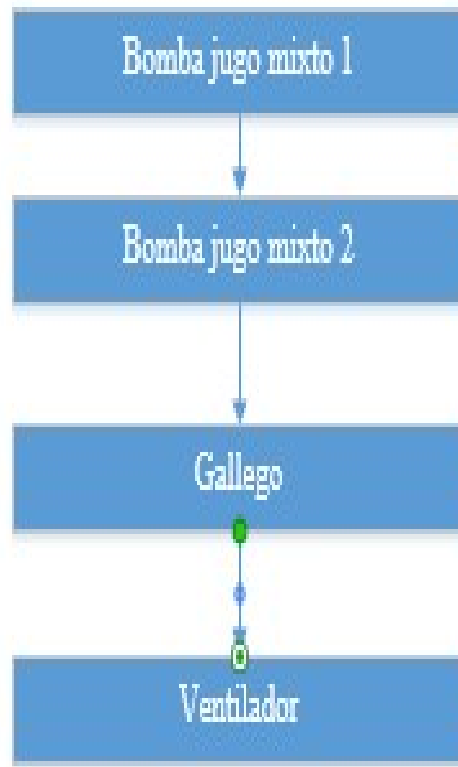


Figura 71. Segunda parte del esquema de programación del bloque FC12.

Fuente: Torres (2016).

Para terminar con este bloque, se controla el gallego y el ventilador del conductor 2 para disipar el calor, estos utilizan el mismo bloque FC3 para su arranque y el segmento de estado de motor con sus propias variables de entrada y salida, no obstante en su interlock se preguntara por la disponibilidad o el encendido de cada uno.

Este bloque de función obedece al siguiente diagrama de flujo para el control del tándem de molino en el cual, como se dijo anteriormente, la programación de este sistema de control va en sentido inverso de la línea de producción de tal forma que, para encender el motor del intermedio 4-5, tiene que estar encendido el conductor de bagazo (ver figura 72).

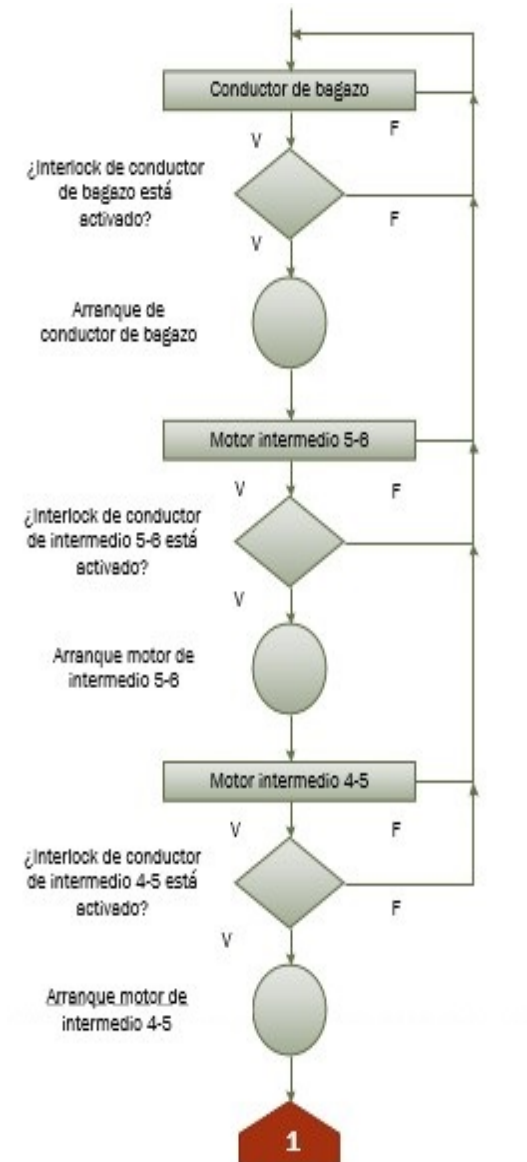


Figura 72. Diagrama de flujo del control de molino. Primera parte.

Fuente: Torres (2016).

Luego para encender el motor del intermedio 3-5, como se puede observar en la figura 73, debería estar encendido el intermedio del molino 1-2, antes de encender cada motor se

pregunta por el interlock del mismo en que se pregunta su disponibilidad eléctrica si es interruptor de stop esta encendido entre otras variables.

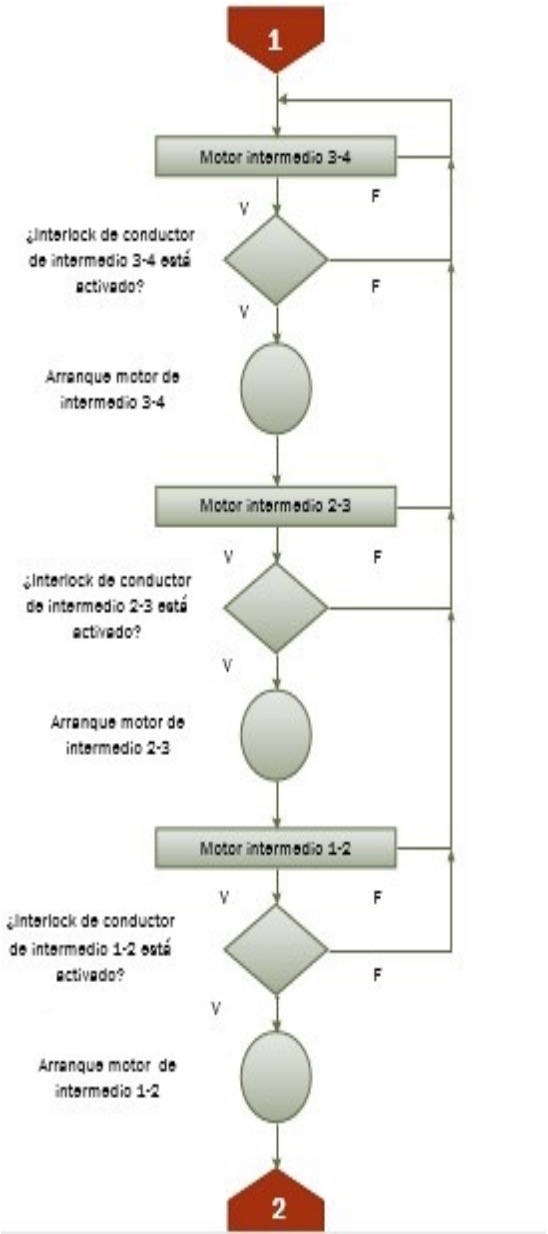


Figura 73. Diagrama de flujo del control de molino. Segunda parte.

Fuente: Torres (2016).

Después del control de la zona de extracción se enciende el tamiz rotativo para la preparación de jugo y se pueden activar los elementos de la zona de preparación de caña como son la cinta de goma y el segundo conductor de caña (ver figura 74).

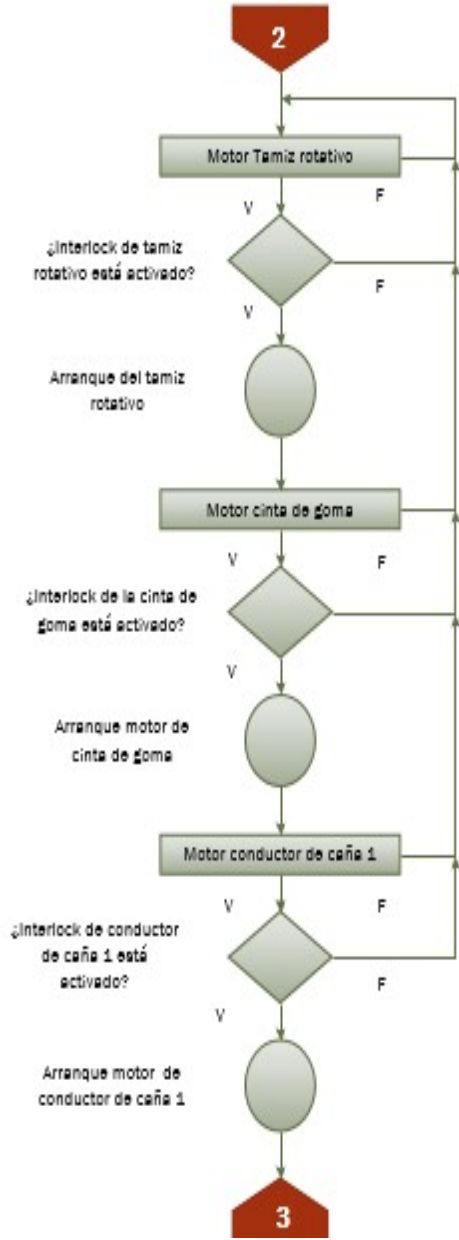


Figura 74. Diagrama de flujo del control de molino. Tercera parte.

Fuente: Torres (2016).

Siguiendo con la zona de preparación de caña para encender el primer conductor de caña como se observa en la figura 74, debe estar encendido el segundo conductor, además de que, para encender el motor del rodillo alimentador de la desfibradora se pregunta por el primer conductor.

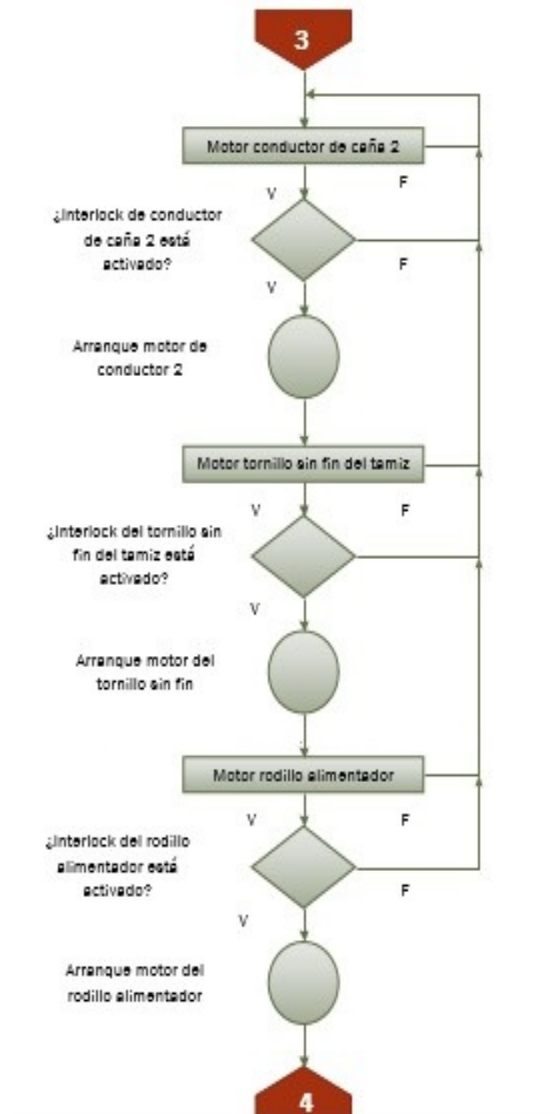


Figura 75. Diagrama de flujo del control de molino. Cuarta parte.

Fuente: Torres (2016).

Al haber terminado la programación de los motores se continuó con la programación de las bombas (ver figura 76), en el cual se comenzó con la primera bomba de maceración para el primer intermedio hasta terminar con la cuarta bomba de maceración.

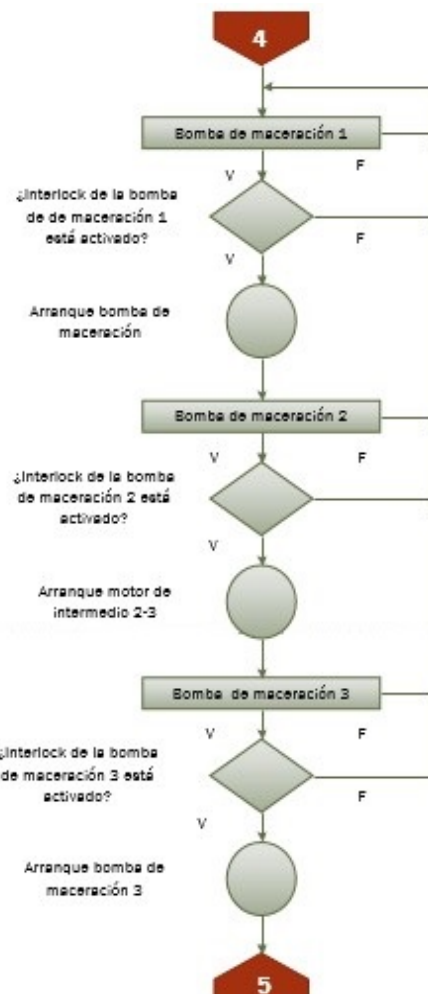


Figura 76. Diagrama de flujo del control de molino. Quinta parte.

Fuente: Torres (2016).

A continuación de la cuarta bomba de maceración vienen las bombas de jugo mixto (ver figura 77) que bombearan jugo para el tamiz, al igual que los motores para encender cada bomba se pregunta por el interlock de cada una de ellas.

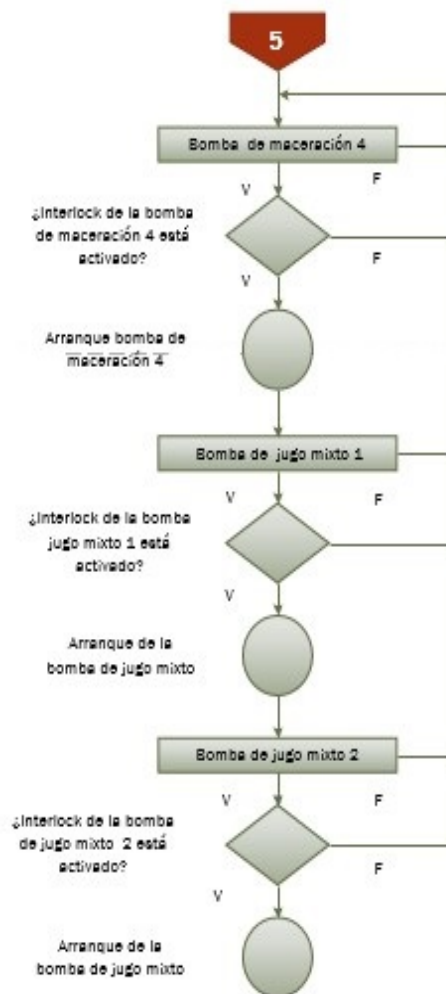


Figura 77. Diagrama de flujo del control de molino. Sexta parte.

Fuente: Torres (2016).

5.3.2.3 Repetición de velocidad.

Para el desarrollo de la programación del FC5 anteriormente en el bloque de organización OB35 se desarrollaron los PID para el control de velocidad de la cinta de goma la cual esta relaciona con el nivel del primer donnelly, el control de nivel del tanque de agua de imbibición, el control de flujo de agua de inhibición y la temperatura del agua de imbibición.

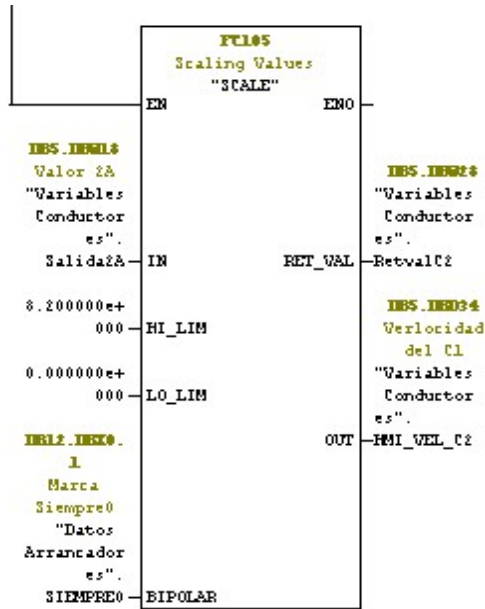


Figura 79. Primer segmento del bloque FC5.Segunda parte.

Fuente: Torres (2016).

Inmediatamente de desescalar el valor este valor se envía a la salida de la velocidad del de conductor sino sean han activado los dos contactos normalmente cerrados que indican respectivamente que irá a velocidad mínima por la baja velocidad de la picadora o irá a velocidad mínima por la baja velocidad de la desfibradora; además de un contacto abierto que inhibe los dos contactos anteriores cuando se encuentra en modo de mantenimiento.

No obstante en el bloque FC5 se desarrolla la relación de velocidad entre de los conductores de tal forma que la velocidad de la cinta de goma tenga más revoluciones por minuto que el segundo conductor de bagazo y a su vez este tenga más revoluciones que el primer conductor asegurando un buen colchón de caña y atascamiento del mismo.

Al no enviar el valor del set point a la salida del de la velocidad del conductor en las figuras 80 y 81 se puede observar dos contactos normalmente abiertos que corresponden a las permitentes para que, una vez abiertos los contactores de ir a mínima velocidad por baja velocidad de la desfibradora o de la picadora estos se cierren mandado un cero a la salida de la velocidad del conductor.

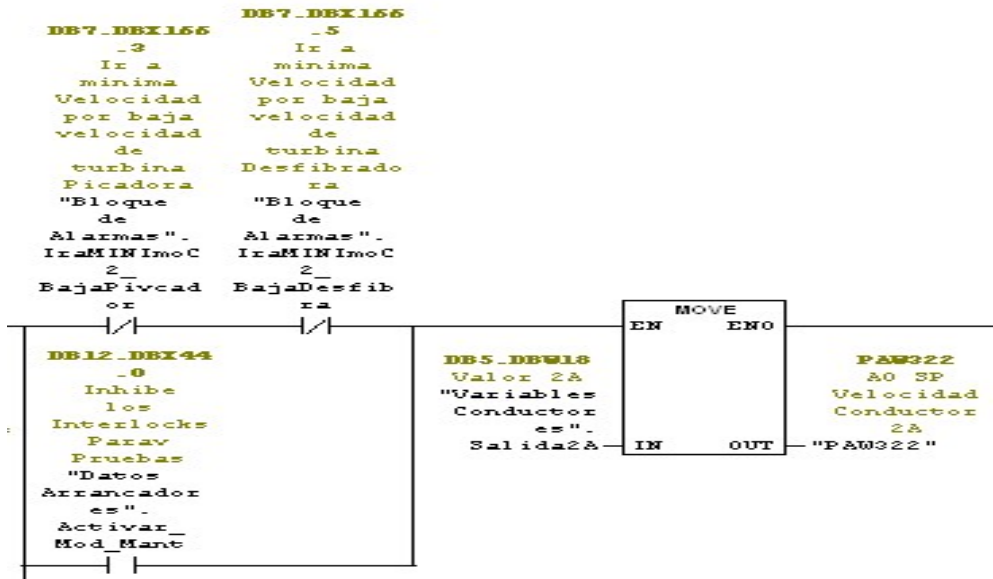


Figura 80. Primer segmento del bloque FC5.Tercera parte.

Fuente: Torres (2016).

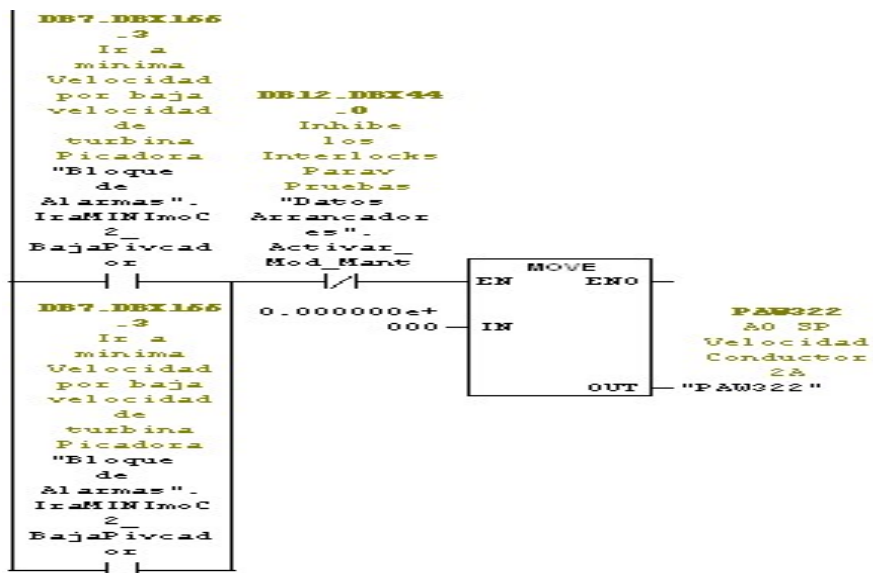


Figura 81. Primer segmento del bloque FC5.Cuarta parte.

Fuente: Torres (2016).

5.3.2.4 Válvulas de Nivel.

El bloque FC3 con su bloque de datos DB6 (ver anexo E) encargado de las válvulas que controlan el nivel del agua de imbibición, se hicieron tres segmentos con la misma estructura pero con sus variables propias, cada uno de estos segmentos corresponde al control del agua caliente, de agua fría y de agua sucia.

Para el control de agua caliente se necesita el valor de la variable manipulable del PID del nivel del agua de imbibición hecho en el OB35 el cual se multiplica por la relación de válvulas de nivel y se guarda en el set point de apertura de válvula caliente, seguidamente se desescala este valor y se envía a la salida de la válvula de control (ver figura 82).

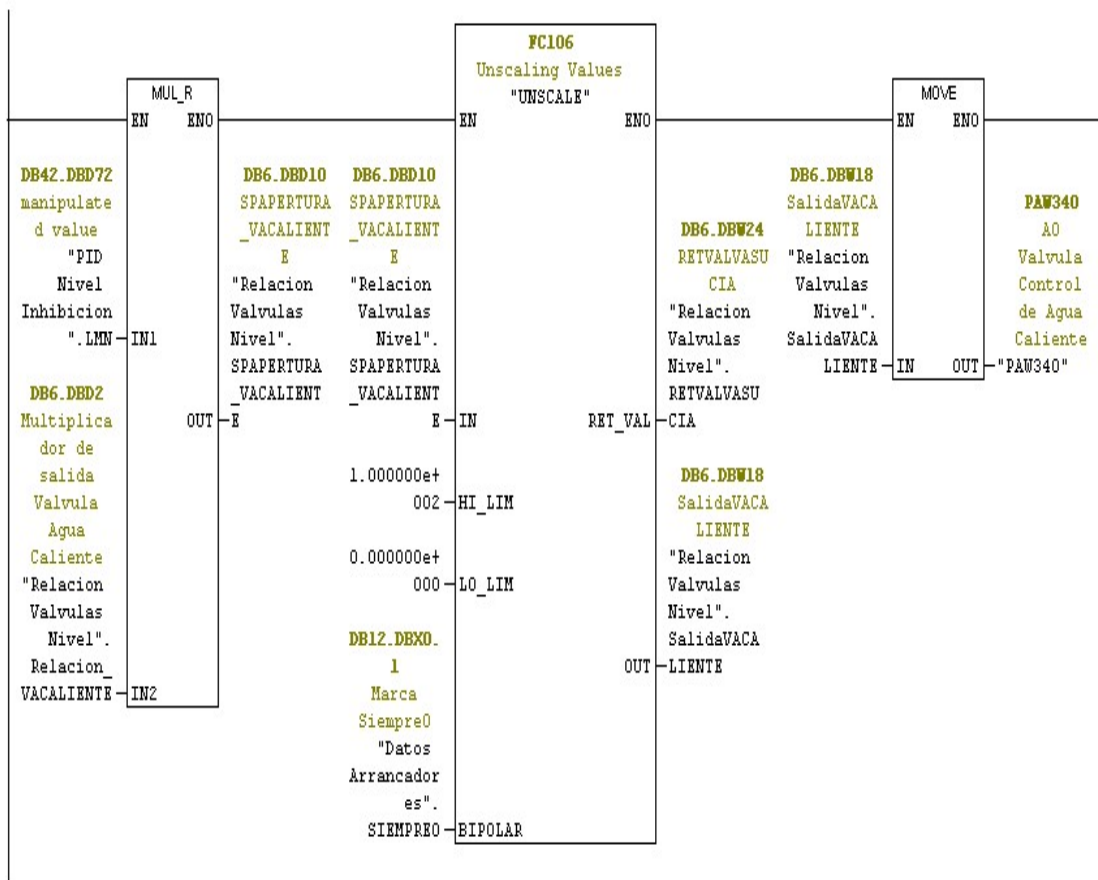


Figura 82. Primer segmento del bloque FC6.

Fuente: Torres (2016).

5.3.2.5 Alarmas de disparo.

En el bloque FC7 se empieza por escalar las entradas de periferia de la velocidad del primer (ver figura 83), y de las entradas periféricas de las velocidades del segundo conductor, de la cinta de goma, del nivel de tanque de inhibición, de la temperatura del tanque de inhibición, del flujo de agua de inhibición, la temperatura y velocidad de la picadora y de la desfibradora. Todos estos escalamientos se presentarán en el HMI para el monitoreo y el desarrollo de las alarmas.

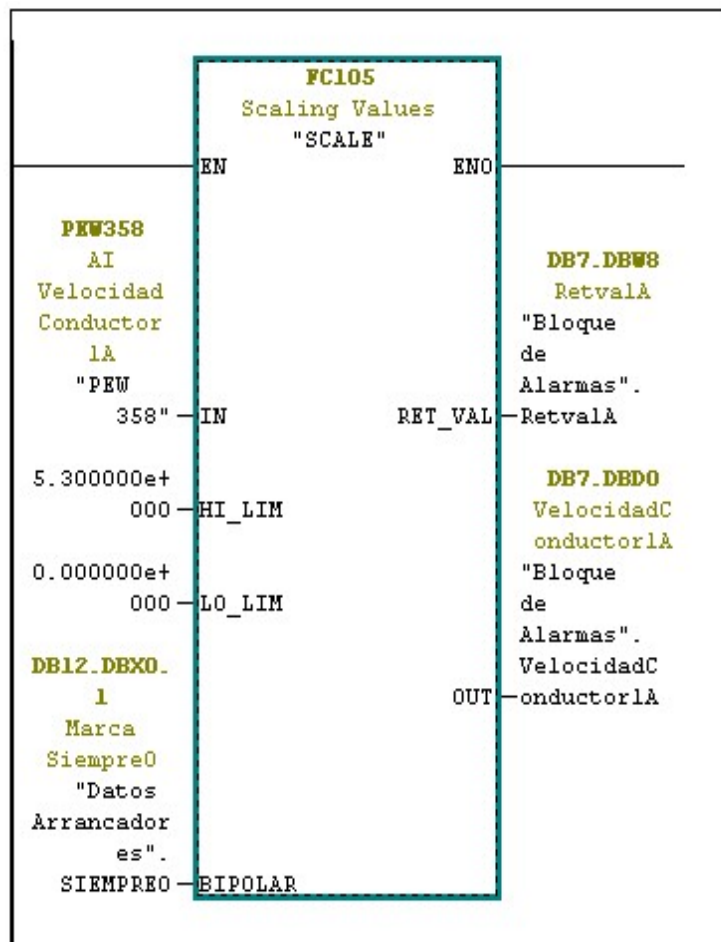


Figura 83. Primer segmento del bloque FC7.

Fuente: Torres (2016).

A continuación se procederá con los disparos o fallas de los interlock y disponibilidad eléctrica de todos del conductores intermedios de los molinos, el interlock del conductor de bagazo de tamiz rotativo y el tornillo sin fin, además de la disponibilidad e intermedios de las 4 bombas de maceración las bombas de jugo mixto el gallego y el ventilador del con segundo conductor a través del uso de sus variables de entradas y salidas (ver anexo F). En la figura 85 se muestra el acuse de la falla del intermedio entre los molinos 4 y 5 y el acuse de falla del Interlock del intermedio entre los molino 3 y 4.

Segm. 35 : Acuse Falla Disponibilidad intermedio 4-5

Comentario:



Segm. 36 : Acuse de Falla Interlock Intermedio 3-4

Comentario:



Figura 84. Acuse de falla de disponibilidad intermedio del conductor de molino 4 y 5 y falla de interlock del conductor de molino 3 y 4.

Fuente: Torres (2016).

5.3.3 Implementación con el WinCC flexible.

Para el HMI se tomó el SCADA del tándem del molino B y se adecuó al tándem del molino A para lograr el objetivo de esta migración que es la estandarización. Una vez realizada la adecuación de las pantallas del WinCC Flexible se pasó a la etapa más importante que fue la comunicación con el PLC.

En la conexión del WinCC con el PLC, primero se establece el driver de comunicación en este caso es un simatic S7 300/400, se selecciona el interlocutor que es el CPU 315-2 DP, el interfaz de comunicación el MPI/DP, ingresamos los datos del autómata CPU como su número de dirección, en que slot y bastidor que se encuentra como se puede observar en la figura 85.

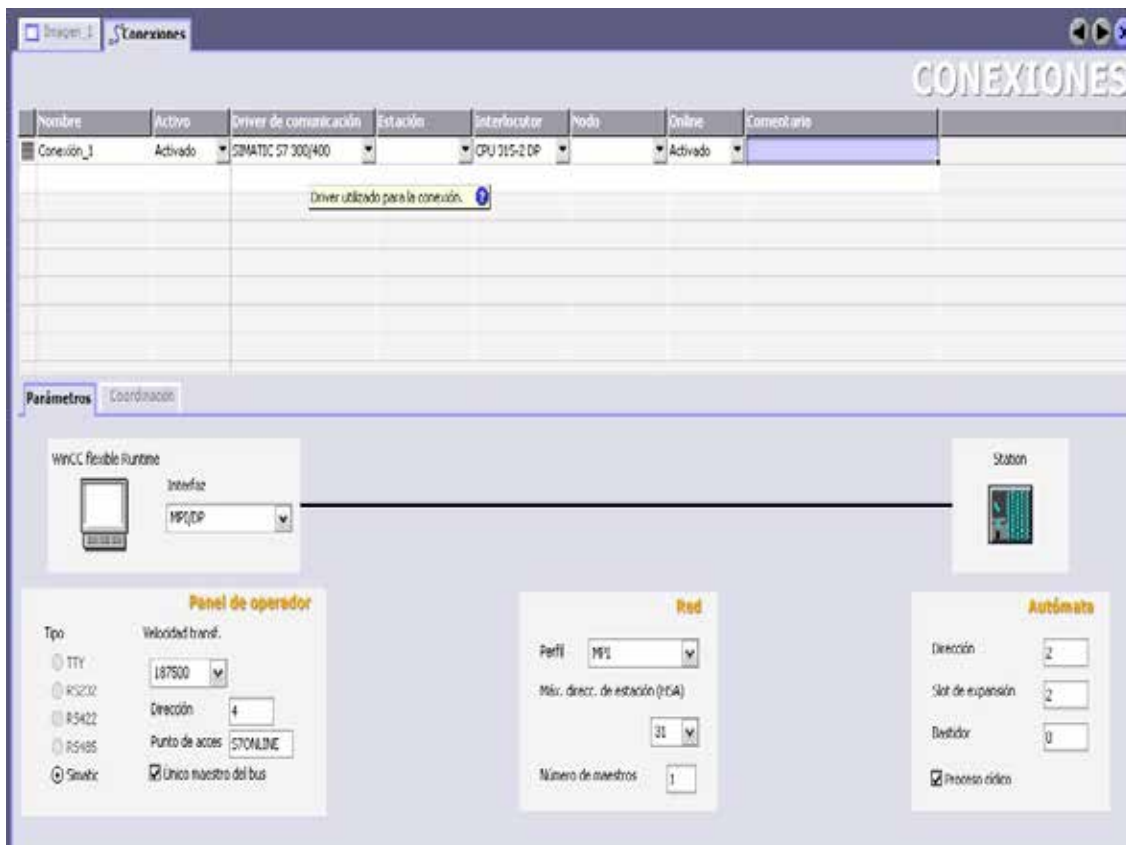


Figura 85. Conexión del HMI con el PLC.

Fuente: Torres (2016).

Luego de haber integrado el proyecto se procede a configurar las variables, en el cual una vez definido la comunicación se establece la relación de las variables entre el PLC y el WinCC para su asignación, y direccionamiento como se observa en la siguiente figura 86.

| Nombre | Símbolo | Dirección | Elementos de ... | Ciclo de adquis... | Comentario |
|-------------------|--------------|--------------|------------------|--------------------|--|
| Datos Donnelly... | R_TIME | DB 1 DBD 24 | 1 | 1 s | |
| F_Cinta | <Indefinido> | DB 12 DBW 16 | 1 | 1 s | |
| E_Cond1 | <Indefinido> | DB 12 DBW 20 | 1 | 1 s | |
| C_Cond2 | <Indefinido> | DB 12 DBW 10 | 1 | 1 s | |
| E_MOT_CBAG... | <Indefinido> | DB 12 DBW 2 | 1 | 1 s | |
| E1.2 | E1.2 | I 1.2 | 1 | 1 s | (HMI) Confirmación Arranque Bomba Jugo Mixto |
| E1.5 | E1.5 | I 1.5 | 1 | 1 s | Conductor 2y7 MarUta Cables |
| E1.7 | E1.7 | I 1.7 | 1 | 1 s | DISPONIBILIDAD INTERMEDIO 1-2 |
| E10.0 | E10.0 | I 10.0 | 1 | 1 s | Confirmación Turbina Picadora |
| E10.1 | E10.1 | I 10.1 | 1 | 1 s | Donnelly 1A 20% |
| E10.2 | E10.2 | I 10.2 | 1 | 1 s | Donnelly 1A 40% |
| E10.3 | E10.3 | I 10.3 | 1 | 1 s | Donnelly 1A 60% |
| E10.4 | E10.4 | I 10.4 | 1 | 1 s | Sensor Donelly 1A 80% |
| E10.5 | E10.5 | I 10.5 | 1 | 1 s | Sensor Donelly 1A 100% |
| E10.6 | E10.6 | I 10.6 | 1 | 1 s | Donnelly 6A 25% |
| E10.7 | E10.7 | I 10.7 | 1 | 1 s | Donnelly 6A 50% |
| E11.0 | E11.0 | I 11.0 | 1 | 1 s | Donnelly 6A 75% |
| E11.1 | E11.1 | I 11.1 | 1 | 1 s | Sensor Donnelly 6A 100% |
| E11.5 | E11.5 | I 11.5 | 1 | 1 s | Relé Clarificado Encendido |
| E12.0 | E12.0 | I 12.0 | 1 | 1 s | Confirmación Arranque B.Mixto Fabrica |
| E2.4 | E2.4 | I 2.4 | 1 | 1 s | Confirmación Arranque Intermedio 4-5 |
| E2.5 | E2.5 | I 2.5 | 1 | 1 s | Disponibilidad Intermedio 4-5 |
| E2.7 | E2.7 | I 2.7 | 1 | 1 s | Disponibilidad Intermedio 5-6 |
| E3.6 | <Indefinido> | I 3.6 | 1 | 1 s | |

Figura 86. Asignación y direccionamiento de variables.

Fuente: Torres (2016).

La implementación de la conexión con el SCADA permitirá al operador conocer el estado de desempeño de las instalaciones y los equipos alojados en la planta, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas. Mediante el sistema se puede

activar o desactivar los equipos remotamente de manera automática y también manual. Además es posible ajustar parámetros, valores de referencia, algoritmos de control.

El sistema es capaz de brindar imágenes que representen el comportamiento del proceso como se puede observar en la figura 87, dándole al operador la impresión de estar presente dentro de una planta real. Estos gráficos también pueden corresponder a curvas de las señales analizadas en el tiempo.

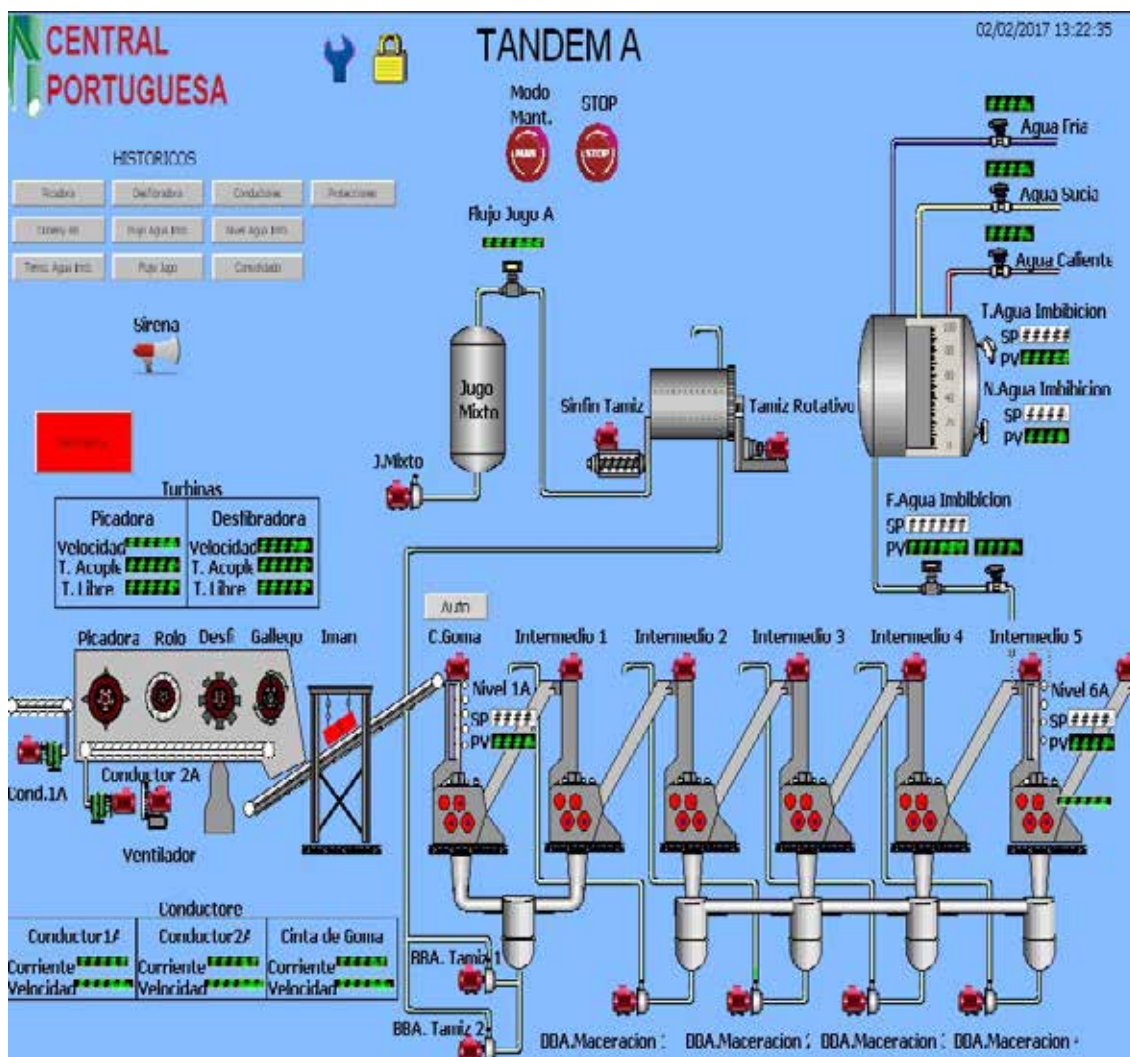


Figura 87. HMI WinCC flexible del tándem de molino A.

Fuente: Torres (2016).

1.3.4 Elementos y funcionamiento del HMI del tándem de molino.

El sistema del molino se divide en dos etapas principales: la primera etapa correspondiente al preparo de caña en la cual están todas las señales desde el conductor de Caña 1 hasta la cinta de goma y la segunda etapa correspondiente a la turbinas donde están las señales desde el molino 1 hasta el conductor de bagazo a calderas.

En la primera etapa se encuentran los históricos del HMI de la picadora (ver figura 88), desfibradora, conductores, del último alimentador y el flujo nivel y temperatura del tanque de agua de inhibición.



Figura 88. Históricos del HMI WinCC.

Fuente: Torres (2016).

Además de ello se encuentra un botón de protecciones el cual se encuentra los ajustes de protección de la picadora y la desfibradora como son su velocidad y su temperatura, para ingresar a esta ventana se necesita un usuario y una clave que solo los tienen los instrumentistas para el control y supervisión de estas variables además del supervisor de turno (ver figura 89 y 90).



Figura 89. Seguridad del HMI WinCC.

Fuente: Torres (2016).

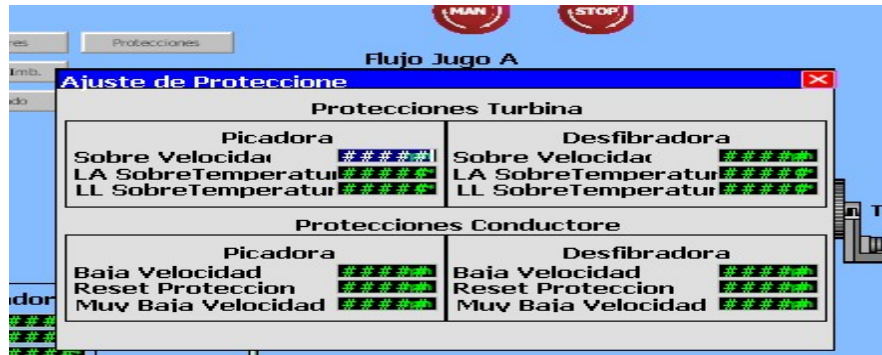


Figura 90. Ajustes de protección del HMI WinCC.

Fuente: Torres (2016).

Al pulsar el botón “conductores” se abre una ventana donde se puede observar en la figura 91 el histórico de las velocidades de la cinta de goma y del primer y segundo conductor junto con los valores en tiempo real de cada uno de ellos en la parte inferior.

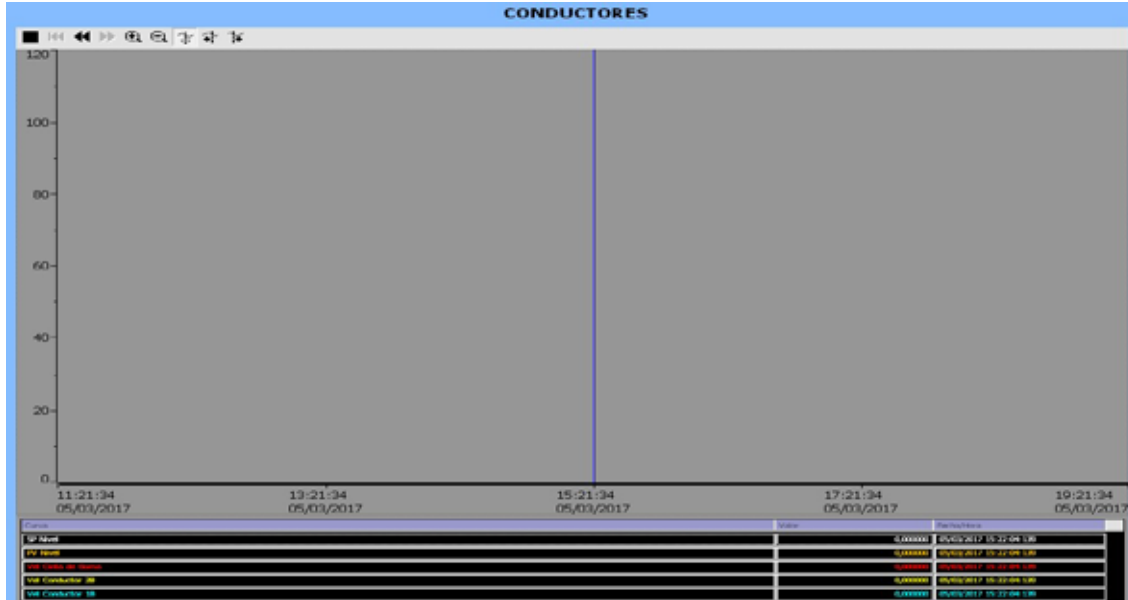


Figura 91. Históricos de los conductores del HMI WinCC.

Fuente: Torres (2016).

Luego existe un botón para cada uno de los históricos de la velocidad de la picadora y desfibradora y del molino del último alimentador al igual que un botón para mostrar los históricos del flujo, temperatura y nivel del tanque de agua de imbibición. No obstante existe un botón de consolidado donde se puede apreciar todos estos históricos en conjunto como se puede ver en la figura 92.

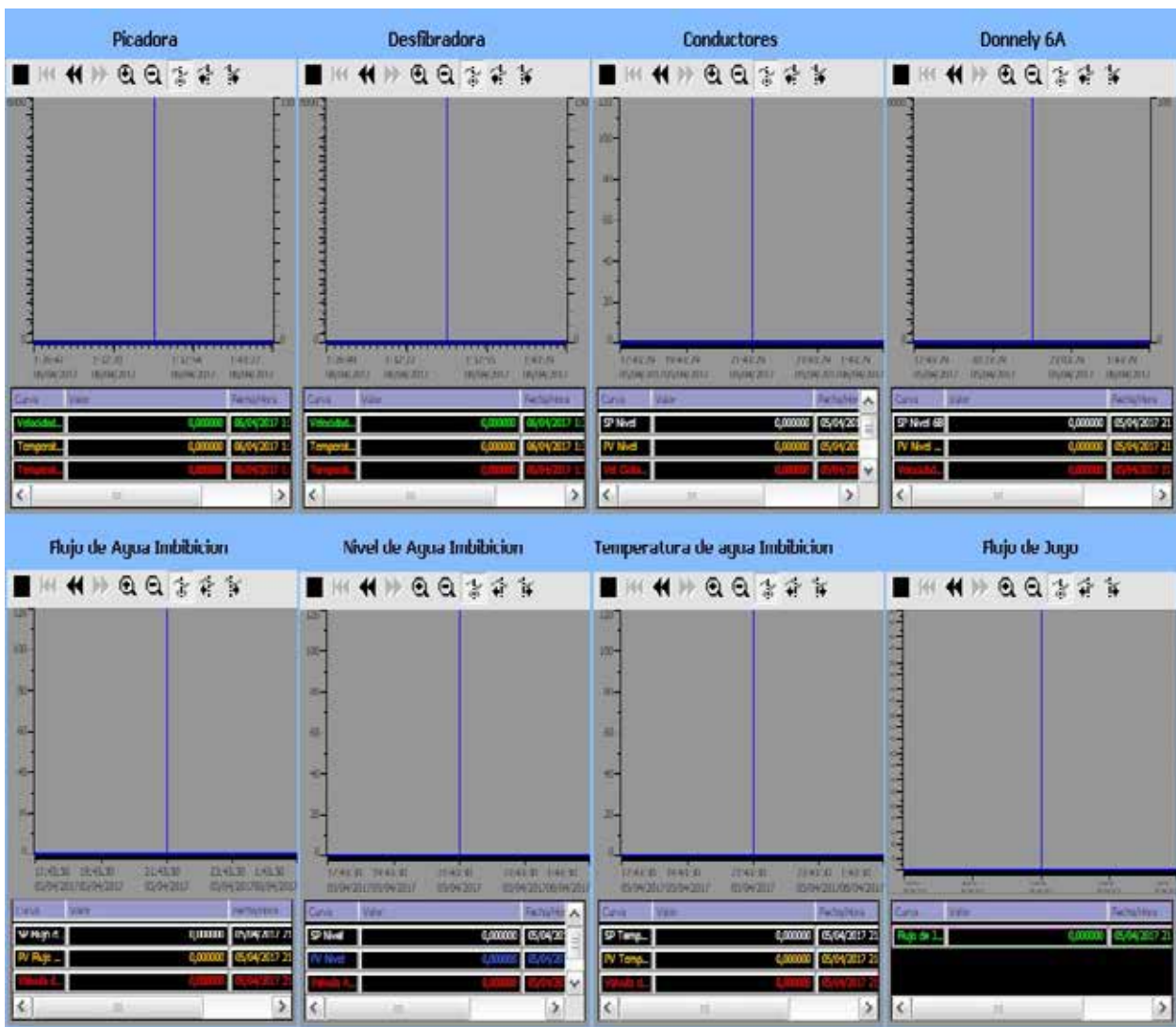


Figura 92. Ventana de los históricos del HMI WinCC.

Fuente: Torres (2016).

Siguiendo en la zona de preparado, se encienden el rodillo alimentador (ver figura 98), el gallego (ver figura 99) y el imán (ver figura 100), al hacer clic sobre el ícono de cada uno de ellos, se abrirá una ventana de dialogo en donde se preguntará si se quiere apagar o encender cada elemento final de control como se muestra en las siguientes figuras:

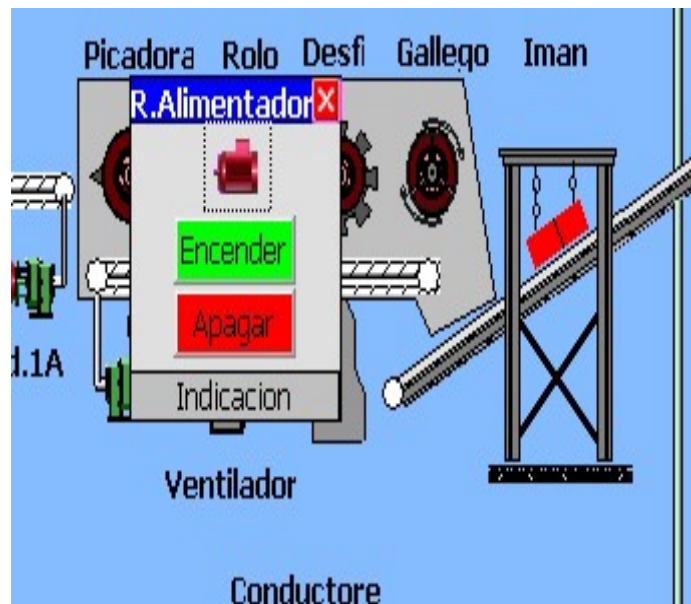


Figura 93. Rodillo alimentador del HMI WinCC.

Fuente: Torres (2016).



Figura 94. Gallego del HMI WinCC.

Fuente: Torres (2016).

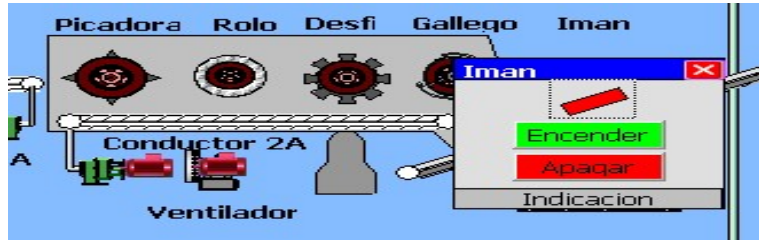


Figura 95. Imán del HMI WinCC.

Fuente: Torres (2016).

En la parte inferior de esta primera etapa se encuentra indicados la velocidad y corriente de los dos conductores y la cinta de goma (ver figura 101), para encender cada uno de ellos se hace de la misma forma anterior antes mencionada, se hace clic en el elemento de control, se abre una ventana de dialogo en donde se preguntara si desea apagar o encender el mismo (ver figura 102).

| Conductore | | |
|-------------|-------------|---------------|
| Conductor1A | Conductor2A | Cinta de Goma |
| Corriente | Corriente | Corriente |
| Velocidad | Velocidad | Velocidad |

Figura 96. Conductores del HMI WinCC.

Fuente: Torres (2016).



Figura 97. Cinta de goma del HMI WinCC.

Fuente: Torres (2016).

El modo de control de los conductores puede hacerse de dos formas, automático y manual (ver figura 103). En el modo manual se ajustan cada uno de los parámetros de velocidad de los conductores, y en el modo automático se tomará como referencia el nivel del primer alimentador de tipo donnelly y se controlará la velocidad de los conductores en base a este (ver figura 104).

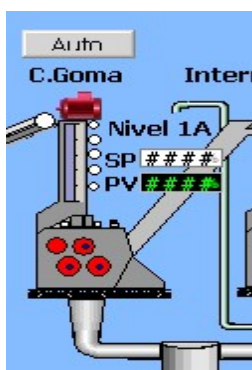


Figura 98. Modo de control de los conductores del HMI WinCC.

Fuente: Torres (2016).

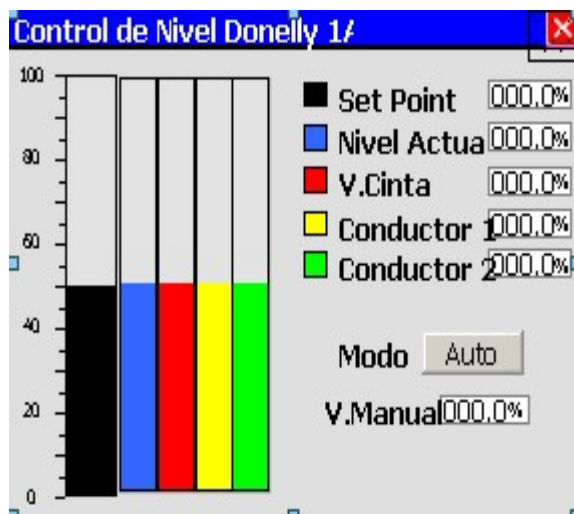


Figura 99. Parámetros de control de los conductores del HMI WinCC.

Fuente: Torres (2016).

En la segunda etapa donde se encuentran los molinos y la extracción de sacarosa de la caña, entre cada molino existe un motor para encender o apagar el intermedio entre cada uno de ellos (ver figura 105), al hacer clic en el icono del motor, se abrirá una ventana de dialogo para encender o apagar cada uno de ellos (ver figura 106). Para encender cada uno de estos elementos el interlock propio de cada motor tiene que estar encendido, al no hacerlo el motor cambiará de color de acuerdo a la falla que esté presente, como por ejemplo que no tenga disponibilidad eléctrica o que el motor más próximo no está encendido, en el caso de que las turbinas estén enciendas las masas del molino se volverán de color verde. Uno de los requisitos para encender cada motor de los intermedios es que su turbina correspondiente esté encendida.

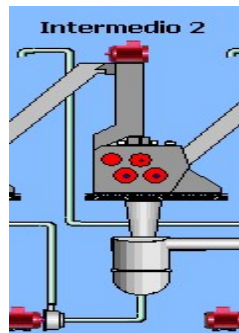


Figura 100. Segundo intermedio del tándem de molino.

Fuente: Torres (2016).

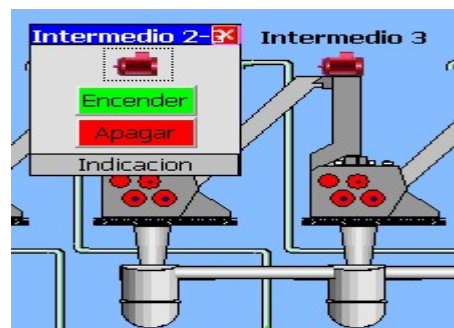


Figura 101. Ventana de dialogo del segundo intermedio del tándem de molino.

Fuente: Torres (2016).

Para el encendido de las cuatro bombas de maceración se hace clic en el ícono de la bomba que se quiere apagar o encender y se abrirá un ventana de dialogo (ver figura 107), para apagar o encender la bomba, para ello su interlock debe estar encendido, es decir debe tener disponibilidad eléctrica.

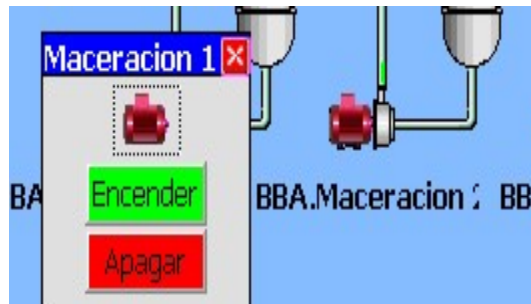


Figura 102. Ventana de dialogo de la primera bomba de maceración del tándem de molino.

Fuente: Torres (2016).

Para el control de velocidad de la turbina del último intermedio se hace clic en el icono SP (ver figura 108), en donde se abrirá una ventana de dialogo (ver figura 109), para insertar el valor correspondiente al set point, esto puede hacerse de modo manual o automático, además se puede visualizar el nivel actual del alimentador.

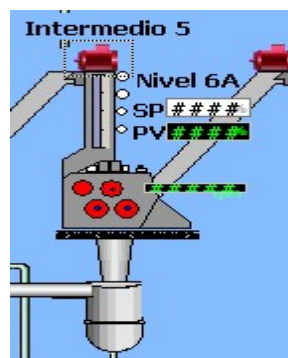


Figura 103. Ultimo alimentador de tipo donnelly del tándem de molino.

Fuente: Torres (2016).



Figura 104. Ventana de dialogo del último alimentador de tipo donnelly del tándem de molino.

Fuente: Torres (2016).

El jugo mixto proveniente de los molinos pasa al tamiz rotativo accionando las dos bombas de jugo no colado (ver figura 110), esto se hace de igual forma que se hizo para las bombas de maceración. Para el encendido del tornillo sin fin el interlock del intermedio de los molinos uno y dos y, para el arranque del tamiz rotativo debe estar encendido el arranque del tornillo sin fin.



Figura 105. Elementos finales de control del tamiz del tándem de molino.

Fuente: Torres (2016).

Para el tanque de agua de imbibición al hacer clic en las válvulas se abren dos ventanas de diálogo (ver figura 111 y 112), para controlar el flujo de agua de imbibición al molino, y para el control de nivel del tanque esto se puede hacer en modo manual o automático.

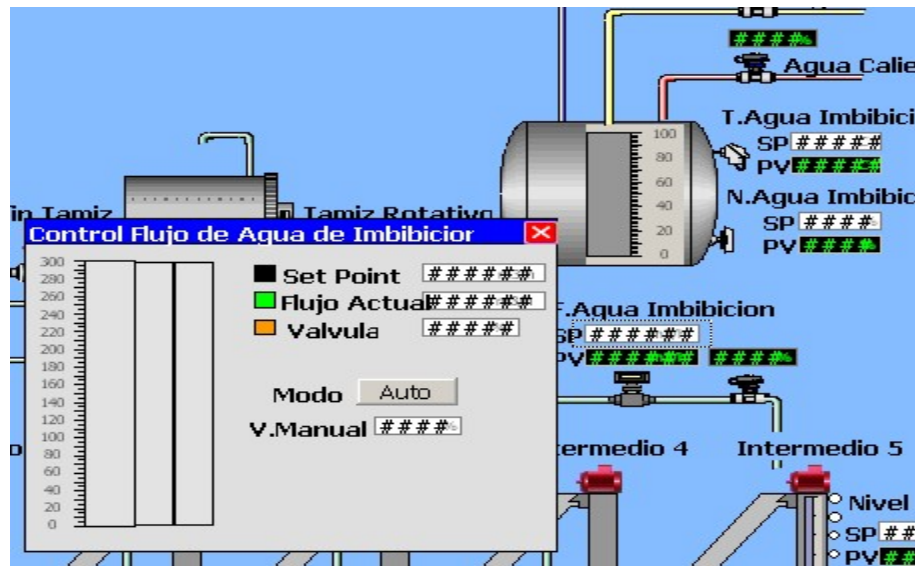


Figura 106. Control de flujo del tándem de molino.

Fuente: Torres (2016).



Figura 107. Control de nivel del tándem de molino.

Fuente: Torres (2016).

CONCLUSIONES

En este trabajo se plantearon los objetivos para hacer la propuesta de migración del PHC de la marca Fertron al PLC de la marca Siemens para el sistema de control del tándem del molino A, sobre los mismos se puede concluir lo siguiente:

Se analizó detalladamente el sistema de control actual, como funcionaba, que elementos finales de control participaban en este sistema, de estos elementos cuáles continuaban operando, cuáles estaban obsoletos. Además se analizó el HMI de este sistema, sus variables de entrada y salida y la relación que tenían estas variables con el proceso.

Se describió paso a paso el montaje de los equipos y la importancia de mantener los mismos elementos finales de control, ya que adquirir los nuevos, suponía una alta inversión. Además se indicó el por qué de la elección de estos equipos en relación con el proceso de la extracción de guarapo y su relación con los otros autómatas de la empresa. Se describió paso a paso el montaje de estos equipos y la importancia de mantener los mismos elementos finales de control que suponían una inversión para la empresa.

En tercer lugar se desarrolló la programación del PLC tomando como base la programación del PLC del tándem B de molinos y del PHC Fertron de tal manera que se tuviera un conjunto de autómatas más estandarizado. Posteriormente se implementó satisfactoriamente un HMI para el control y supervisión de las variables de entradas y salidas de este sistema para el uso de los operadores del tándem.

Finalmente los resultados obtenidos son satisfactorios, fácilmente reproducibles y congruentes con el proceso de extracción de sacarosa en los molinos, cumpliendo con los requisitos de central azucarero Portuguesa.

RECOMENDACIONES

Realizar capacitaciones a los trabajadores para aprovechar al máximo los beneficios del sistema automatizado, con el fin de que conozcan correctamente el funcionamiento de cada elemento y garantizar de esta manera su seguridad y operabilidad.

Analizar e interpretar los registros obtenidos del programa de adquisición de datos para verificar que se cumplan los objetivos planeados y así poder realizar mejoras continuas.

Es importante que la empresa CAPCA. realice los cambios necesarios en su infraestructura, tales como la conexión y adecuación de los nuevos equipos de protección para el nuevo sistema de control para garantizar su eficiencia y con esto se logre estabilizar el flujo de producción

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez Ramírez, J. y Romero, E (2008). **Modelado del tren de molinos de un ingenio azucarero**. In: XIII Congreso Latinoamericano de Control Automático, Mérida, Venezuela.
- Ander-Egg, E. (2003). **Métodos y técnicas de la investigación social IV Técnicas para recogida de datos e información**. 1ra Edición. México DF: Grupo Editorial Lumen.
- Arias, F. (2006). **El proyecto de la investigación Introducción a la metodología científica**. 3ra Edición. Caracas, Venezuela: Editorial Episteme.
- Arias, F. (2006). **El proyecto de la investigación Introducción a la metodología científica**. 5ta Edición. Caracas, Venezuela: Editorial Episteme.
- Goris, P. (2011). **Propuesta general de los sistemas de control**. Acarigua, Venezuela: Central Azucarero Portuguesa C.A.
- Hernández, M. (2003). **Normas para la elaboración y presentación de los trabajos de grado**. 1ra Edición. Editorial Fedupel.
- Hernandez, R., Fernandez, C. & Baptista, P. (2003). **Metodología de la investigación**. 3ra Edición. México DF: Mc. Graw Hill.
- Hugot, E. (1986). **Handbook of cane sugar engineering**. Elsevier. 1ra Edición. Traducida al español.
- Hurtado, J. (2008). **El proyecto de investigación**. 6ta Edición. Caracas, Venezuela: Quirón ediciones.
- Manual Siemens AG. (2006). **Programar con Step 7**. 3ra Edición.
- Mckay, C. (2006). **Diseño de la cuarta masa para molinos en el proceso de fabricación de azúcar del ingenio el Baúl**. Escuela de ingeniería mecánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Rosero, E y Ramírez, J. (2009). **Accionamientos eléctricos para obtener el modelado dinámico no lineal a partir de principios físicos, de molinos de caña de azúcar de**

cuatro mazas accionados con motores eléctricos. Grupo de investigación de control industrial de la Universidad del Valle, Colombia.

Rubio, A. (2006). **Diseño e implementación del sistema de control automático para la automatiza de caña en el ingenio azucarero Valdez.** Escuela de ingeniería electrónica de la Universidad Simón Bolívar, Ecuador.

Referencias Digitales

Acosta, H. (1966). **Misión-Visión-Políticas de calidad.** Consultado el 15 de julio de 2016 desde http://www.capca.com.ve/cw_site/1/link_2.php.

Aguado, R. (2012). **Técnicas de cristalización.** Consultado el 23 de agosto de 2016 desde http://www.academia.edu/6769133/T%C3%A9cnicas_de_Cristalizaci%C3%B3n_1_8.

Catalogo Fertron (2014). **Catalogo de productos Fertron (Portugués).** Consultado el 10 de febrero de 2017. Desde http://www.fertron.com.br/site_2014/produto/catalogo-de-produtos-fertronportugues.html.

Bastidas, E y Martínez, I. (2009). **Proceso de producción de azúcar.** Consultado el 19 de junio de 2016 desde <http://centralazucarerotrujillo.blogspot.com/2009/06/>.

ANEXOS

Anexo A

Tabla 6. Marcas del proyecto Simatic STEP 7.

| | Estado | Símbolo ▲ | Dirección | Tipo de dato | Comentario |
|-----|--------|-----------|-----------|--------------|--|
| 114 | ▶ | M 111.0 | M 111.0 | BOOL | Acuse de Falla Interlock Intermemio 5-6 |
| 115 | ▶ | M 111.1 | M 111.1 | BOOL | Acuse de Falla Disponibilidad Electrica Intermedio 5-6 |
| 116 | | M 121.0 | M 121.0 | BOOL | Acuse Falla Interlock Intermedio 4-5 |
| 117 | | M 121.1 | M 121.1 | BOOL | Acuse Falla Disponibilidad intermedio 4-5 |
| 118 | | M 131.0 | M 131.0 | BOOL | Acuse de Falla Interlock Intermedio 3-4 |
| 119 | | M 131.1 | M 131.1 | BOOL | Acuse Falla Disponibilidad Intermedio 3-4 |
| 120 | | M 141.0 | M 141.0 | BOOL | Acuse de Falla de Interlock Intermedio 2-3 |
| 121 | | M 141.1 | M 141.1 | BOOL | Acuse de Falla Disponibilidad Intermedio 2-3 |
| 122 | | M 151.0 | M 151.0 | BOOL | Acuse de Falla Interlock Intermedio 1-2 |
| 123 | | M 151.1 | M 151.1 | BOOL | Acuse de Falla Disponibilidad Intermedio 1-2 |
| 124 | | M 161.0 | M 161.0 | BOOL | Acuse de Falla Interlock Tamiz Rotativo |
| 125 | | M 161.1 | M 161.1 | BOOL | Acuse de Falla Disponibilidad Tamiz |
| 126 | | M 171.0 | M 171.0 | BOOL | Acuse de Falla Interlock Cinta de Goma |
| 127 | | M 171.1 | M 171.1 | BOOL | Acuse de Falla Disponibilidad Cinta de Goma |
| 128 | | M 101.0 | M 101.0 | BOOL | Falla Interlock Conductor Bagazo |
| 129 | | M 101.1 | M 101.1 | BOOL | Falla de Disponibilidad Conductor de Bagazo |
| 130 | | M 102.1 | M 102.1 | BOOL | Stop HMI Intermedio 4-5 |
| 131 | | M100.0 | M 100.0 | BOOL | Arranque Conductor de Bagazo desde HMI |
| 132 | | M100.1 | M 100.1 | BOOL | Stop Conductor de Bagazo HMI |
| 133 | | M100.3 | M 100.3 | BOOL | Advertencia Arranque Conductor de Bagazo |
| 134 | | M100.4 | M 100.4 | BOOL | Star Conductor de Bagazo |
| 135 | | m100.5 | M 100.5 | BOOL | Interlock Arranque Conductor Bagazo |
| 136 | | M102.0 | M 102.0 | BOOL | Hmi Arranque Intermedio 4-5 |
| 137 | | M110.0 | M 110.0 | BOOL | Arranque Intermedio 5-6 Dese HMI |
| 138 | | M110.1 | M 110.1 | BOOL | Stop Intermedio 5-6 Dese HMI |
| 139 | | M110.3 | M 110.3 | BOOL | Advertencia Arranque Intermedio 5-6 |
| 140 | | M110.4 | M 110.4 | BOOL | Star Arranque Intermedio 5-6 |
| 141 | | M110.5 | M 110.5 | BOOL | Interlock Arranque Intermedio 5-6 |
| 142 | | M120.0 | M 120.0 | BOOL | Arranque Intermedio 4-5 HMI |
| 143 | | M120.1 | M 120.1 | BOOL | Stop Intermedio 4-5 HMI |
| 144 | | M120.3 | M 120.3 | BOOL | Advertencia Arranque Intermedio 4-5 |
| 145 | | M120.4 | M 120.4 | BOOL | Star Intermedio 4-5 |
| 146 | | m120.5 | M 120.5 | BOOL | Interlock Arranque Intermedio 4-5 |
| 147 | | m120.7 | M 120.7 | BOOL | |
| 148 | | m130.0 | M 130.0 | BOOL | Star Intermedio 3-4 HMI |
| 149 | | m130.1 | M 130.1 | BOOL | Stop Intermedio 3-4 HMI |
| 150 | | m130.2 | M 130.2 | BOOL | |
| 151 | | m130.3 | M 130.3 | BOOL | Advertencia Arranque Intermedio 3-.4 |
| 152 | | m130.4 | M 130.4 | BOOL | Star Intermedio 3-4 |
| 153 | | m130.5 | M 130.5 | BOOL | Interlock Arranque Intermedio 3-4 |
| 154 | | m130.7 | M 130.7 | BOOL | |

Tabla 6. Marcas del proyecto Simatic STEP 7. Cont.

| | Estado | Símbolo ^Δ | Dirección | Tipo de dato | Comentario |
|-----|--------|----------------------|-----------|--------------|--|
| 155 | | M140.4 | M 140.4 | BOOL | Star Intermedio 2-3 |
| 156 | | M140.0 | M 140.0 | BOOL | Star Intermedio 2-3 HMI |
| 157 | | M140.1 | M 140.1 | BOOL | Stop Intermedio 2-3 HMI |
| 158 | | M140.3 | M 140.3 | BOOL | Advertencia Arranque Intermedio 2-3 |
| 159 | | M140.5 | M 140.5 | BOOL | Interlock Arranque Intermedio 2-3 |
| 160 | | M140.7 | M 140.7 | BOOL | |
| 161 | | M150.0 | M 150.0 | BOOL | Star Intermedio 1-2 HMI |
| 162 | | M150.1 | M 150.1 | BOOL | Stop Intermedio 1-2 HMI |
| 163 | | M150.3 | M 150.3 | BOOL | Advertencia Arranque Intermedio 1-2 |
| 164 | | M150.4 | M 150.4 | BOOL | Star Intermedio 1-2 |
| 165 | | M150.5 | M 150.5 | BOOL | Interlock Arranque Intermedio 1-2 |
| 166 | | M150.7 | M 150.7 | BOOL | |
| 167 | | M160.0 | M 160.0 | BOOL | Star Tamiz Rotativo HMI |
| 168 | | M160.1 | M 160.1 | BOOL | Stop Tamiz Rotativo HMI |
| 169 | | M160.3 | M 160.3 | BOOL | Advertencia Arranque Tamiz Rotativo |
| 170 | | M160.4 | M 160.4 | BOOL | Star Tamiz |
| 171 | | M160.5 | M 160.5 | BOOL | Interlock Tamiz Rotativo |
| 172 | | M160.7 | M 160.7 | BOOL | |
| 173 | | M170.0 | M 170.0 | BOOL | Star Cinta de Goma HMI |
| 174 | | M170.1 | M 170.1 | BOOL | Stop Cinta de Goma HMI |
| 175 | | M170.3 | M 170.3 | BOOL | Advertencia Arranque Cinta de Goma |
| 176 | | M170.4 | M 170.4 | BOOL | Star Tamiz |
| 177 | | M170.5 | M 170.5 | BOOL | Interlock TCinta de Goma |
| 178 | | M170.7 | M 170.7 | BOOL | Interlock Cinta de Goma |
| 179 | | M180.0 | M 180.0 | BOOL | Star Conductor 2A HMI |
| 180 | | M180.1 | M 180.1 | BOOL | Stop Conductor 2A HMI |
| 181 | | M180.3 | M 180.3 | BOOL | Advertencia Conductor 2A |
| 182 | | M180.4 | M 180.4 | BOOL | Star Conductor 2A |
| 183 | | M180.5 | M 180.5 | BOOL | Interlock Conductor 2A |
| 184 | | M180.7 | M 180.7 | BOOL | |
| 185 | | M181.0 | M 181.0 | BOOL | Acuse de Falla Interlock Conductor 2A |
| 186 | | M181.1 | M 181.1 | BOOL | Acuse de Falla Disponibilidad Conductor 2A |
| 187 | | M190.0 | M 190.0 | BOOL | Star Conductor 1A HMI |
| 188 | | M190.1 | M 190.1 | BOOL | Stop Conductor 1A HMI |
| 189 | | M190.3 | M 190.3 | BOOL | Advertencia Conductor 1A |
| 190 | | M190.4 | M 190.4 | BOOL | Star Conductor 1A |
| 191 | | M190.5 | M 190.5 | BOOL | Interlock Conductor 1A |
| 192 | | M190.7 | M 190.7 | BOOL | |
| 193 | | M191.0 | M 191.0 | BOOL | Acuse de Falla Interlock Conductor 1A |
| 194 | | M191.1 | M 191.1 | BOOL | Acuse de Fallo Disponibilidad Conductor 1A |
| 195 | | M200.0 | M 200.0 | BOOL | Star Sinfin Tamiz Rotativo HMI |

Tabla 6. Marcas del proyecto Simatic STEP 7. Cont.

| | Estado | Símbolo [△] | Dirección | Tipo de dato | Comentario |
|-----|--------|----------------------|-----------|--------------|---|
| 197 | | M200.3 | M 200.3 | BOOL | Advertencia Sinfin Tamiz Rotativo |
| 198 | | M200.4 | M 200.4 | BOOL | Star Sinfin Tamiz Rotativo |
| 199 | | m200.5 | M 200.5 | BOOL | Interlock Sinfin Tamiz Rotativo |
| 200 | | M200.7 | M 200.7 | BOOL | |
| 201 | | M201.0 | M 201.0 | BOOL | Acuse de Fallo Interlock Sinfin Tamiz |
| 202 | | M201.1 | M 201.1 | BOOL | Acuse de Fallo Disponibilidad Sinfin Tamiz |
| 203 | | M210.0 | M 210.0 | BOOL | Star Iman HMI |
| 204 | | M210.1 | M 210.1 | BOOL | Stop Iman HMI |
| 205 | | M210.3 | M 210.3 | BOOL | Advertencia Arranque Iman |
| 206 | | M210.4 | M 210.4 | BOOL | Star Iman |
| 207 | | M210.5 | M 210.5 | BOOL | Interlock Iman |
| 208 | | M210.7 | M 210.7 | BOOL | |
| 209 | | M211.0 | M 211.0 | BOOL | Acuse de Fallo Interlock Iman |
| 210 | | M211.1 | M 211.1 | BOOL | Acuse de Fallo Disponibilidad Iman |
| 211 | | M220.0 | M 220.0 | BOOL | Star Rodillo Alimentador HMI |
| 212 | | M220.1 | M 220.1 | BOOL | Stop Rodillo Alimentador HMI |
| 213 | | M220.3 | M 220.3 | BOOL | Advertencia Arranque Rodillo Alimentador |
| 214 | | M220.4 | M 220.4 | BOOL | Star Rolo Alimentador |
| 215 | | M220.5 | M 220.5 | BOOL | Interlock Rodillo Aliemntador |
| 216 | | M220.7 | M 220.7 | BOOL | |
| 217 | | M221.0 | M 221.0 | BOOL | Acuse de Fallo Interlock Rodillo Alimentador |
| 218 | | M221.1 | M 221.1 | BOOL | Acuse de Fallo Disponibilidad Rolo Alimentador |
| 219 | | M230.0 | M 230.0 | BOOL | Star Bomba Maceracion 1 HMI |
| 220 | | m230.1 | M 230.1 | BOOL | Stop Bomba Maceracion 1 HMI |
| 221 | | M230.3 | M 230.3 | BOOL | Advertencia Arranque Bomba de Maceracion 1 |
| 222 | | M230.4 | M 230.4 | BOOL | star Bomba de Maceracion 1 |
| 223 | | M230.5 | M 230.5 | BOOL | Interlock Bomba Maceracion 1 |
| 224 | | M230.7 | M 230.7 | BOOL | |
| 225 | | M231.0 | M 231.0 | BOOL | Acuse Falla Interlock Bomba de Maceracion 1 |
| 226 | | M231.1 | M 231.1 | BOOL | Acuse de Falla Disponibilidad Bomba de Maceracion 1 |
| 227 | | M240.0 | M 240.0 | BOOL | Star Bomba Maceracion 2 HMI |
| 228 | | M240.1 | M 240.1 | BOOL | Stop Bomba Maceracion 2 HMI |
| 229 | | M240.3 | M 240.3 | BOOL | Advertencia Arranque Bomba de Maceracion 2 |
| 230 | | M240.4 | M 240.4 | BOOL | star Bomba de Maceracion 2 |
| 231 | | M240.5 | M 240.5 | BOOL | Interlock Bomba Maceracion 2 |
| 232 | | M240.7 | M 240.7 | BOOL | |
| 233 | | M241.0 | M 241.0 | BOOL | Acuse de falla Interlock Bomba Maceracion 2 |
| 234 | | M241.1 | M 241.1 | BOOL | Acuse de Fallo Disponibilidad Bomba de Maceracion 2 |
| 235 | | M250.0 | M 250.0 | BOOL | Star Bomba Maceracion 3 HMI |
| 236 | | M250.1 | M 250.1 | BOOL | Stop Bomba Maceracion 3 HMI |
| 237 | | M250.3 | M 250.3 | BOOL | Advertencia Arranque Bomba de Maceracion 3 |

Tabla 6. Marcas del proyecto Simatic STEP 7. Cont.

| | Estado | Símbolo ^Δ | Dirección | Tipo de dato | Comentario |
|-----|--------|----------------------|-----------|--------------|---|
| 238 | | M250.4 | M 250.4 | BOOL | Star Bomba de Maceracion 3 |
| 239 | | M250.5 | M 250.5 | BOOL | Interlock Bomba Maceracion 3 |
| 240 | | M250.7 | M 250.7 | BOOL | |
| 241 | | M251.0 | M 251.0 | BOOL | Acuse de Fallo Interlock Bomba de Maceracion 3 |
| 242 | | M251.1 | M 251.1 | BOOL | Acuse de Fallo Disponibilidad Bomba de Maceracion 3 |
| 243 | | M260.0 | M 260.0 | BOOL | Star Bomba Maceracion 4 HMI |
| 244 | | M260.1 | M 260.1 | BOOL | Stop Bomba Maceracion 4 HMI |
| 245 | | M260.3 | M 260.3 | BOOL | Advertencia Arranque Bomba de Maceracion 4 |
| 246 | | M260.4 | M 260.4 | BOOL | Star Bomba de Maceracion 4 |
| 247 | | M260.5 | M 260.5 | BOOL | Interlock Bomba Maceracion 4 |
| 248 | | M260.7 | M 260.7 | BOOL | |
| 249 | | M261.0 | M 261.0 | BOOL | Acuse de Fallo Interlock Bomba de maceracion 4 |
| 250 | | M261.1 | M 261.1 | BOOL | Acuse de Fallo Disponibilidad bomba de Maceracion 4 |
| 251 | | M270.0 | M 270.0 | BOOL | Star Bomba Jugo Mixto No Colado 1 HMI |
| 252 | | M270.1 | M 270.1 | BOOL | Stop Bomba Jugo Mixto No Colado 1 HMI |
| 253 | | M270.3 | M 270.3 | BOOL | Advertencia Arranque Bomba Jugo Mixto no colado 1 |
| 254 | | M270.4 | M 270.4 | BOOL | Star Bomba Jugo Mixto No Colado 1 |
| 255 | | M270.5 | M 270.5 | BOOL | Interlock Bomba Jugo Mixto no Colado 1 |
| 256 | | M270.7 | M 270.7 | BOOL | |
| 257 | | M271.0 | M 271.0 | BOOL | Acuse de Fallo Interlock Bomba de Jugo No Colado 1 |
| 258 | | M271.1 | M 271.1 | BOOL | Acuse de Fallo disponibilidad Bomba de jugo no colado 1 |
| 259 | | M280.0 | M 280.0 | BOOL | Star Bomba Jugo Mixto No Colado 2 HMI |
| 260 | | M280.1 | M 280.1 | BOOL | Stop Bomba Jugo Mixto No Colado 2 HMI |
| 261 | | M280.3 | M 280.3 | BOOL | Advertencia Arranque Bomba Jugo Mixto no colado 2 |
| 262 | | M280.4 | M 280.4 | BOOL | Star Bomba Jugo Mixto No Colado 2 |
| 263 | | M280.5 | M 280.5 | BOOL | Interlock Bomba Jugo Mixto no Colado 2 |
| 264 | | M280.7 | M 280.7 | BOOL | |
| 265 | | M281.0 | M 281.0 | BOOL | Acuse de Fallo Interlock Bomba de Jugo no Colado 2 |
| 266 | | M281.1 | M 281.1 | BOOL | Acuse de Fallo Disponibilidad Bomba de Jugo No Colado 2 |
| 267 | | M290.0 | M 290.0 | BOOL | Star Gallego HMI |
| 268 | | M290.1 | M 290.1 | BOOL | Stop Gallego HMI |
| 269 | | M290.3 | M 290.3 | BOOL | Advertencia Arranque Gallego |
| 270 | | M290.4 | M 290.4 | BOOL | Star Gallego |
| 271 | | M290.5 | M 290.5 | BOOL | Interlock Gallego |
| 272 | | M290.7 | M 290.7 | BOOL | |
| 273 | | M291.0 | M 291.0 | BOOL | Acuse Falla Interlock Gallego |
| 274 | | M291.1 | M 291.1 | BOOL | Acuse de Fallo Disponibilidad Gallego |
| 275 | | M300.0 | M 300.0 | BOOL | Star Ventilador Conductor 2A HMI |
| 276 | | M300.1 | M 300.1 | BOOL | Sop Ventilador Conductor 2A HMI |
| 277 | | M300.3 | M 300.3 | BOOL | Advertencia Arranque Ventilador Conductor 2A |
| 278 | | M300.4 | M 300.4 | BOOL | Star Ventilador Conductor 2A |

Tabla 6. Marcas del proyecto Simatic STEP 7. Cont.

| | Estado | Símbolo ▲ | Dirección | Tipo de dato | Comentario |
|-----|--------|-----------|-----------|--------------|---|
| 279 | | M300.5 | M 300.5 | BOOL | Interlock Ventilador Conductor 2A |
| 280 | | M300.7 | M 300.7 | BOOL | |
| 281 | | M301.0 | M 301.0 | BOOL | Acuse de Falla Interlock Ventilador Conductor 2A |
| 282 | | M301.1 | M 301.1 | BOOL | Acuse de Falla Disponibilidad Ventilador Conductor 2A |
| 283 | | M310.0 | M 310.0 | BOOL | Star Hmi Bomba Mixto 1 fabrica |
| 284 | | M310.1 | M 310.1 | BOOL | Stop Hmi Bomba de mixto Fabrica |
| 285 | | M312.1 | M 312.1 | BOOL | Pulso Star Bomba Mixto Fabrica |
| 286 | | M312.2 | M 312.2 | BOOL | Pulso Stop Bomba Mixto Fabrica |
| 287 | | M50.0 | M 50.0 | BOOL | |
| 288 | | M60.0 | M 60.0 | BOOL | Activado Donelly 1A 20% |
| 289 | | M60.1 | M 60.1 | BOOL | Activado Donelly 1A 40% |
| 290 | | M60.2 | M 60.2 | BOOL | Activado Donelly 1A 60% |
| 291 | | M60.3 | M 60.3 | BOOL | Activado Donelly 1A 80% |
| 292 | | M60.4 | M 60.4 | BOOL | Activado Donelly 1A 100% |
| 293 | | M70.0 | M 70.0 | BOOL | |
| 294 | | M70.1 | M 70.1 | BOOL | |
| 295 | | M70.2 | M 70.2 | BOOL | |
| 296 | | M70.3 | M 70.3 | BOOL | |
| 297 | | M70.4 | M 70.4 | BOOL | |
| 298 | | M80.0 | M 80.0 | BOOL | Activado Donelly 6A 25% |
| 299 | | M80.1 | M 80.1 | BOOL | Activado Donelly 6A 50% |
| 300 | | M80.2 | M 80.2 | BOOL | Activado Donelly 6A 75% |
| 301 | | M80.3 | M 80.3 | BOOL | Activado Donelly 6A 100% |
| 302 | | M80.4 | M 80.4 | BOOL | Activado Donelly 6A 100% |

Anexo B

Tabla 7. Bloque de datos del primer donnelly DB1.

| Dirección | Nombre | Tipo | Valor inicial | Comentario |
|-----------|---------------|------------|---------------|---------------------------|
| 0.0 | | STRUCT | | |
| +0.0 | NIVEL_AbslA | REAL | 0.000000e+000 | Niel Absoluto Donnelys lA |
| +4.0 | NIVEL_Donelly | REAL | 0.000000e+000 | Niel Donnelys lA |
| +8.0 | MAX_VALUE | REAL | 0.000000e+000 | Valor Maximo |
| +12.0 | MIN_VALUE | REAL | 0.000000e+000 | VALOR Minimo |
| +16.0 | R_PLUS | REAL | 0.000000e+000 | Diferencia al Valor + |
| +20.0 | R_MINUS | REAL | 0.000000e+000 | Diferencia al Valor - |
| +24.0 | R_TIME | DWORD | DW#16#32 | |
| +28.0 | nivelanalo | INT | 0 | Nivel Analogico |
| +30.0 | Retval | WORD | W#16#0 | Retval |
| =32.0 | | END_STRUCT | | |

Anexo C

Tabla 8. Bloque de datos DB4. Variables de último donnelly.

| Dirección | Nombre | Tipo | Valor inicial | Comentario |
|-----------|---------------|------------|---------------|---------------------------|
| 0.0 | | STRUCT | | |
| +0.0 | NIVEL_Abs1A | REAL | 0.000000e+000 | Niel Absoluto Donnelys 6A |
| +4.0 | NIVEL_Donelly | REAL | 0.000000e+000 | Niel Donnelys 6A |
| +8.0 | MAX_VALUE | REAL | 0.000000e+000 | Valor Maximo |
| +12.0 | MIN_VALUE | REAL | 0.000000e+000 | VALOR Minimo |
| +16.0 | R_PLUS | REAL | 0.000000e+000 | Diferencia al Valor + |
| +20.0 | R_MINUS | REAL | 0.000000e+000 | Diferencia al Valor - |
| +24.0 | R_TIME | DWORD | DW#16#32 | |
| +28.0 | Disponible1 | REAL | 0.000000e+000 | |
| +32.0 | Disponible2 | REAL | 0.000000e+000 | |
| +36.0 | Disponible3 | REAL | 0.000000e+000 | |
| +40.0 | Disponible4 | REAL | 0.000000e+000 | |
| +44.0 | Disponible5 | REAL | 0.000000e+000 | |
| +48.0 | Disponible6 | REAL | 0.000000e+000 | |
| +52.0 | R_max | BOOL | FALSE | Maximo alcanzado |
| +52.1 | R_min | BOOL | FALSE | Minimo alcanzado |
| +52.2 | R_OK | BOOL | FALSE | Objetivo Alcanzado |
| =54.0 | | END_STRUCT | | |

Anexo D

Tabla 9. Bloque de datos DB7. Variables del bloque arrancadores de motores.

| Dirección | Nombre | Tipo | Valor inicial | Comentario |
|-----------|-------------------------|--------|---------------|---|
| 0.0 | | STRUCT | | |
| +0.0 | SIEMPRE1 | BOOL | TRUE | Marca Siempral |
| +0.1 | SIEMPRE0 | BOOL | FALSE | Marca Siempre0 |
| +2.0 | E_CONDUCTOR_BAGAZO | INT | 0 | Indica El Estado del Conductor de Bagazo |
| +4.0 | E_INTERMEDIO_5_6 | INT | 0 | Indica El Estado del Intermedio 5-6 |
| +6.0 | E_INTERMEDIO_4_5 | INT | 0 | Indica El Estado del Intermedio 4-5 |
| +8.0 | E_INTERMEDIO_3_4 | INT | 0 | Indica El Estado del Intermedio 3-4 |
| +10.0 | E_INTERMEDIO_2_3 | INT | 0 | Indica El Estado del Intermedio 2-3 |
| +12.0 | E_INTERMEDIO_1_2 | INT | 0 | Indica El Estado del Intermedio 1-2 |
| +14.0 | E_TAMIZ_ROTATIVO | INT | 0 | Indica El Estado del Tamiz Rotativo |
| +16.0 | E_CINTA_GOMA | INT | 0 | Indica El Estado de la Cinta de Goma |
| +18.0 | E_CONDUCTOR_2A | INT | 0 | Indica El Estado del Conductor 2A |
| +20.0 | E_CONDUCTOR_1A | INT | 0 | Indica El Estado del Conductor 1A |
| +22.0 | E_SINFIN_TAMIZ_ROTATIVO | INT | 0 | Indica El Estado del Sinfin Tamiz Rotativo. |
| +24.0 | E_IMAN | INT | 0 | Indica El Estado del Iman |
| +26.0 | E_ROLO_ALIMENTADOR | INT | 0 | Indica El Estado del Rolo Alimentador |
| +28.0 | E_GALLEGO | INT | 0 | Indica El Estado del Gallego |
| +30.0 | E_BOM_MACERACION1 | INT | 0 | Indica El Estado de Bomba Maceracion1 |
| +32.0 | E_BOM_MACERACION2 | INT | 0 | Indica El Estado de Bomba Maceracion2 |
| +34.0 | E_BOM_MACERACION3 | INT | 0 | Indica El Estado de Bomba Maceracion3 |
| +36.0 | E_BOM_MACERACION4 | INT | 0 | Indica El Estado de Bomba Maceracion4 |
| +38.0 | E_BOM_JUGO_COLADO_1 | INT | 0 | Indica El Estado de Bomba de Jugo Colado1 |
| +40.0 | E_BOM_JUGO_COLADO_2 | INT | 0 | Indica El Estado de Bomba de Jugo Colado2 |
| +42.0 | E_Ven_CONDUCTOR2 | INT | 0 | Indica El Estado de Ventilador de Conductor 2 |
| +44.0 | Activar_Mod_Mant | BOOL | FALSE | Inhibe los Interlocks Parav Pruebas |
| +44.1 | Activa_STOP_EMER | BOOL | FALSE | Disponible |
| +44.2 | Libre2 | BOOL | FALSE | Disponible |
| +44.3 | Libre3 | BOOL | FALSE | Disponible |
| +44.4 | Libre4 | BOOL | FALSE | Disponible |
| +44.5 | Libre5 | BOOL | FALSE | Disponible |
| +44.6 | Libre6 | BOOL | FALSE | Disponible |
| +44.7 | Libre7 | BOOL | FALSE | Disponible |

Anexo E

Tabla 10. Bloque de datos DB6. Variable de las válvulas de nivel.

| Dirección | Nombre | Tipo | Valor inicial | Comentario |
|-----------|-----------------------|------------|---------------|---|
| 0.0 | | STRUCT | | |
| +0.0 | Variablen | INT | 0 | Variable provisional |
| +2.0 | Relacion_VACALIENTE | REAL | 1.000000e+000 | Multiplicador de salida Valvula Agua Caliente |
| +6.0 | Relacion_VASUCIA | REAL | 5.000000e-001 | Multiplicador de Salida Valvula Agua Fria |
| +10.0 | SPAPERTURA_VACALIENTE | REAL | 0.000000e+000 | SPAPERTURA_VACALIENTE |
| +14.0 | SPAPERTURA_VASUCIA | REAL | 0.000000e+000 | SPAPERTURA_VASUCIA |
| +18.0 | SalidaVACALIENTE | INT | 0 | SalidaVACALIENTE |
| +20.0 | SalidaVASUCIA | INT | 0 | SalidaVASUCIA |
| +22.0 | RETVALVACALINETE | WORD | W#16#0 | RETVALVACALINETE |
| +24.0 | RETVALVASUCIA | WORD | W#16#0 | RETVALVASUCIA |
| +26.0 | RETVALVAFria | WORD | W#16#0 | RETVALVAFria |
| +28.0 | SalidaVAFria | INT | 0 | SalidaVAFria |
| =30.0 | | END_STRUCT | | |

Anexo F

Tabla 11. Bloque de datos DB8. Variables del bloque de alarmas.

| Dirección | Nombre | Tipo | Valor inicial | Comentario |
|-----------|--------------------------|--------|---------------|--------------------------------|
| 0.0 | | STRUCT | | |
| +0.0 | VelocidadConductor1A | REAL | 0.000000e+000 | VelocidadConductor1A |
| +4.0 | VelocidadConductor2A | REAL | 0.000000e+000 | VelocidadConductor2A |
| +8.0 | RetvalA | WORD | W#16#0 | RetvalA |
| +10.0 | Retval2A | WORD | W#16#0 | Retval2A |
| +12.0 | VelocidadCinta | REAL | 0.000000e+000 | VelocidadCinta |
| +16.0 | CorrienteTamiz | REAL | 0.000000e+000 | CorrienteTamiz |
| +20.0 | NivelInhibicion | REAL | 0.000000e+000 | NivelInhibicion |
| +24.0 | TempInhibicion | REAL | 0.000000e+000 | TempInhibicion |
| +28.0 | Flujo_Inhibicion | REAL | 0.000000e+000 | Flujo_Inhibicion |
| +32.0 | FLujo_JMIXTO | REAL | 0.000000e+000 | FLujo_JMIXTO |
| +36.0 | TX_NivelJMixto | REAL | 0.000000e+000 | TX_NivelJMixto |
| +40.0 | VelTurbina6 | REAL | 0.000000e+000 | Velocidad Turbina6 |
| +44.0 | TLibreDesfibradora | REAL | 0.000000e+000 | Temperatura LibreDesfibradora |
| +48.0 | TAcopleDesfibradora | REAL | 0.000000e+000 | Temperatura AcopleDesfibradora |
| +52.0 | VelDesfibradora | REAL | 0.000000e+000 | Velocidad Desfibradora |
| +56.0 | TLibrePicadora | REAL | 0.000000e+000 | Temperatura LibrePicadora |
| +60.0 | TAcoplePicadora | REAL | 0.000000e+000 | Temperatura AcoplePicadora |
| +64.0 | VelPicadora | REAL | 0.000000e+000 | Velocidad Picadora |
| +68.0 | VelocidadCintaRetval | WORD | W#16#0 | RetvalA |
| +70.0 | CorrienteTamizRetval | WORD | W#16#0 | RetvalA |
| +72.0 | NivelInhibicionRetval | WORD | W#16#0 | Retval2A |
| +74.0 | TempInhibicionRetval | WORD | W#16#0 | RetvalA |
| +76.0 | Flujo_InhibicionRetval | WORD | W#16#0 | Retval2A |
| +78.0 | FLujo_JMIXTORetval | WORD | W#16#0 | RetvalA |
| +80.0 | TX_NivelJMixtoRetval | WORD | W#16#0 | Retval2A |
| +82.0 | VelTurbina6Retval | WORD | W#16#0 | RetvalA |
| +84.0 | TLibreDesfibradoraRetval | WORD | W#16#0 | Retval2A |
| +86.0 | TAcopleDesfibradoraRetva | WORD | W#16#0 | RetvalA |
| +88.0 | VelDesfibradoraRetval | WORD | W#16#0 | Retval2A |
| +90.0 | TLibrePicadoraRetval | WORD | W#16#0 | RetvalA |
| +92.0 | TAcoplePicadoraRetval | WORD | W#16#0 | Retval2A |
| +94.0 | VelPicadoraretval | WORD | W#16#0 | RetvalA |
| +96.0 | Alarmas1 | WORD | W#16#0 | |
| +98.0 | Alarmas2 | WORD | W#16#0 | |

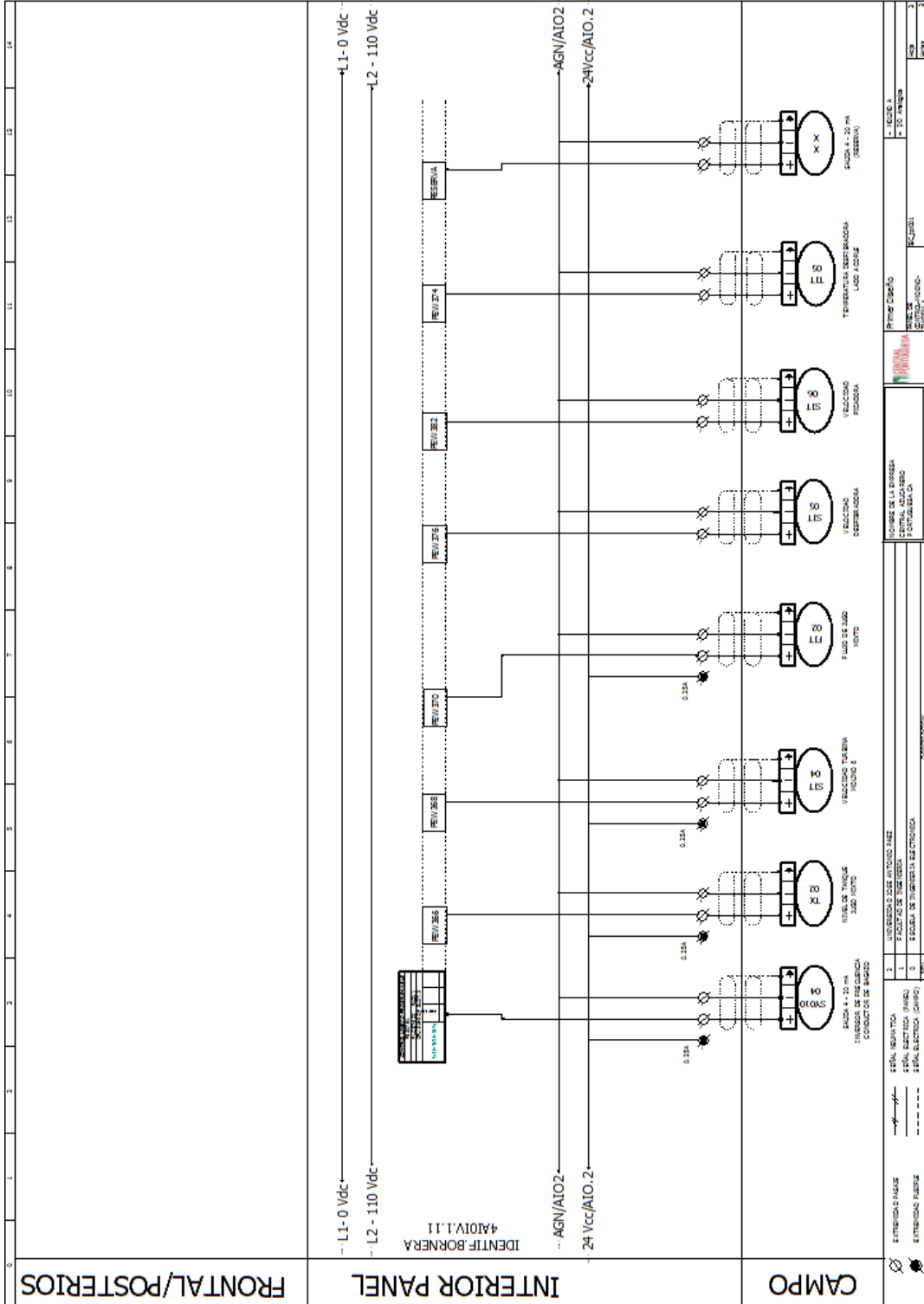
Tabla 11. Bloque de datos DB8. Variables del bloque de alarmas. Cont.

| | | | | |
|--------|--------------------------|------|---------------|--|
| +134.0 | ContajeEncoderENT | INT | 0 | |
| +136.0 | PicadoraSP_SOBREVEL | REAL | 4.999000e+003 | SP Disparo Sobre Velocidad Picadora |
| +140.0 | DesfibradoraSP_SOBREVELL | REAL | 5.399000e+003 | SP Disparo Sobre Velocidad Desfibradora |
| +144.0 | PicadoraSP_SOBRETEMPLL | REAL | 9.000000e+001 | SP Disparo Sobre Temperatura Picadora Lado Libre |
| +148.0 | DFibradoraSP_SOBRETEMPLL | REAL | 9.000000e+001 | SP Disparo Sobre Temperatura Desfibradora Lado Libre |
| +152.0 | PicadoraDisparoSobreVEL | BOOL | FALSE | Disparo Sobre Velocidad Turbina Picadora |
| +152.1 | DesfibradoraDisSobreVel | BOOL | FALSE | Disparo Sobre Velocidad Turbina Desfibradora |
| +152.2 | PicadDisparoSobreTempLL | BOOL | FALSE | Disparo Sobre Temperatura Lado Libre Picadora |
| +152.3 | DesfiDisparoSobreTempLL | BOOL | FALSE | Disparo Sobre Temperatura Lado Libre Desfibradora |
| +152.4 | PicadDisparoSobreTempLA | BOOL | FALSE | Disparo Sobre Temperatura Lado Acople Picadora |
| +152.5 | DesfiDisparoSobreTempLA | BOOL | FALSE | Disparo Sobre Temperatura Lado Acople Desfibradora |
| +152.6 | STAT_5 | BOOL | FALSE | |
| +152.7 | STAT_6 | BOOL | FALSE | |
| +154.0 | PicadoraSP_SOBRETEMPLA | REAL | 9.000000e+001 | SP Disparo Sobre Temperatura Picadora Lado Acople |
| +158.0 | DesfibrSP_SOBRETEMPLA | REAL | 9.000000e+001 | SP Disparo Sobre Temperatura Desfibradora Lado Acople |
| +162.0 | CuentarVueltas | INT | 0 | |
| +164.0 | CuentaVUEL | WORD | W#16#0 | |
| +166.0 | Penacode | BOOL | FALSE | Penaecode |
| +166.1 | Pcena | BOOL | FALSE | Pcena |
| +166.2 | PEw | BOOL | FALSE | Prueba Encoder |
| +166.3 | IraMINImoC2_BajaPivcador | BOOL | FALSE | Ir a minima Velocidad por baja velocidad de turbina Picadora |
| +166.4 | PararC2MuyBajaVelocidadP | BOOL | FALSE | Para Conductor 2 por muy Baja Velocidad de turbina Picadora |
| +166.5 | IraMINImoC2_BajaDesfibra | BOOL | FALSE | Ir a minima Velocidad por baja velocidad de turbina Desfibradora |
| +166.6 | PararC2MuyBajaDesfibra | BOOL | FALSE | Para Conductor 2 por muy Baja Velocidad de turbina Desfibradora |
| +166.7 | Auxiliar8 | BOOL | FALSE | |
| +168.0 | Tiemp | INT | 0 | |
| +170.0 | segreal | REAL | 0.000000e+000 | |
| +174.0 | SP_BAJO_PICADORA | REAL | 3.000000e+003 | Punto Mandar A Baja Velocidad Conductor 2A por Baja Velocidad Turbina Picadora |
| +178.0 | SP_BAJO_BAJO_PICADORA | REAL | 2.300000e+003 | Punto Parar Conductor 2A por Baja Velocidad Turbina Picadora |
| +182.0 | Reset_Bajo_Picadora | REAL | 3.500000e+003 | QuitarRetencion de baja Velocidad Conductor 2 por picadora |
| +186.0 | Res_Bajo_Bajo_Picadora | REAL | 3.030000e+003 | QuitarRetencion de Paro Conductor 2 por picadora |
| +190.0 | SP_BAJO_Desfibradora | REAL | 3.000000e+003 | Punto Mandar A Baja Velocidad Conductor 2A por Baja Velocidad Turbina Picadora |
| +194.0 | SP_BAJO_BAJO_Desfibrador | REAL | 2.300000e+003 | Punto Parar Conductor 2A por Baja Velocidad Turbina Picadora |
| +198.0 | Reset_Bajo_Desfibradora | REAL | 3.500000e+003 | QuitarRetencion de baja Velocidad Conductor 2 por picadora |
| +202.0 | Res_Bajo_Bajo_Desfibra | REAL | 3.030000e+003 | QuitarRetencion de Paro Conductor 2 por picadora |
| +206.0 | CerrarImbibicionPor5 | BOOL | FALSE | Cierra la Valvula de Imbibicio por paro del Intermedio 5 |

Anexo G

Anexo G4

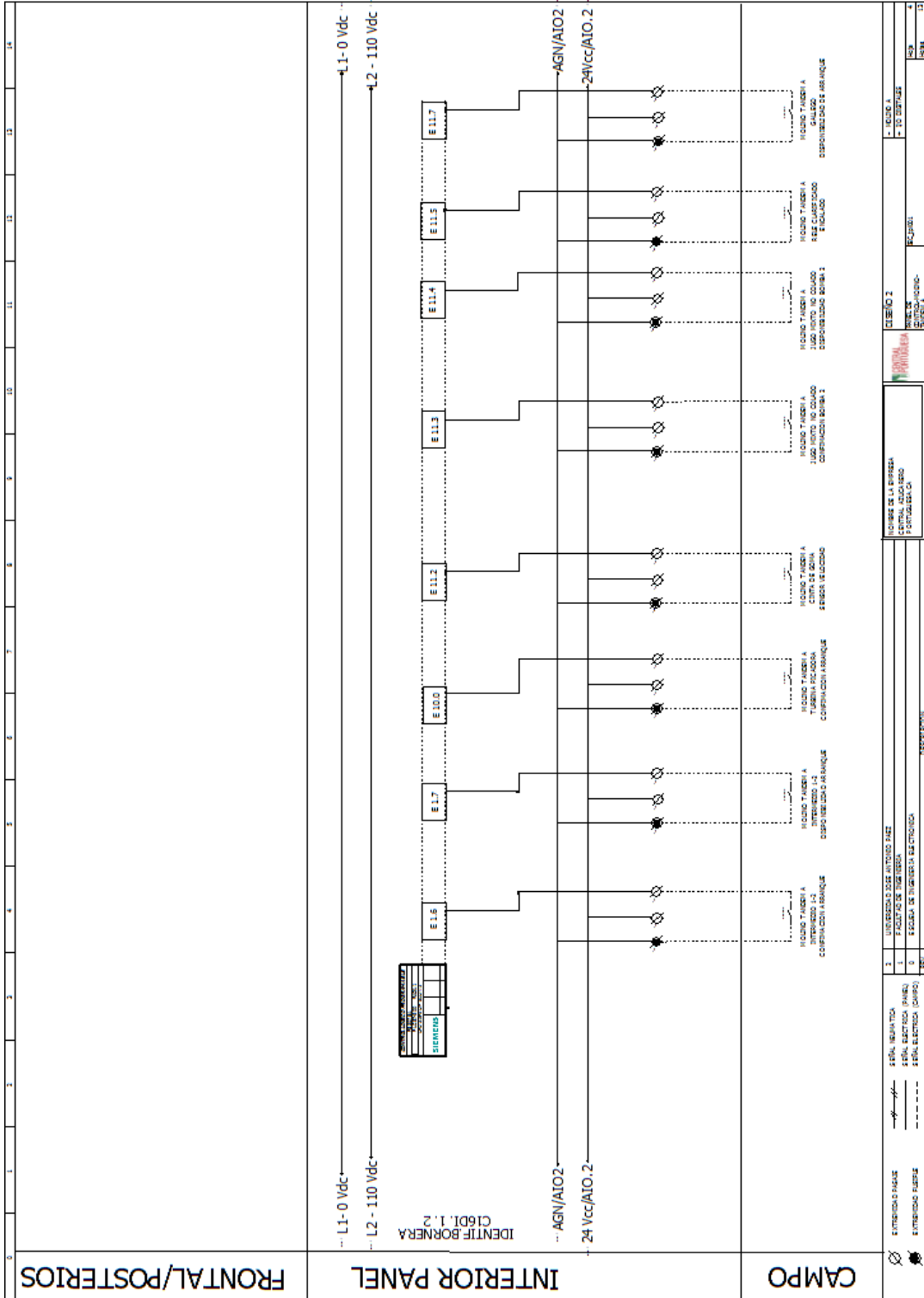
Planos de entradas y salidas analógicas.



Anexo H

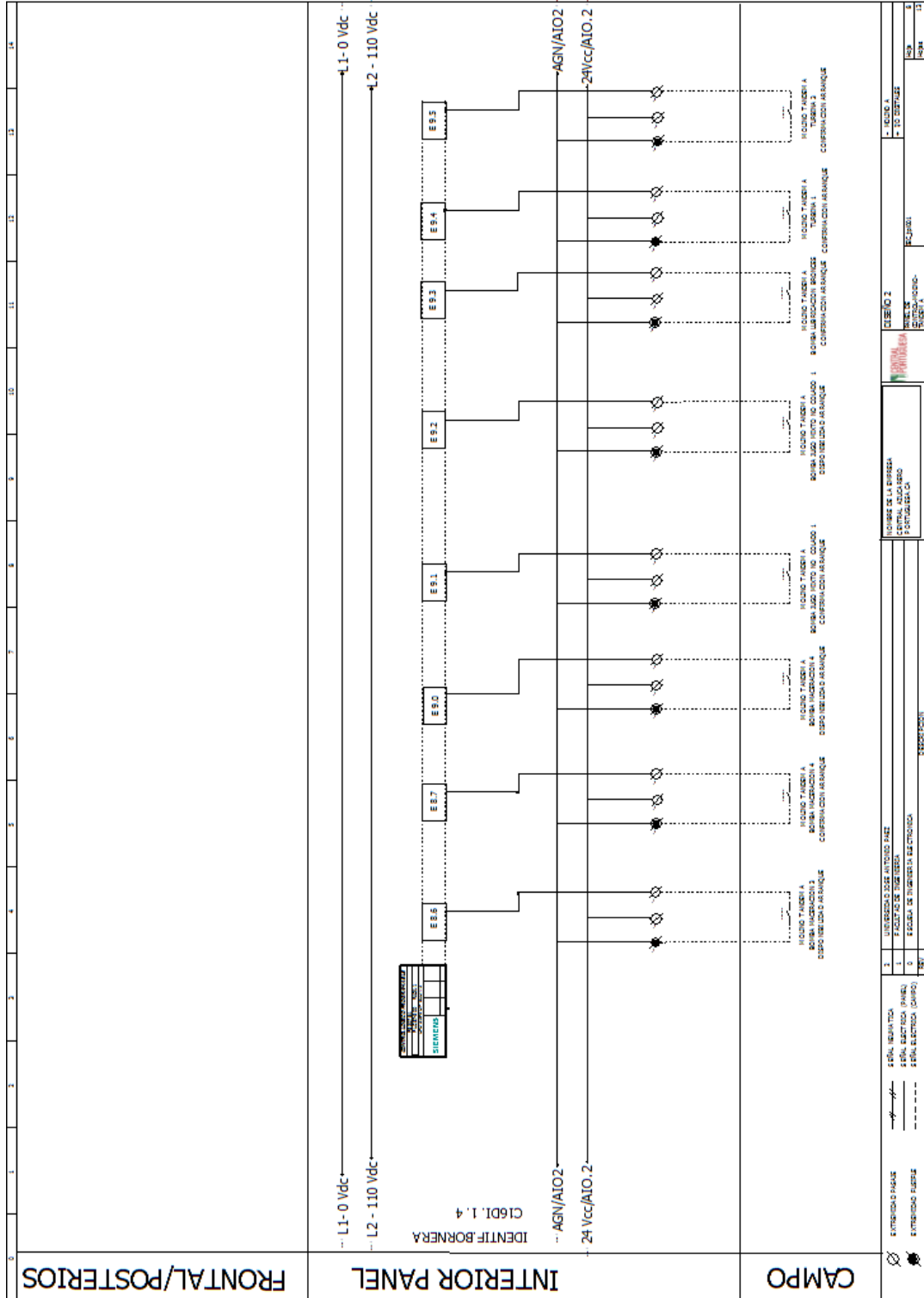
Anexo H5.

.Planos de entradas y salidas digitales.



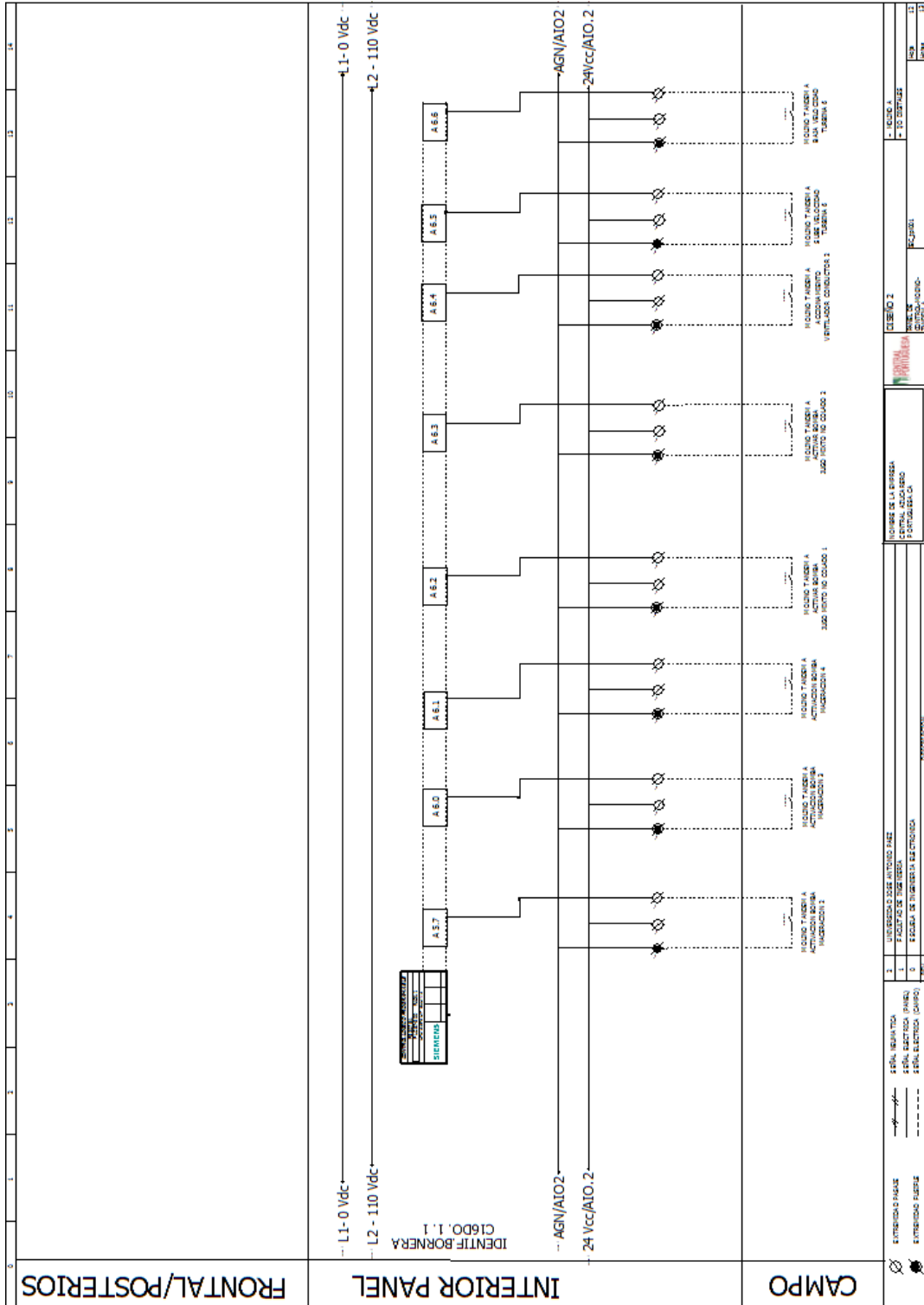
Anexo H9.

. Planos de entradas y salidas digitales.



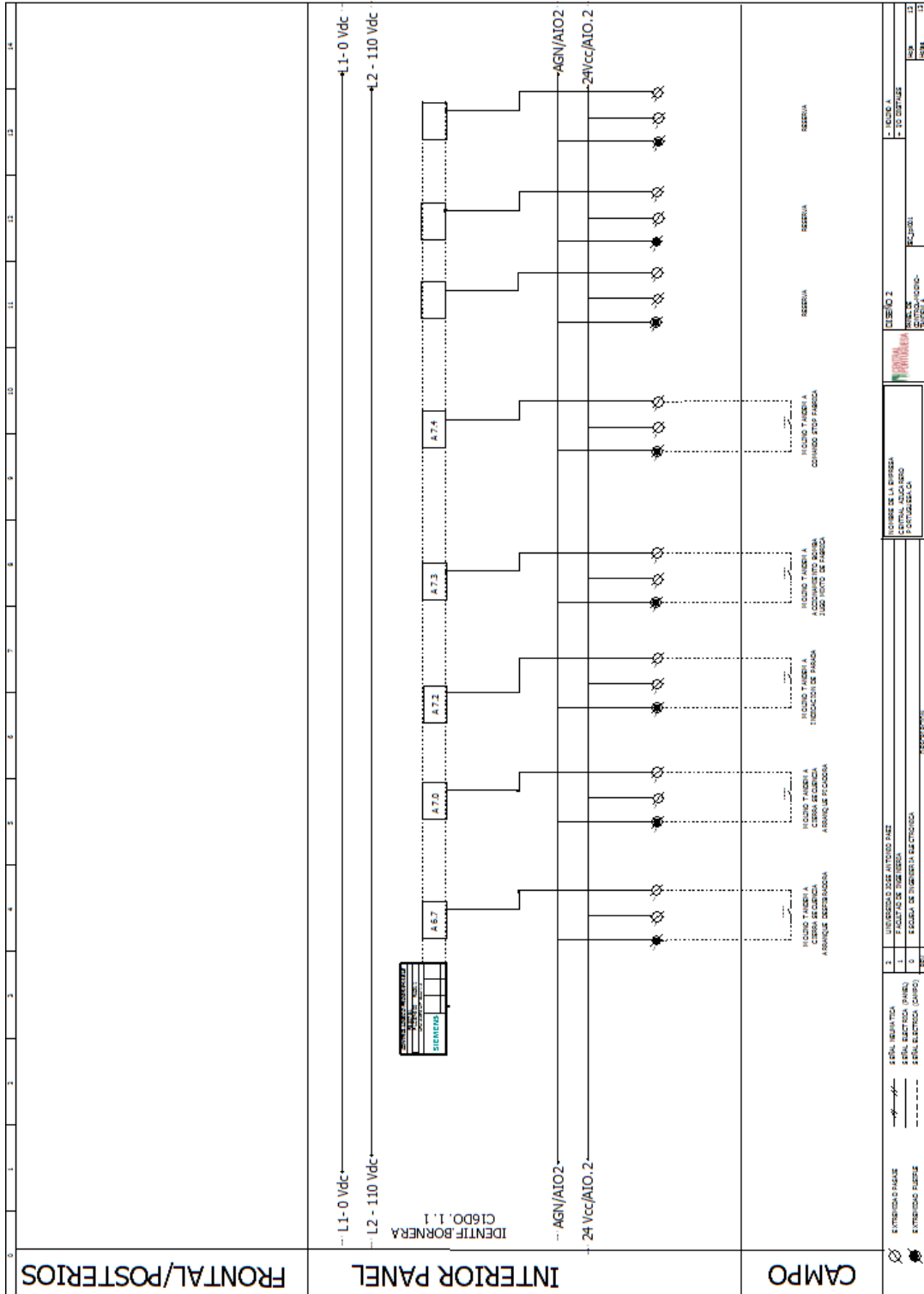
Anexo H13.

Planos de entradas y salidas digitales.



Anexo H14.



Planos de entradas y salidas digitales.



Anexo I.

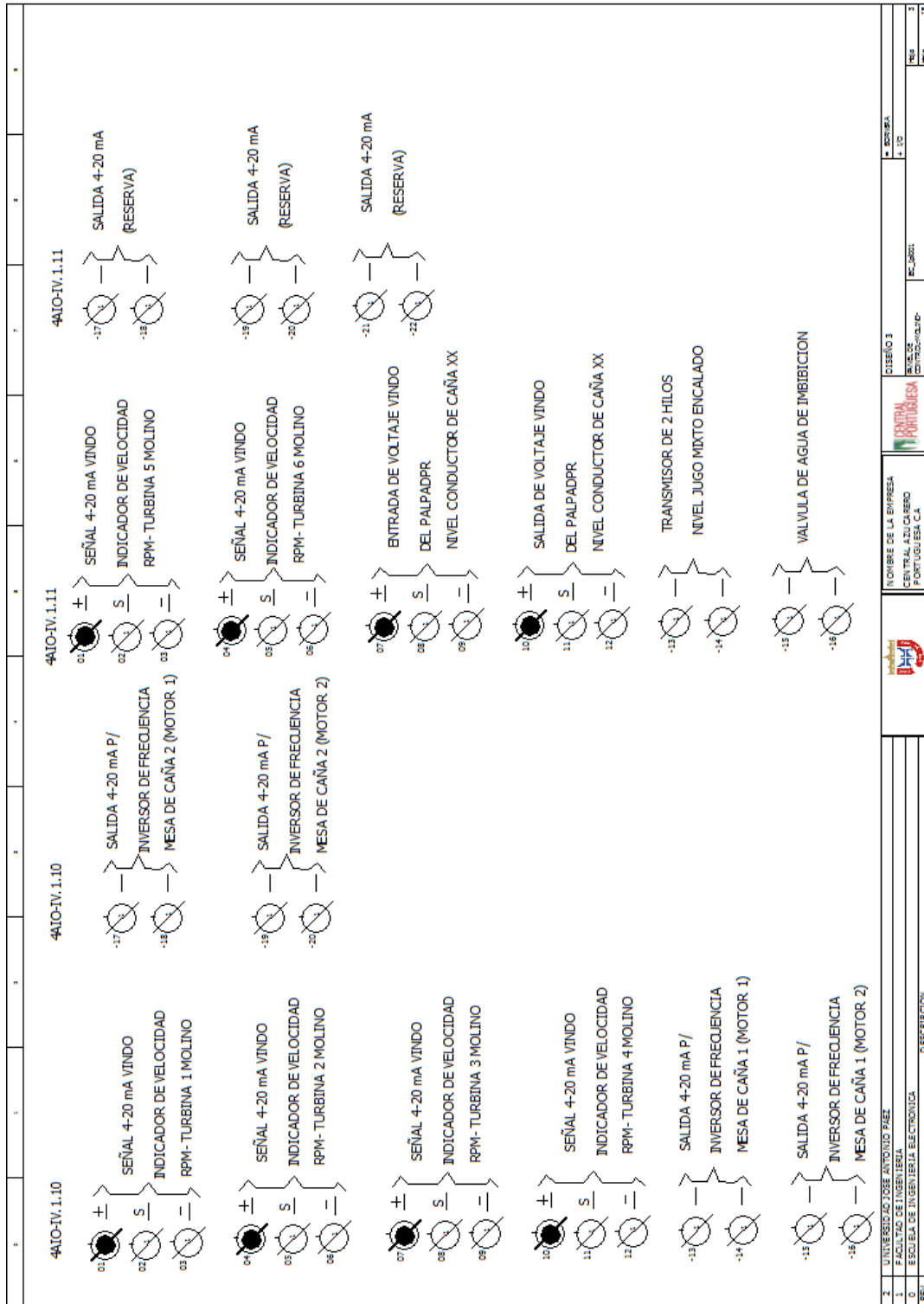
Anexo II.

Borneras de entradas y salidas analógicas y digitales.

| | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Formulario nuevo | | | | | | | | | | | |
|  <p>CENTRAL AZUCARERO PORTUGUESA, C.A RUF: J-07505170 - NIT: 0002628384 Carretera Via Payara - Sector Piedritas Blancas Telefono: 58-255-6003200, Fax: 58-255-6239415 Apartado de Correo N°935- Codigo Postal 3301-A Acarigua, Estado Portuguesa- Venezuela</p> | | | | | | | | | | | |
| <h1>BORNERA</h1> | | | | | | | | | | | |
| <p>RECOMENDACION: CABLES DE SEÑAL + s 20 mA. ALIMENTACIONES 24VCC Y 110 VAC DEBEN SEGUIR EN CONDUCTORES DIFERENTES (1 CONDUCTOR P/ CADA TIPO DE SEÑAL.) DISTANCIA MINIMA 300 mm ENTRE ELLOS</p> | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | |
| <p>UNIVERSIDAD JOSE ANTONIO PÁEZ FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA DESCRIPCIÓN</p> | | | | | | | | | | | |
| <p>1. NOMBRE DE LA EMPRESA CENTRAL AZUCARERO PORTUGUESA C.A</p> | | | | | | | | | | | |
| <p>2. DISEÑO 3 BORNERA CONTROLADO MANUAL</p> | | | | | | | | | | | |
| <p>3. NOMBRE DEL DISEÑADOR S. J. J. J.</p> | | | | | | | | | | | |
| <p>4. FECHA 12</p> | | | | | | | | | | | |

Anexo I4.

Borneras de entradas y salidas analógicas y digitales.



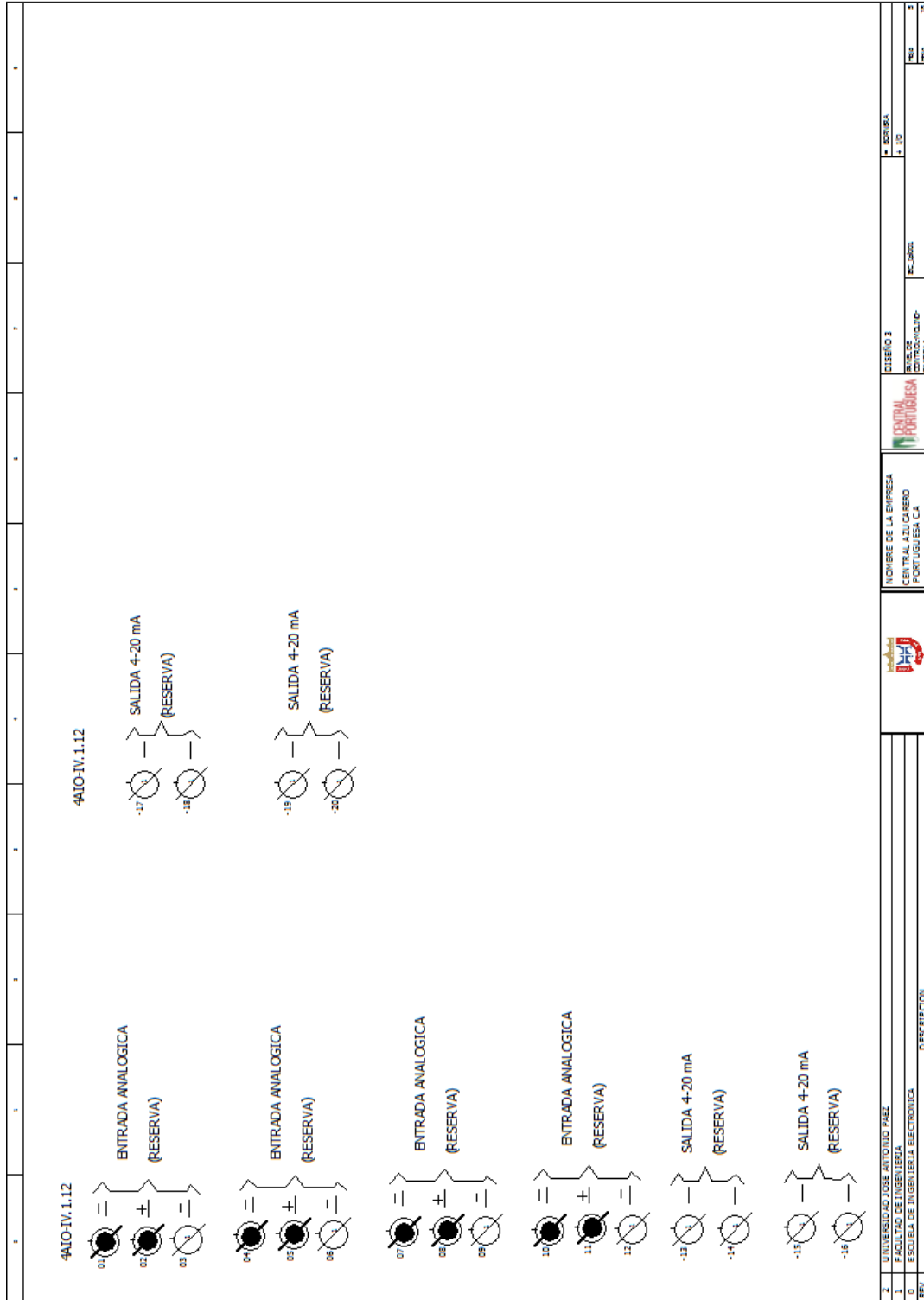
Anexo I5

Borneras de entradas y salidas analógicas y digitales.

| 4AIO-IV.1.10 | 4AIO-IV.1.11 | 4AIO-IV.1.10 | 4AIO-IV.1.11 | 4AIO-IV.1.11 |
|---|---|---|---|---|
| <p>SEÑAL 4-20 mA VINDO</p> <p>INDICADOR DE VELOCIDAD RPM- TURBINA 1 MOLINO</p> <p>SEÑAL 4-20 mA VINDO</p> <p>INDICADOR DE VELOCIDAD RPM- TURBINA 2 MOLINO</p> <p>SEÑAL 4-20 mA VINDO</p> <p>INDICADOR DE VELOCIDAD RPM- TURBINA 3 MOLINO</p> <p>SEÑAL 4-20 mA VINDO</p> <p>INDICADOR DE VELOCIDAD RPM- TURBINA 4 MOLINO</p> <p>SALIDA 4-20 mA P/ INVERSOR DE FRECUENCIA MESA DE CAÑA 1 (MOTOR 1)</p> <p>SALIDA 4-20 mA P/ INVERSOR DE FRECUENCIA MESA DE CAÑA 1 (MOTOR 2)</p> | <p>SEÑAL 4-20 mA VINDO</p> <p>INDICADOR DE VELOCIDAD RPM- TURBINA 5 MOLINO</p> <p>SEÑAL 4-20 mA VINDO</p> <p>INDICADOR DE VELOCIDAD RPM- TURBINA 6 MOLINO</p> <p>ENTRADA DE VOLTAJE VINDO DEL PALPADPR</p> <p>NIVEL CONDUCTOR DE CAÑA XX</p> <p>SALIDA DE VOLTAJE VINDO DEL PALPADPR</p> <p>NIVEL CONDUCTOR DE CAÑA XX</p> <p>TRANSMISOR DE 2 HILOS</p> <p>NIVEL JUGO MIXTO ENCALADO</p> <p>VALVULA DE AGUA DE IMBIBICION</p> | <p>SALIDA 4-20 mA P/ INVERSOR DE FRECUENCIA MESA DE CAÑA 2 (MOTOR 1)</p> <p>SALIDA 4-20 mA P/ INVERSOR DE FRECUENCIA MESA DE CAÑA 2 (MOTOR 2)</p> | <p>SALIDA 4-20 mA (RESERVA)</p> <p>SALIDA 4-20 mA (RESERVA)</p> <p>SALIDA 4-20 mA (RESERVA)</p> | <p>SEÑAL 4-20 mA VINDO</p> <p>INDICADOR DE VELOCIDAD RPM- TURBINA 5 MOLINO</p> <p>SEÑAL 4-20 mA VINDO</p> <p>INDICADOR DE VELOCIDAD RPM- TURBINA 6 MOLINO</p> <p>ENTRADA DE VOLTAJE VINDO DEL PALPADPR</p> <p>NIVEL CONDUCTOR DE CAÑA XX</p> <p>SALIDA DE VOLTAJE VINDO DEL PALPADPR</p> <p>NIVEL CONDUCTOR DE CAÑA XX</p> <p>TRANSMISOR DE 2 HILOS</p> <p>NIVEL JUGO MIXTO ENCALADO</p> <p>VALVULA DE AGUA DE IMBIBICION</p> |
| <p>01</p> <p>02</p> <p>03</p> <p>04</p> <p>05</p> <p>06</p> <p>07</p> <p>08</p> <p>09</p> <p>10</p> <p>11</p> <p>12</p> <p>13</p> <p>14</p> <p>15</p> <p>16</p> | <p>01</p> <p>02</p> <p>03</p> <p>04</p> <p>05</p> <p>06</p> <p>07</p> <p>08</p> <p>09</p> <p>10</p> <p>11</p> <p>12</p> <p>13</p> <p>14</p> <p>15</p> <p>16</p> | <p>17</p> <p>18</p> <p>19</p> <p>20</p> | <p>17</p> <p>18</p> <p>19</p> <p>20</p> <p>21</p> <p>22</p> | <p>17</p> <p>18</p> <p>19</p> <p>20</p> <p>21</p> <p>22</p> |
| <p>UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PAZ</p> <p>FACULTAD DE INGENIERIA</p> <p>ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA</p> | <p>INOMBRE DE LA EMPRESA</p> <p>CENTRAL AZUCARERO PORTUGUESA CA</p> | <p>CENTRAL AZUCARERO PORTUGUESA CA</p> | <p>CISEÑO 3</p> <p>REV. 02</p> <p>INICIAL</p> | <p>ESCUELA</p> <p>110</p> <p>REV</p> <p>12</p> |

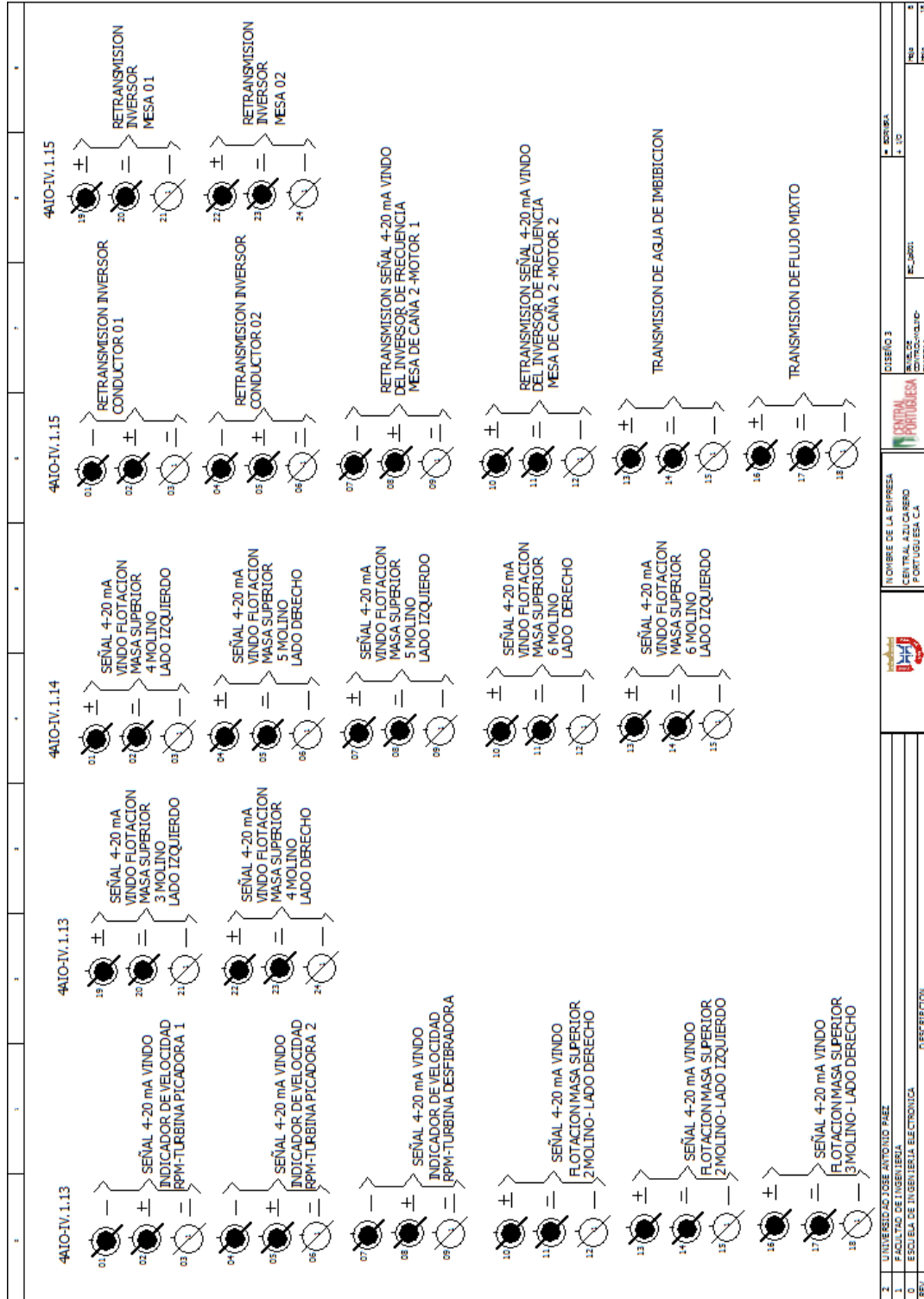
Anexo I6.

Borneras de entradas y salidas analógicas y digitales.



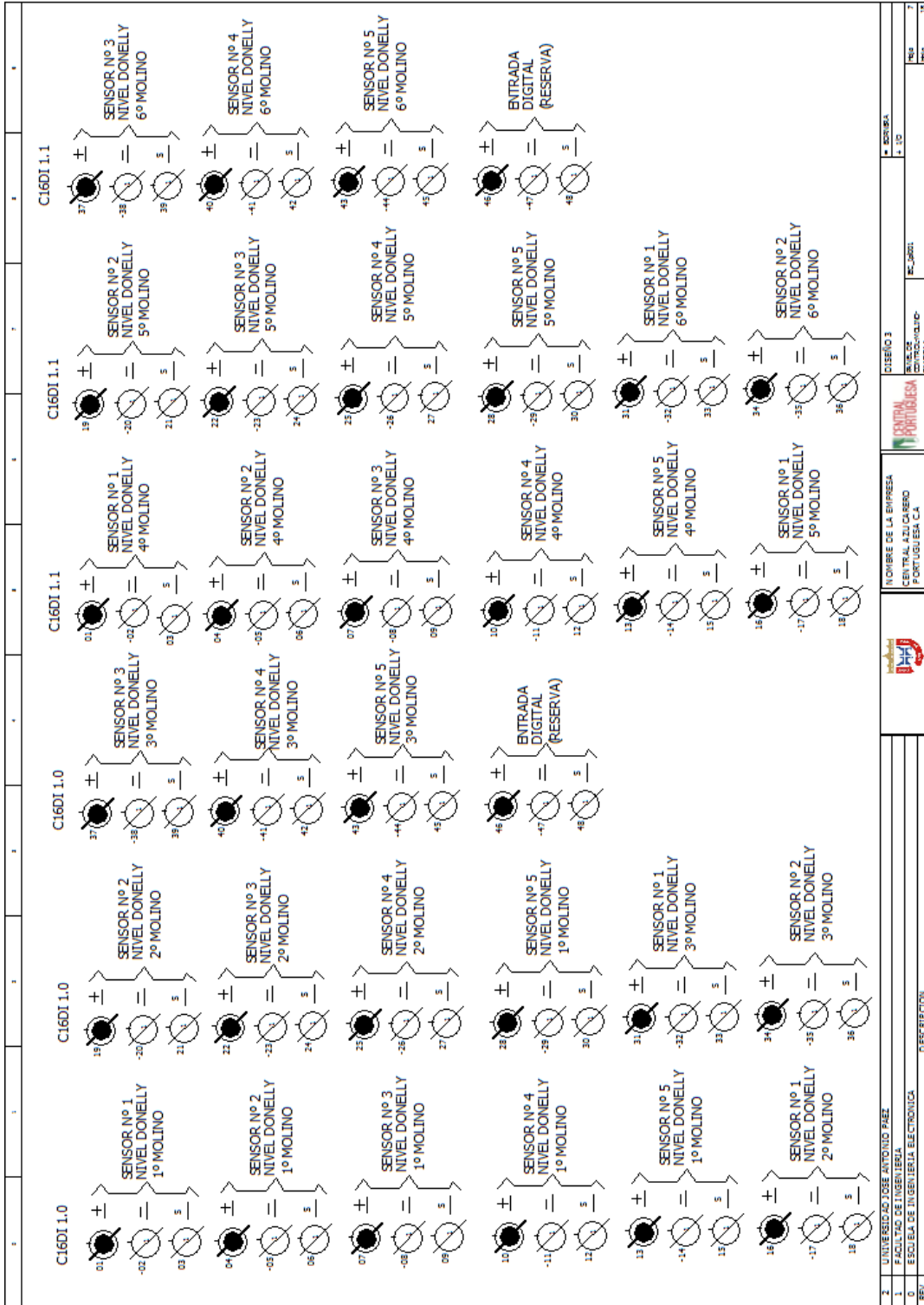
Anexo I7.

Borneras de entradas y salidas analógicas y digitales.



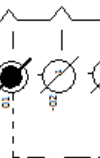

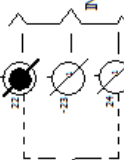
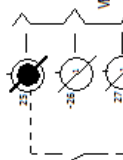
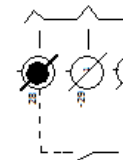
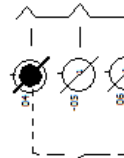
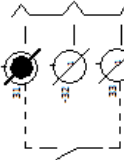
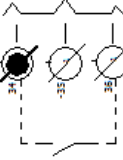
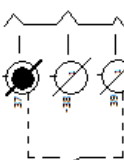
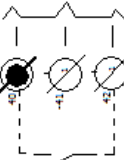
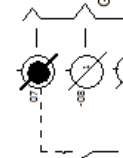
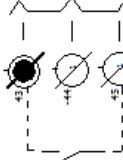

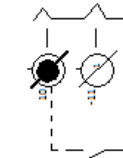
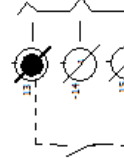

Anexo I8.

Borneras de entradas y salidas analógicas y digitales.



Anexo I9.

Borneras de entradas y salidas analógicas y digitales.

| C1601 1.1.2 | C1601 1.2 | C1601 1.2 | C1601 1.2 | C1601 1.2 |
|---|---|---|--|---|
|  <p>STATUS-MOTOR MTE0108 GALLEGO MESA 1</p> |  <p>STATUS-MOTOR MTE01263 INV. FREC. - MESA CAÑA 2</p> |  <p>STATUS-MOTOR MTE1098 INV. FREC. - CONDUCTOR CAÑA 1</p> |  <p>STATUS-MOTOR MTE0915 VENTILADOR-CONDUCTOR DE CAÑA 1</p> |  <p>STATUS-MOTOR MTE0108 INV. FREC. - CONDUCTOR CAÑA 2</p> |
|  <p>STATUS-MOTOR MTE0868 GALLEGO MESA 2</p> |  <p>STATUS-MOTOR MTE0818 VENTILADOR-CONDUCTOR DE CAÑA 2</p> |  <p>STATUS-MOTOR MTE0102 INV. FREC. - CONDUCTOR CAÑA 3 CINTA DE GOMA</p> |  <p>STATUS - ELECTROIMAN PCE2025</p> |  <p>STATUS-MOTOR MTE0777 CONDUCTOR INTERMEDIO 1</p> |
|  <p>STATUS-MOTOR MTE0778 GALLEGO - CONDUCTOR DE CAÑA 2</p> |  <p>STATUS-MOTOR MTE0080 CONDUCTOR INTERMEDIO 2</p> |  <p>STATUS-MOTOR MTE0943 CONDUCTOR INTERMEDIO 3</p> | | |
|  <p>STATUS-MOTOR MTE0437 INV. FREC. - MESA CAÑA 1</p> | | | | |
|  <p>STATUS-MOTOR MTE1202 INV. FREC. - MESA CAÑA 1</p> | | | | |
|  <p>STATUS-MOTOR MTE0850 INV. FREC. - MESA CAÑA 2</p> | | | | |

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA

ENCUENTRO DE LA EMPRESA
CENTRAL AZUCARERO
PORTUGUESA CA

PROYECTO DE INGENIERIA
ELECTRONICA

CURSO 3
MATERIA DE INGENIERIA
ELECTRONICA

NO. 0001

NO. 0001

Anexo I10.

Borneras de entradas y salidas analógicas y digitales.

| UNIVERSIDAD JOSE ANTONIO PAEZ | | NOMBRE DE LA EMPRESA | | CICLO 3 | | BORNERA | |
|-----------------------------------|--|--|---|---|----------------|----------------|----------|
| FACULTAD DE INGENIERIA | | CENTRAL ALTO CIBELO | | REVISOR | | + 10 | |
| ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA | | PORTUGUESA S.A | | INSTRUMENTISTA | | NO | |
| DESCRIPCION | | | | MATERIA | | NO | |
| | | | | ELECTRICA | | NO | |
| C160I 1.3 | STATUS-MOTOR MTE0915 CONDUCTOR INTERMEDIO 4 | STATUS-MOTOR MTE0915 CONDUCTOR INTERMEDIO 5 | STATUS-MOTOR MTE0915 EBA.3-AGUA MACERACION | DISPARO- EMERGENCIA TURBINA PICADORA 1 | 31 32 33 | 41 42 43 | 44 45 |
| C160I 1.3 | STATUS-MOTOR MTE0915 CONDUCTOR INTERMEDIO 5 | STATUS-MOTOR MTE0915 EBA.1-AGUA FRIA IMBIBICION | STATUS-MOTOR MTE0915 EBA.4-AGUA MACERACION | DISPARO- EMERGENCIA TURBINA PICADORA 2 | 41 42 43 | 44 45 | 46 47 |
| C160I 1.3 | STATUS-MOTOR MTE0915 EBA.2-AGUA FRIA IMBIBICION | STATUS-MOTOR MTE0915 EBA.1-JUGO MIXTO | STATUS-MOTOR MTE0915 EBA.2-JUGO MIXTO | DISPARO- EMERGENCIA TURBINA DESFIBRADORA | 41 42 43 | 44 45 | 46 47 |
| C160I 1.3 | STATUS-MOTOR MTE0915 EBA.1-AGUA MACERACION | STATUS-MOTOR MTE0915 EBA.2-AGUA FRIA IMBIBICION | STATUS-MOTOR MTE0915 TAMIZ ROTATIVO | DISPARO- EMERGENCIA TURBINA 1 MOLINO | 41 42 43 | 44 45 | 46 47 |
| C160I 1.3 | STATUS-MOTOR MTE0915 EBA.2-AGUA MACERACION | STATUS-MOTOR MTE0915 EBA.1-AGUA MACERACION | STATUS-MOTOR MTE0915 SIN FIN | | 41 42 43 | 44 45 | 46 47 |

Anexo I11.

Borneras de entradas y salidas analógicas y digitales.

| REF | DESCRIPCION | UNIVERSIDAD JOSE ANTONIO PAEZ | INFORMACION DE LA EMPRESA | INFORMACION DE LA EMPRESA | CLASIFICACION | FECHA | FECHA |
|-----------|---|--|---|---|---|---|---|
| 2 | UNIVERSIDAD JOSE ANTONIO PAEZ | UNIVERSIDAD JOSE ANTONIO PAEZ | UNIVERSIDAD JOSE ANTONIO PAEZ | UNIVERSIDAD JOSE ANTONIO PAEZ | UNIVERSIDAD JOSE ANTONIO PAEZ | UNIVERSIDAD JOSE ANTONIO PAEZ | UNIVERSIDAD JOSE ANTONIO PAEZ |
| 1 | FACULTAD DE INGENIERIA | FACULTAD DE INGENIERIA | FACULTAD DE INGENIERIA | FACULTAD DE INGENIERIA | FACULTAD DE INGENIERIA | FACULTAD DE INGENIERIA | FACULTAD DE INGENIERIA |
| 0 | ESCALA DE INGENIERIA ELECTRONICA | ESCALA DE INGENIERIA ELECTRONICA | ESCALA DE INGENIERIA ELECTRONICA | ESCALA DE INGENIERIA ELECTRONICA | ESCALA DE INGENIERIA ELECTRONICA | ESCALA DE INGENIERIA ELECTRONICA | ESCALA DE INGENIERIA ELECTRONICA |
| C1601 1.4 | DISPARO- EMERGENCIA TURBINA 2 MOLINO | DISPARO- EMERGENCIA TURBINA 3 MOLINO | DISPARO- EMERGENCIA TURBINA 4 MOLINO | DISPARO- EMERGENCIA TURBINA 5 MOLINO | DISPARO- EMERGENCIA TURBINA 6 MOLINO | STATOR-BOTON-EMERGENCIA BTO.10-01 CONDUCTOR DE CAÑA 1 | STATOR-BOTON-EMERGENCIA BTO.10-02 CONDUCTOR DE CAÑA 2 |
| C1601 1.4 | DISPARO- EMERGENCIA TURBINA 3 MOLINO | DISPARO- EMERGENCIA TURBINA 4 MOLINO | DISPARO- EMERGENCIA TURBINA 5 MOLINO | DISPARO- EMERGENCIA TURBINA 6 MOLINO | STATOR-BOTON-EMERGENCIA BTO.10-03 CONDUCTOR DE CAÑA 3 | STATOR-BOTON-EMERGENCIA BTO.10-04 CONDUCTOR INTERMEDIO 1 | STATOR-BOTON-EMERGENCIA BTO.10-05 CONDUCTOR INTERMEDIO 2 |
| C1601 1.4 | DISPARO- EMERGENCIA TURBINA 4 MOLINO | DISPARO- EMERGENCIA TURBINA 5 MOLINO | DISPARO- EMERGENCIA TURBINA 6 MOLINO | STATOR-MOTOR MTEXXXX CONDUCTOR 1 DE BAGAZO-CAIDERA | STATOR-BOTON-EMERGENCIA BTO.10-06 CONDUCTOR INTERMEDIO 3 | STATOR-BOTON-EMERGENCIA BTO.10-07 CONDUCTOR INTERMEDIO 4 | STATOR-BOTON-EMERGENCIA BTO.10-08 CONDUCTOR INTERMEDIO 5 |
| C1601 1.4 | STATUS-INTERRUPTOR PLS0.10-01 BAJA DE PRESION DE VAPOR | STATUS-BOTON DE EMERGENCIA PLANTA ELECTRICA | | | | | |

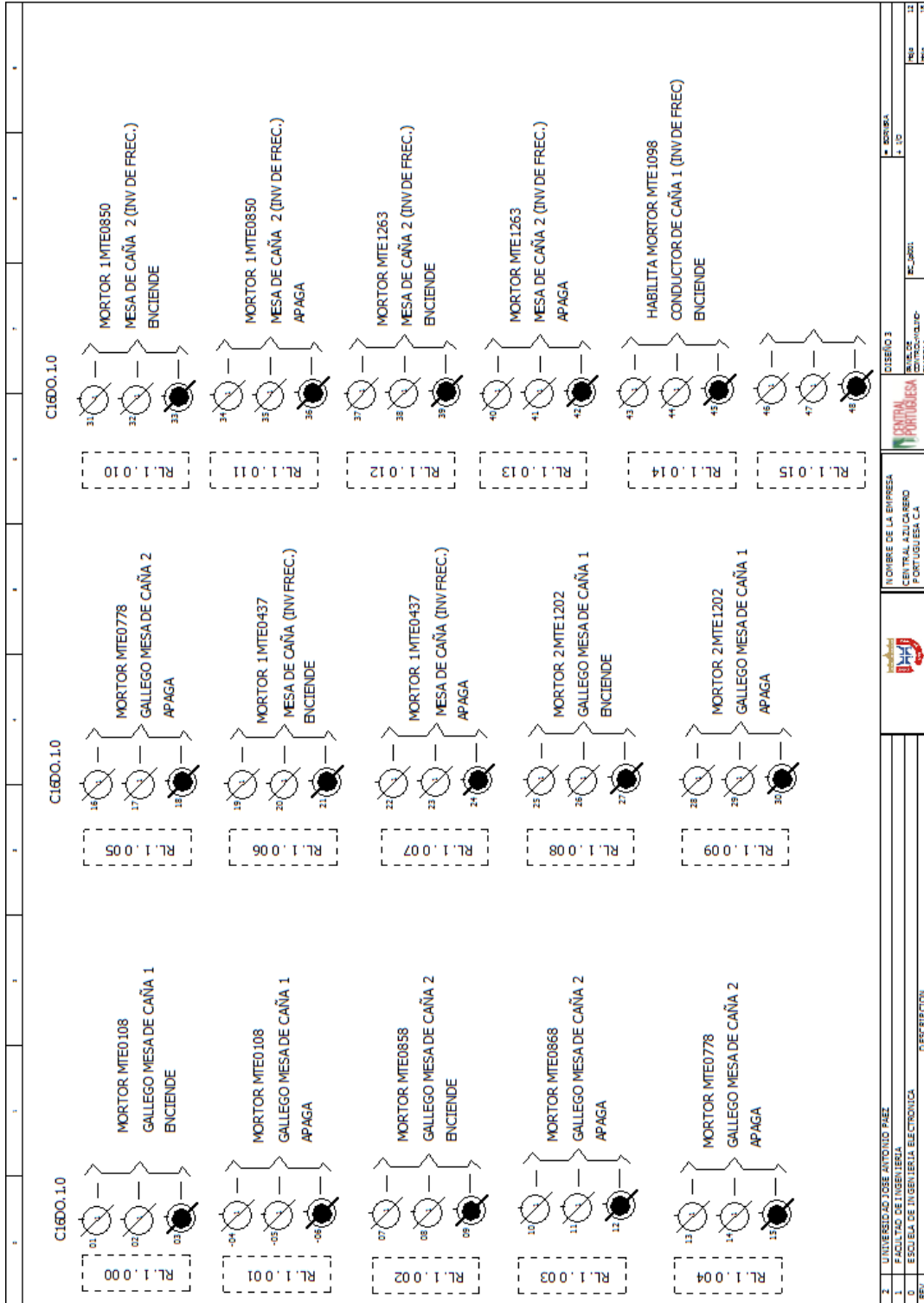
Anexo I12.

Borneras de entradas y salidas analógicas y digitales.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

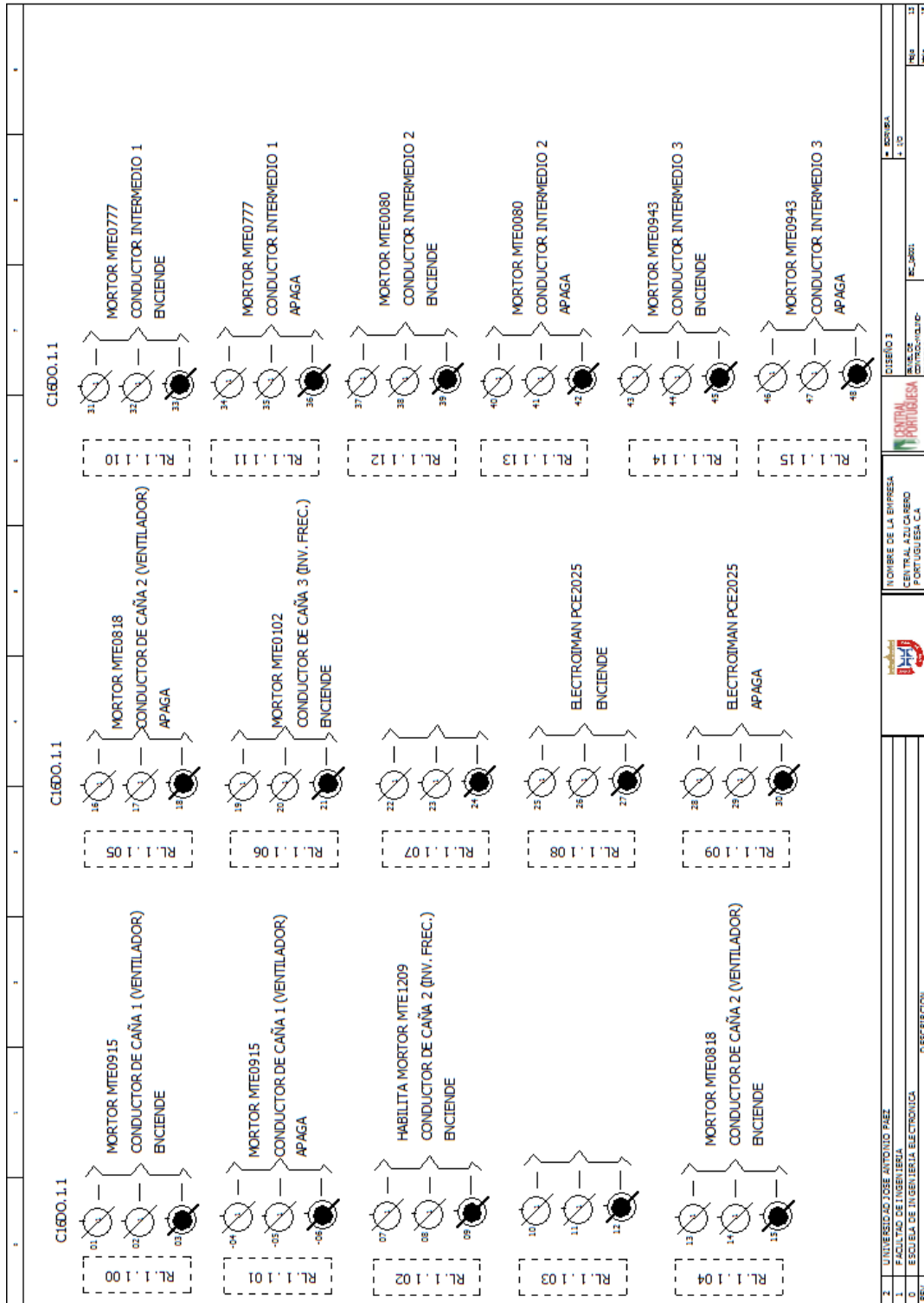
Anexo I13.

Borneras de entradas y salidas analógicas y digitales.



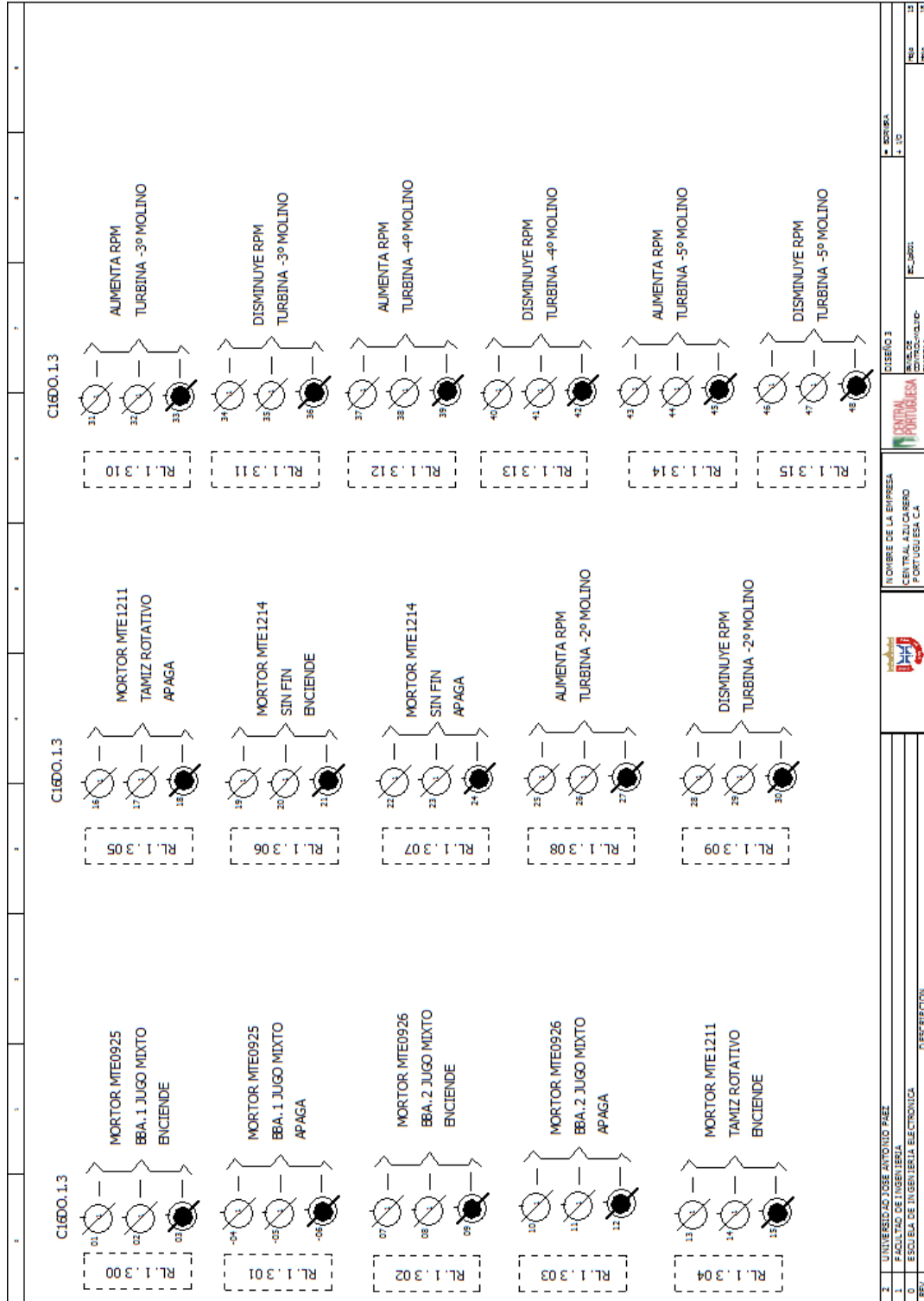
Anexo I14

Borneras de entradas y salidas analógicas y digitales.



Anexo I16.

Borneras de entradas y salidas analógicas y digitales.



Anexo 117.

Borneras de entradas y salidas analógicas y digitales.

| 2 | UNIVERSIDAD JOSE ANTONIO PAEZ | CIERRENO 3 | BORNERA | 10 | 11 | | | | | | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|
| 1 | FACULTAD DE INGENIERIA | CIERRENO 3 | CIERRENO 3 | 10 | 11 | | | | | | | | | | | |
| 0 | ESCALA DE INGENIERIA ELECTRONICA | CIERRENO 3 | CIERRENO 3 | 10 | 11 | | | | | | | | | | | |
| REV | DESCRIPCION | CIERRENO 3 | CIERRENO 3 | 10 | 11 | | | | | | | | | | | |
| | <p>CIERRENO 1.4</p> <p>AUMENTA RPM TURBINA -6º MOLINO</p> <p>RL.1.4.00</p> | <p>CIERRENO 1.4</p> <p>VALVULA SOLENOIDE DISPARO EMERG. TURBINA 1º MOLINO</p> <p>RL.1.4.05</p> | <p>CIERRENO 1.4</p> <p>VALVULA SOLENOIDE DISPARO EMERG. TURBINA 6º MOLINO</p> <p>RL.1.4.10</p> | <p>CIERRENO 1.4</p> <p>DISMINUYE RPM TURBINA -6º MOLINO</p> <p>RL.1.4.01</p> | <p>CIERRENO 1.4</p> <p>SALIDA DIGITAL (RESERVA)</p> <p>RL.1.4.11</p> | <p>CIERRENO 1.4</p> <p>SALIDA DIGITAL (RESERVA)</p> <p>RL.1.4.12</p> | <p>CIERRENO 1.4</p> <p>SALIDA DIGITAL (RESERVA)</p> <p>RL.1.4.13</p> | <p>CIERRENO 1.4</p> <p>SALIDA DIGITAL (RESERVA)</p> <p>RL.1.4.14</p> | <p>CIERRENO 1.4</p> <p>SALIDA DIGITAL (RESERVA)</p> <p>RL.1.4.15</p> | <p>CIERRENO 1.4</p> <p>VALVULA SOLENOIDE DISPARO EMERG. TURBINA 2º MOLINO</p> <p>RL.1.4.06</p> | <p>CIERRENO 1.4</p> <p>VALVULA SOLENOIDE DISPARO EMERG. TURBINA 3º MOLINO</p> <p>RL.1.4.07</p> | <p>CIERRENO 1.4</p> <p>VALVULA SOLENOIDE DISPARO EMERG. TURBINA 4º MOLINO</p> <p>RL.1.4.08</p> | <p>CIERRENO 1.4</p> <p>VALVULA SOLENOIDE DISPARO EMERG. TURBINA 5º MOLINO</p> <p>RL.1.4.09</p> | <p>CIERRENO 1.4</p> <p>VALVULA SOLENOIDE DISPARO EMERG. TURBINA PTCADORA 1</p> <p>RL.1.4.02</p> | <p>CIERRENO 1.4</p> <p>VALVULA SOLENOIDE DISPARO EMERG. TURBINA PTCADORA 2</p> <p>RL.1.4.03</p> | <p>CIERRENO 1.4</p> <p>VALVULA SOLENOIDE DISPARO EMERG. TURBINA DESFIBRADORA</p> <p>RL.1.4.04</p> |

Anexo I18.

Borneras de entradas y salidas analógicas y digitales.

