

**DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ACTUALIZACIÓN Y  
CENTRALIZACIÓN DE LA UNIDAD DE CONTROL DE ABATIDORES Y DISPERSOR  
DE FINOS EN LA PLANTA COLCERÁMICA SOPÓ**

**JOSÉ ANTONIO ALBARRACÍN DÍAZ**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
CEAD ZIPAQUIRÁ  
2015**

**DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ACTUALIZACIÓN Y  
CENTRALIZACIÓN DE LA UNIDAD DE CONTROL DE ABATIDORES Y DISPERSOR  
DE FINOS EN LA PLANTA COLCERÁMICA SOPÓ**

**JOSÉ ANTONIO ALBARRACÍN DÍAZ**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO  
ELECTRÓNICO**

**ING. NELSON HUMBERTO ZAMBRANO  
ASESOR DE PROYECTO**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
CEAD ZIPAQUIRÁ  
2015**

2015

Nota de Aceptación

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Zipaquirá, Abril de 2015

## **ABSTRACT**

In the past 10 years in Colombia the inclusion of new technologies and the automation has become a main strategy of companies, where productivity is taken into consideration with high quality standards and low environmental impact.

In this work it is shown the design, the development and the implementation of the Control Unit for dust separator and fine disperser, besides of the updating and centralizing the elements of that unit.

This process is incorporated inside the atomization area in the paste preparation zone in the factory of Colcerámica in Sopó, owned to the Corona Organization, who is implementing maintenance programs and constant improvements of its business units.

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> -----	<b>1</b>
<b>PALABRAS CLAVE:</b> -----	<b>2</b>
<b>1. ANTECEDENTES</b> -----	<b>2</b>
<b>2. PREGUNTA PROBLEMA</b> -----	<b>3</b>
<b>3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> -----	<b>3</b>
<b>4. JUSTIFICACIÓN</b> -----	<b>4</b>
<b>5. OBJETIVOS</b> -----	<b>5</b>
<b>5.1. OBJETIVO GENERAL</b> -----	<b>5</b>
<b>5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> -----	<b>5</b>
<b>6. MARCO TEÓRICO</b> -----	<b>6</b>
<b>6.1. Automatización Industrial</b> -----	<b>6</b>
<b>6.2. Sistemas de control</b> -----	<b>7</b>
<b>6.2.1. Diagramas de bloques</b> -----	<b>7</b>
<b>6.2.2. Sistema de control en lazo abierto</b> -----	<b>8</b>
<b>6.2.3. Sistema de control en lazo cerrado</b> -----	<b>8</b>
<b>6.3. Acciones de control</b> -----	<b>9</b>
<b>6.3.1. Control proporcional</b> -----	<b>10</b>
<b>6.3.2. Control PID (Proporcional Integral Derivativo)</b> -----	<b>11</b>
<b>6.3.3. Control on / off</b> -----	<b>11</b>

<b>6.4. Controlador lógico programable PLC</b> -----	<b>12</b>
<b>6.4.1. Programación PLC'S</b> -----	<b>14</b>
<b>6.5. Electroválvula</b> -----	<b>15</b>
<b>6.6. Sensores</b> -----	<b>16</b>
<b>6.7. Motor eléctrico</b> -----	<b>21</b>
<b>6.7.1. Motor trifásico</b> -----	<b>21</b>
<b>6.8. Contactor</b> -----	<b>23</b>
<b>6.9. Guardamotores</b> -----	<b>24</b>
<b>6.10. Interruptor automático magnetotérmico</b> -----	<b>26</b>
<b>6.11. Terminal HMI</b> -----	<b>29</b>
<b>6.12. Software HMI:</b> -----	<b>30</b>
<b>6.13. Relevó</b> -----	<b>31</b>
<b>6.14. Variador de frecuencia</b> -----	<b>33</b>
<b>6.15. Proceso de fabricación de la pasta atomizada para pavimentos y revestimientos cerámicos</b> -----	<b>34</b>
<b>6.16. Descripción general principio de operación sistema abatidores y dispersor de finos</b> -----	<b>36</b>
<b>7. METODOLOGÍA</b> -----	<b>42</b>
<b>7.1. FASE 1: ANÁLISIS</b> -----	<b>42</b>
<b>7.1.1. Abatidores</b> -----	<b>42</b>
<b>7.1.2. Dispersor</b> -----	<b>43</b>
<b>7.1.3. Cronograma de actividades</b> -----	<b>45</b>
<b>7.2. FASE 2: DISEÑO</b> -----	<b>46</b>

<b>7.2.1. Recurso humano y presupuesto</b>	<b>54</b>
<b>7.3. FASE 3: DESARROLLO</b>	<b>57</b>
<b>7.3.1. Montaje</b>	<b>57</b>
<b>7.3.2. Programa PLC</b>	<b>69</b>
<b>7.4. FASE 4: IMPLEMENTACIÓN</b>	<b>72</b>
<b>7.4.1. Prueba motores</b>	<b>75</b>
<b>7.4.2. Prueba electroválvulas</b>	<b>80</b>
<b>7.5. FASE 5: EVALUACIÓN</b>	<b>81</b>
<b>8. RESULTADOS</b>	<b>90</b>
<b>9. ANEXOS</b>	<b>92</b>
<b>9.1. ANEXO 1. Planos esquemas eléctricos</b>	<b>92</b>
<b>9.2. ANEXO 2. Lógica de control sistema agua abatidores y dispersor en cx programer (lenguaje Ladder).</b>	<b>98</b>
<b>9.3. ANEXO 3. Tabla direcciones PLC</b>	<b>103</b>
<b>9.4. ANEXO 4. Instructivo operación sistema de control agua abatidores y dispersor</b>	<b>105</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>108</b>

## LISTA IMÁGENES

<i>Imagen 1. PLC a utilizar Omron sysmac cj2m ...</i>	13
<i>Imagen 2. Sensor conductivo de varillas borneras de conexión</i>	19
<i>Imagen 3. Sensor de nivel de varillas</i>	20
<i>Imagen 4. Controlador Schneider RM35LM33MW</i>	20
<i>Imagen 5. Placas con especificaciones motores tanque abatidores y dispersor</i>	23
<i>Imagen 6. Tipo de Contactores y Guardamotores utilizados</i>	26
<i>Imagen 7. Disparo por cortocircuito</i>	29
<i>Imagen 8. Terminal HMI Omron utilizada</i>	31
<i>Imagen 8. Relevos utilizados</i>	33
<i>Imagen 10. Variador de frecuencia utilizado</i>	34
<i>Imagen 11. Lanza abatidor y boquillas</i>	39
<i>Imagen 12. Abatidor de atomizador</i>	40
<i>Imagen 13. Variador utilizado</i>	51
<i>Imagen 14. PLC utilizado</i>	52
<i>Imagen 15. Instalación controlador sistema de llenado tanque agua abatidores</i>	57
<i>Imagen 16. Montaje sensor electroválvula</i>	58
<i>Imagen 17. Montaje electroválvula agua dispersor</i>	59
<i>Imagen 18. Montaje breaker línea trifásica, repartidor, seguridades, contactores y PLC</i>	60
<i>Imagen 19. Montaje pantalla, hongo de seguridad y pulsador de reset</i>	61
<i>Imagen 20. Proceso de montaje sistema control abatidores y dispersor</i>	61
<i>Imagen 21. Cableado elementos de control</i>	62
<i>Imagen 22. Conexión módulo de seguridad y comunicación HMI-PLC</i>	63
<i>Imagen 23. Canaleta cableado control a elementos de campo</i>	64
<i>Imagen 24. Canaleta cableado control a elementos de campo</i>	64
<i>Imagen 25. Cableado dispersor de finos</i>	65
<i>Imagen 26. Cableado tanque abatidores y bombas</i>	66
<i>Imagen 27. Borneras de Salida tablero</i>	66
<i>Imagen 28. Prueba conexiones</i>	67
<i>Imagen 29. Conexión variador de frecuencia y arrancador</i>	67



<i>Imagen 30. Montaje final cabina control abatidores y dispersor.....</i>	<i>68</i>
<i>Imagen 31. Diseño interfaz de control sistema abatidores y dispersor Menú principal.....</i>	<i>69</i>
<i>Imagen 32. Diseño interfaz de control sistema abatidores y dispersor función botón.....</i>	<i>70</i>
<i>Imagen 33. Diseño interfaz de control sistema abatidores y dispersor dirección y destino botón .....</i>	<i>71</i>
<i>Imagen 34. Diseño interfaz de control sistema abatidores y dispersor Menú Dispersor.....</i>	<i>71</i>
<i>Imagen 35. Transferencia programa PLC y HMI.....</i>	<i>72</i>
<i>Imagen 36. Transferencia programa PLC y HMI.....</i>	<i>73</i>
<i>Imagen 37. Transferencia programa PLC y HMI.....</i>	<i>73</i>
<i>Imagen 38. Interfaz de control Menú principal .....</i>	<i>74</i>
<i>Imagen 39. Interfaz de control Menú acceso rápido a funciones principales.....</i>	<i>74</i>
<i>Imagen 40. Encendido motor bomba presión.....</i>	<i>75</i>
<i>Imagen 41. Encendido motor bomba presión.....</i>	<i>76</i>
<i>Imagen 42. Prueba encendido motor bombas agua abatidores.....</i>	<i>76</i>
<i>Imagen 43. Encendido motor bombas agua abatidores 1.....</i>	<i>77</i>
<i>Imagen 44. Encendido motor bombas agua abatidores 2.....</i>	<i>77</i>
<i>Imagen 45. Prueba encendido motor dispersor y tornillo sinfín.....</i>	<i>78</i>
<i>Imagen 46. Prueba encendido motor dispersor y tornillo sinfín.....</i>	<i>78</i>
<i>Imagen 47. Prueba encendido motor hidrofiltro de captación polvo dispersor .....</i>	<i>79</i>
<i>Imagen 48. Prueba encendido motor hidrofiltro de captación polvo dispersor .....</i>	<i>79</i>
<i>Imagen 49. Prueba electroválvula llenado dispersor desde pantalla .....</i>	<i>80</i>
<i>Imagen 50. Prueba electroválvulas hidrofiltro .....</i>	<i>81</i>
<i>Imagen 51. Cabina control abatidores y dispersor parte externa.....</i>	<i>83</i>
<i>Imagen 52. Cabina control abatidores y dispersor cuarto de control atomizadores.....</i>	<i>84</i>
<i>Imagen 53. Operación nueva interfaz de control agua abatidores y dispersor .....</i>	<i>85</i>
<i>Imagen 54. Operación nueva interfaz de control agua abatidores y dispersor .....</i>	<i>86</i>
<i>Imagen 55. Ducto adaptado para toma de caudal agua recuperada de abatidores.....</i>	<i>87</i>
<i>Imagen 56. Ducto caída polvo retenido .....</i>	<i>88</i>

## LISTA FIGURAS

<i>Figura 1. Esquema sistema automatización.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 2. Diagrama de bloques sistema lazo abierto.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 3. Diagrama de bloques sistema lazo cerrado.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 4. Acción de control proporcional.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 5. PLC marca Omron.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 6. Símbolos básico lenguaje Ladder.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 7. Electroválvulas para paso de agua.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 8. Diferentes tipos sensores industriales.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 9. Motor eléctrico trifásico.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 10. Partes motor eléctrico trifásico.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 11. Contactor.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 12. Guardamotores marca Hyundai.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 13. Interruptor magnetotérmico.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 14. Vista interna interruptor magnetotermico.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 15. Disparo por sobrecarga.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 16. Disparo por cortocircuito.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 17. Relevo.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 18. Diagrama proceso preparación pasta.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 19. Mapa de nivel 1 proceso preparación pasta.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 20. Operación sistema agua abatidores.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 21. Principio de funcionamiento abatidor de polvo.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 22. Operación Dispensor de finos.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 23. Lógica control llenado del tanque.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 24. Sistema control llenado tanque agua abatidores.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 25. Diagrama de bloques sistema control.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 25. Diagrama tipos de PLC's.....</i>	<i>52</i>

## LISTA TABLAS

<i>Tabla 1. Valores nominales motores tanque abatidores y dispersor .....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 2. Valores nominales motores tanque abatidores y dispersor .....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 3. Tabla estados .....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 4. Estados accionamiento electroválvula .....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 5. Elementos que se utilizaron .....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 6. Carga laboral y costos .....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 7. Costos insumos .....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 8. Tabla agua recuperada abatidores.....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 9. Tabla polvo retenido abatidores.....</i>	<i>89</i>

## INTRODUCCIÓN

El sector productivo colombiano en los últimos años viene incorporando, acorde a sus necesidades y objetivos, nuevas tecnologías que mejoren su productividad dando mayor competitividad en el mercado mediante la reducción de costos, ahorro de tiempo, mejoramiento de la calidad de vida de sus empleados y en algunos casos la implementación o reestructuración de procesos y procedimientos que disminuyan y/o mitiguen el impacto ambiental negativo que se viene generando por parte de la industria.

Con estas nuevas tecnologías que se integran a los procesos productivos y con gran aplicabilidad de la automatización, la cual se ha convertido en estrategia fundamental para el mejoramiento continuo tanto de los productos como de los procesos los cuales sean elaborados adecuadamente, bajo estándares y con altos niveles de calidad y bajo impacto ambiental.

Este documento presenta el diseño, desarrollo e implementación de la actualización y centralización de la unidad de control de abatidores y dispersor de finos; los cuales tienen como finalidad la mitigación de los impactos negativos generados dentro del proceso como la disminución de material particulado al ser incorporado nuevamente al proceso productivo y el aumento en la cantidad de agua recuperada e integrada nuevamente al sistema, los cuales hacen parte del subproceso de atomización del área de preparación de pasta en la planta Colcerámica Sopó, fabrica perteneciente a la Organización Corona, la cual viene ejecutando programas de mantenimiento y mejoramiento continuo en sus unidades de negocio; entre los que se encuentra la reestructuración del proceso aquí mencionado donde se aplican los conocimientos adquiridos para optar por el título de Ingeniero Electrónico, además de tener como valor agregado para la empresa la disminución del impacto ambiental negativo generado.

Se hace una descripción del problema y los objetivos planteados para este trabajo, una revisión teórica de los temas que hacen parte del desarrollo del proyecto, se hace un análisis de la situación en la que se encontraba el proceso y luego se presenta el desarrollo del diseño e implementación de la actualización de este proceso.

## **PALABRAS CLAVE:**

Sistema de control, Automatización, control on/off, PLC, electroválvula, sensor, terminal HMI,

## **1. ANTECEDENTES**

Organización Corona es una multinacional colombiana con más de 130 años de historia empresarial. Es líder en el sector de la remodelación y la construcción en Colombia y un sólido competidor en otros países. (Organización Corona, 2012)

Corona está compuesta por seis unidades estratégicas de negocio dedicadas a la manufactura y comercialización de productos para el hogar y la construcción.

En Colcerámica planta Sopó, empresa de la organización Corona dedicada a la fabricación de pavimentos cerámicos; en el proceso de atomización del área de preparación pasta, existe un subproceso donde se bombea agua a un sistema de apoyo para el control de contaminación (sistema de abatidores), formando unabarrera de este líquido que impide se dispersen las partículas de polvo que se generan en el proceso de atomización al medio ambiente; el agua mezclada con el polvo retenido se recupera y se desplaza por gravedad a un tanque donde es tratada con químicos, en el mismo tanque se va combinando con agua limpia y es bombeada nuevamente al sistema para empezar nuevamente el ciclo. La cantidad de agua recuperada es de unos 10000L/h; este dato se obtiene teniendo en cuenta que la capacidad de recuperación de cada abatidor es de  $9m^3/hora$ , pero con lo que se tiene instalado se recuperan  $5m^3$ , cabe anotar que son 3 abatidores. Del agua recuperada, la de dos abatidores va al tanque del proceso y la del abatidor restante se utiliza para el subproceso de tamizado de barbotina.

En el área de preparación pastase hallatambién un equipo denominado dispersor de finos, cuya función es mezclar materiales de rechazo y polvo de los equipos de captación con agua para reincorporar estos materiales al proceso. Aquí se recuperan alrededor 5000Kg de material al día.Según los datos que se llevan en el registro de control del subproceso del dispersor de finos.

El sistema de abatidores contribuye en gran medida al control de emisiones para dar cumplimiento a las normas ambientales vigentes como la Ley 23 de 1973 que establece el control de la contaminación del medio ambiente, la Ley 09 de 1979 donde se establecen los procedimientos y medidas para legislar, regular y controlar las descargas de los residuos y materiales; además indica los parámetros para controlar las actividades que afecten el medio ambiente. También es importante tener en cuenta la Ley 99 de 1993 donde se crea el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial con el cual se definen y establecen las políticas ambientales colombianas.

En el sistema de abatidores y dispersor de finos actualmente no existe un sistema de control que asegure el estado real y las condiciones tanto del proceso como de la maquinaria que los componen.

## **2. PREGUNTA PROBLEMA**

¿Cómo se puede realizar un sistema que permita el control y monitoreo en tiempo real del sistema de abatidores y dispersor de finos?

## **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Las organizaciones actuales poseen un carácter cambiante en función a sus intenciones y objetivos; donde el control automático provee el significado del proceso de producción para asegurar que los productos sean elaborados apropiadamente.

Según los resultados obtenidos últimamente en los programas de mantenimiento y mejoramiento en la planta de Colcerámica Sopó, tales como reducción de averías en los equipos, utilización eficaz de los equipos existentes, promoción y conservación de recursos naturales y ahorro de energía; se ha observado la necesidad de continuar con el mejoramiento y actualización de varios procesos dentro de la planta, entre los que se encuentra el subproceso de atomización en el área de preparación de pasta, en el que además de aumentar su efectividad, se reestructure y centralice el proceso por medio de la actualización y centralización de la unidad de control de abatidores y dispersor de finos, proporcionando como consecuencia el mejoramiento en la operación de las maquinas del sistema de abatidores y dispersor de finos, mejorar el trabajo de los operarios que conforman esta área, además de facilitar la labor de control del sistema.

#### **4. JUSTIFICACIÓN**

La adopción del control automático o la automatización en general es una estrategia clave para la mejora de la productividad en las empresas y también contribuye al logro de los objetivos que de otro modo difícilmente podrían conseguirse, dando competitividad mediante la reducción de costos, ahorro de tiempos, entre muchos otros. De acuerdo a las necesidades en los procesos en Colcerámica se implementan programas de mejoramiento que permiten identificar oportunidades de actualización tecnológica y optimización, además de mejoras ambientales; en este sentido se justifica la readaptación de un sistema de control más eficiente para la operación propia del sistema de abatidores; de allí que se haya aprobado la propuesta de actualización del sistema de control de agua de abatidores y dispersor de finos en el área de preparación de pasta, el cual tiene como valor agregado a estos programas de mejoramiento tecnológico y económico, una mejora ambiental al controlar y disminuir las emisiones generadas en este proceso.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar e implementar el sistema de control de agua de abatidores y dispersor de finos del área de preparación de pasta subproceso de atomización en la empresa Colcerámica planta Sopó, con lo que se mejore y centralice la ejecución de las tareas de operación y monitoreo en el proceso, de acuerdo a las necesidades y planes de mejoramiento que se manejan.

### **5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Instalar un sensor adecuado para el control de nivel del tanque de agua del sistema de abatidores.
- Actualizar y reubicar la cabina del sistema de control según las necesidades y planes de mejoramiento.
- Incluir el sistema de control del tanque de abatidores y dispersor dentro del proceso de centralización de los sistemas de maniobra del subproceso de atomización.
- Controlar y monitorear en tiempo real el estado de operación de las máquinas para el manejo de agua de abatidores y dispersor.
- Maximizar la eficacia del proceso facilitando las labores propias.



## **6. MARCO TEÓRICO**

A continuación se da una explicación general relacionada con los elementos de potencia y control que intervienen en la implementación del proyecto. Cabe anotar que existen múltiples definiciones alusivas a estos elementos.

### **6.1. Automatización Industrial**

La Automatización Industrial es la aplicación de diferentes tecnologías para controlar y monitorear un proceso, maquina, aparato o dispositivo que por lo regular cumple funciones o tareas repetitivas, haciendo que opere automáticamente, reduciendo al mínimo la intervención humana.

Lo que se busca con la Automatización industrial es generar la mayor cantidad de producto, en el menor tiempo posible, con el fin de reducir los costos y garantizar una uniformidad en la calidad.

La Automatización Industrial es posible gracias a la unión de distintas tecnologías, por ejemplo la instrumentación nos permite medir las variables de la materia en sus diferentes estados, gases, sólidos y líquidos, (eso quiere decir que medimos cosas como el volumen, el peso, la presión etc.), la oleohidráulica, la neumática, los servos y los motores son los encargados del movimiento, nos ayudan a realizar esfuerzos físicos (mover una bomba, prensar o desplazar un objeto), los sensores nos indican lo que está sucediendo con el proceso, donde se encuentra en un momento determinado y dar la señal para que siga el siguiente paso, los sistemas de comunicación enlazan todas las partes y los Controladores Lógicos Programables ó por sus siglas PLC se encargan de controlar que todo tenga una secuencia, toma decisiones de acuerdo a una programación pre establecida, se encarga de que el proceso cumpla con una

repetición, a esto se añaden otras tecnologías como el vacío, la robótica, telemetría y otras más. (Crespo, W. 2011).

Figura 1. Esquema sistema automatización



Fuente: <http://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info67/sensores.pdf>

## 6.2. Sistemas de control

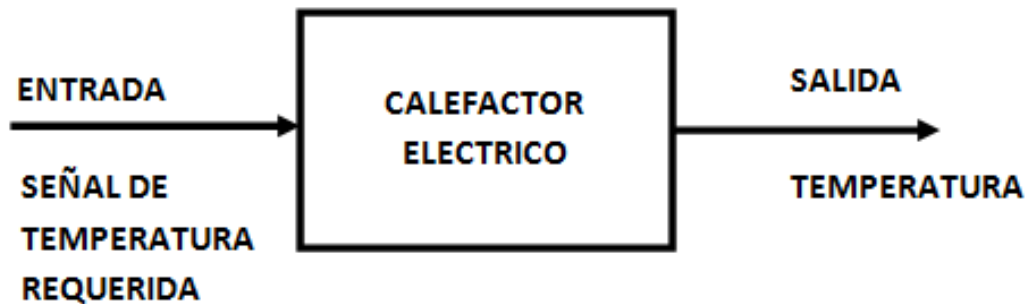
### 6.2.1. Diagramas de bloques

Un diagrama de bloques de un sistema es una representación gráfica de las funciones que lleva a cabo cada componente, un sistema de control puede tener varios componentes. Tal diagrama muestra las relaciones existentes entre los diversos componentes. En un diagrama de bloques se enlazan una con otra todas las variables del sistema, mediante bloques funcionales. El bloque funcional o simplemente bloque es un símbolo para representar la operación matemática que sobre la señal de entrada hace el bloque para producir la salida. (Rocha Nuñez, J. s.f.)

### 6.2.2. Sistema de control en lazo abierto

Con un sistema en lazo abierto la entrada se elige con base en la experiencia que se tiene con dichos sistemas para producir el valor de salida requerido. Esta salida, sin embargo, no se ve modificada por el cambio en las condiciones de operación externas. Así, por ejemplo, un calefactor eléctrico (Figura 2) puede tener un selector que permite elegir una disipación en el elemento calefactor de 1 Kw o 2 Kw. De este modo, la entrada al sistema está determinada por la posición del selector ya sea en 1 Kw o 2 Kw.

*Figura 2. Diagrama de bloques sistema lazo abierto*



*Fuente: El autor*

### 6.2.3. Sistema de control en lazo cerrado

Con un sistema de control en lazo cerrado se tiene una señal de realimentación hacia la entrada desde la salida, la cual se utiliza para modificar la entrada de modo que la salida se mantenga constante a pesar de los cambios en las condiciones de operación (figura 3). El sistema de calefacción con el calefactor eléctrico se puede transformar en un sistema en lazo cerrado si alguien con un termómetro monitorea la temperatura en la habitación y enciende o apaga los elementos calefactores de 1 Kw o 2 Kw para mantener la temperatura de la habitación constante. En esta situación existe la realimentación de una señal a la entrada referente a la temperatura, con lo que la entrada al sistema se ajusta según si su salida es la temperatura requerida o no. Así, la

entrada al calefactor depende de la desviación de la temperatura real con la temperatura requerida. (Rodríguez, Oscar. 2006)

*Figura 3. Diagrama de bloques sistema lazo cerrado*



*Fuente: Modulo del curso Control Analógico Universidad Nacional Abierta y a Distancia*

### **6.3. Acciones de control**

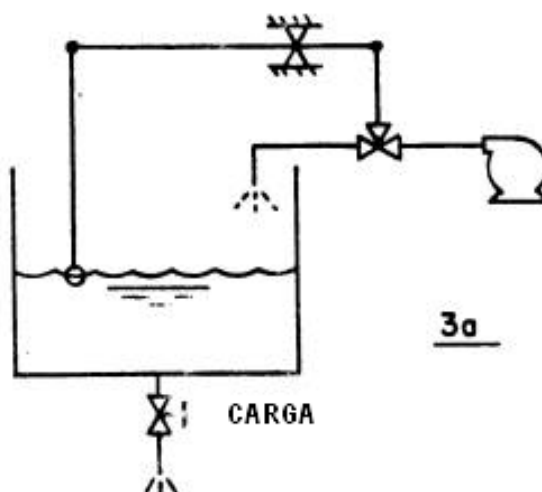
En la automatización industrial se aplican diferentes acciones o técnicas de control propias de la Ingeniería Electrónica de acuerdo a las necesidades y complejidad del proceso a automatizar y de este modo implementar el sistema más adecuado. Dentro de estas técnicas se tiene el control proporcional, control PID, y control on off; entre otras.

### 6.3.1. Control proporcional

Con el control proporcional la salida del sistema es directamente proporcional a su entrada; la entrada es la señal de error, la cual es una función del tiempo.

La figura 4 muestra una válvula directa conectada a un control de nivel en un tanque a media escala. A medida que el nivel del tanque se eleva, el flotador es accionado para reducir el caudal entrante, así, cuanto más alto sea el nivel del líquido mayor será el cierre del ingreso de caudal. De la misma manera, a medida que el nivel cae, el flotante abrirá la válvula para agregar más líquido al tanque.

Figura 4. Acción de control proporcional



Fuente: [http://www.sapiensman.com/control\\_automatico/control\\_automatico.htm](http://www.sapiensman.com/control_automatico/control_automatico.htm)

A medida que el nivel va desde el 0% al 100%, la válvula se desplaza desde la apertura total hasta totalmente cerrada. La función del controlador automático es producir este tipo de respuesta opuesta sobre rangos variables, como agregado, otras respuestas están disponibles para una mayor eficiencia del control del proceso. (Anónimo, 2015)

### 6.3.2. Control PID (Proporcional Integral Derivativo)

Un controlador PID es un mecanismo de control por realimentación ampliamente usado en sistemas de control industrial. Este calcula la desviación o error entre un valor medido y un valor deseado.

Un lazo de control PID está diseñado para eliminar la necesidad de supervisión continua de una operación por parte de los operadores.

Un ejemplo muy sencillo que ilustra la funcionalidad básica de un PID es cuando una persona entra a una ducha. Inicialmente abre la llave de agua caliente para aumentar la temperatura hasta un valor aceptable (también llamado "Setpoint"). El problema es que puede llegar el momento en que la temperatura del agua sobrepase este valor así que la persona tiene que abrir un poco la llave de agua fría para contrarrestar el calor y mantener el balance. El agua fría es ajustada hasta llegar a la temperatura deseada. En este caso, el humano es el que está ejerciendo el control sobre el lazo de control, y es el que toma las decisiones de abrir o cerrar alguna de las llaves; pero no sería ideal si en lugar de del humano, fuera una máquina la que tomara las decisiones y mantuviera la temperatura que deseada?

Esta es la razón por la cual los lazos PID fueron inventados. Para simplificar las labores de los operadores y ejercer un mejor control sobre las operaciones. (Rocatek Automatización, 2015)

### 6.3.3. Control on/ off

Los controladores on/off, o de encendido/apagado son los sistemas de control más básicos. Estos envían una señal de activación (encendido 1 o apagado 0) cuando la señal de entrada es mayor que la señal de referencia.

Un ejemplo del control on-off es una persona que enciende un calefactor eléctrico para obtener la temperatura requerida en una habitación. (Rodríguez, Oscar. 2006)

En este proyecto y con base en el proceso a controlar se aplica la técnica de control tipo on/off; en este tipo de control simplemente se da una señal de encendido (1) o apagado (0) como señal de entrada del sistema y de acuerdo a esto responderá a su vez la señal de salida.

#### **6.4. Controlador lógico programable PLC**

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 industrias automatizadas deben proporcionar alta confiabilidad, gran eficiencia y flexibilidad. Una de las bases principales es un dispositivo electrónico llamado controlador lógico programable (PLC).

Un PLC es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como ser: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos.

También se puede definir como un equipo electrónico, el cual realiza la ejecución de un programa de forma cíclica. La ejecución del programa puede ser interrumpida momentáneamente para realizar otras tareas consideradas más prioritarias, pero el aspecto más importante es la garantía de ejecución completa del programa principal.

Estos controladores son utilizados en ambientes industriales donde la decisión y la acción deben ser tomadas en forma muy rápida, para responder en tiempo real.

Los PLC son utilizados donde se requieran tanto controles lógicos como secuenciales o ambos a la vez. (Departamento de capacitación Automación Micromecánicas.a.i.c, s.f.)

*Figura 5. PLC marca Omron*

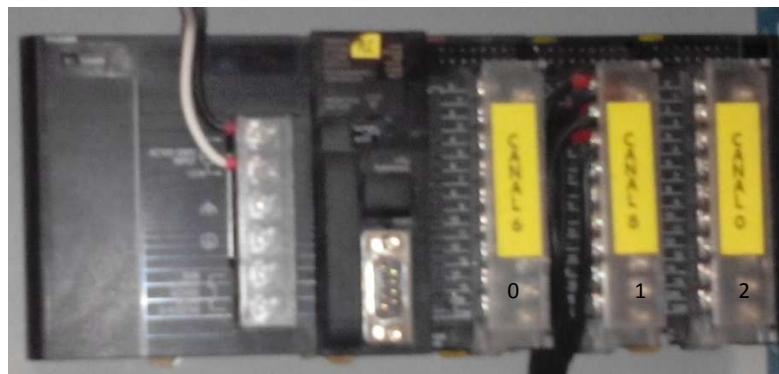


*Fuente: <http://plccompare.com/omron-cj2/>*

El PLC que se utiliza para el sistema de control de abatidores y dispersor es un SYSMAC CJ2M de la casa OMRON; este controlador es bastante completo para aplicaciones industriales donde se pueden manejar señales digitales o analógicas, cuenta con una velocidad de ejecución de datos de 40ns y una amplia capacidad de la memoria de datos.

El SYSMAC CJ2M es de tipo modular lo cual quiere decir que es posible extender el número de elementos a controlar de ser necesario. Se van a utilizar 2 módulos o canales, uno de entrada y uno de salida. El canal de entrada tendrá 16 puertos habilitados, de los cuales 3 quedarán libres para posibles señales adicionales y el canal de salida contará también con 16 puertos, dos de estos libres. Solo se manejarán señales digitales.

*Imagen 1. PLC a utilizar Omron sysmac cj2m*





*Fuente: El autor*

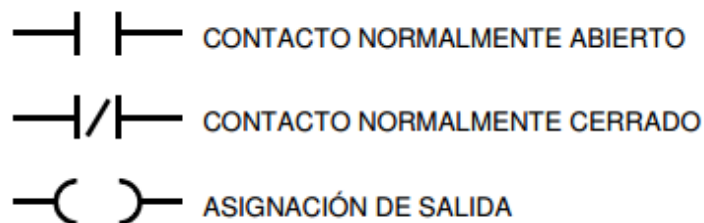
#### 6.4.1. Programación PLC'S

Existen diversos lenguajes de programación para los PLC, pero el llamado Lenguaje en escalera es el más común y prácticamente todos los fabricantes de PLC lo incorporan como lenguaje básico de programación.

➤ Diagrama de contactos (Ladder)

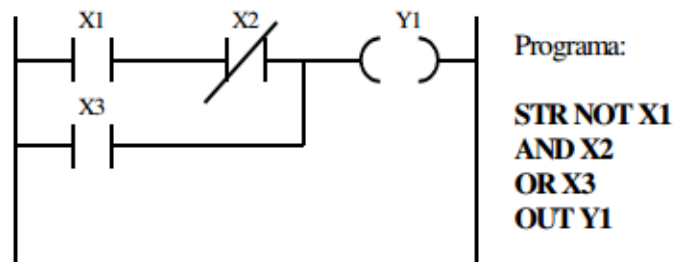
Es un lenguaje gráfico, derivado del lenguaje de relés. Mediante símbolos representa contactos, bobinas, etc. Su principal ventaja es que los símbolos básicos están normalizados según el estándar IEC y son empleados por todos los fabricantes.

*Figura 6. Símbolos básico lenguaje Ladder*



*Fuente: <http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/Diagrama%20Escalera.pdf>*

En estos diagramas la línea vertical a la izquierda representa un conductor con tensión, y la línea vertical a la derecha representa tierra.



Fuente: <http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/Diagrama%20Escalera.pdf>

Con este tipo de diagramas se describe normalmente la operación eléctrica de distintos tipos de máquinas, y puede utilizarse para sintetizar un sistema de control y, con las herramientas de software adecuadas, realizar la programación del PLC. Se debe recordar que mientras que en el diagrama eléctrico todas las acciones ocurren simultáneamente, en el programa se realizan en forma secuencial, siguiendo el orden en el que los "escalones" fueron escritos, y que a diferencia de los relés y contactos reales (cuyo número está determinado por la implementación física de estos elementos), en el PLC se puede considerar que existen infinitos contactos auxiliares para cada entrada, salida, relé auxiliar o interno, etc. (Instrumentación y Comunicaciones Industriales / FI-UNLP)

## 6.5. Electroválvula

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el paso de un fluido por un conducto o tubería. La válvula se mueve mediante una bobina solenoide. Generalmente no tiene más que dos posiciones: abierto y cerrado, o todo y nada. Las electroválvulas se usan en multitud de aplicaciones para controlar el flujo de todo tipo de fluidos.

Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte energía eléctrica, mediante magnetismo, en energía mecánica para actuar la válvula.

Existen varios tipos de electroválvulas. En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula dando la energía necesaria para su movimiento. También es posible construir electroválvulas biestables que usan un solenoide para abrir la válvula y otro para cerrar o bien un solo solenoide que abre con un impulso de corriente y cierra con el siguiente. Estas tienen dos contactos eléctricos, de modo que al cambiar de posición la válvula abre uno de ellos y cierra el otro.

*Figura 7. Electroválvulas para paso de agua*



*Fuente: <http://www.comvalytub.com/Pages/default.aspx>*

En el proyecto se utilizan electroválvula para paso de agua MAC a 110Voltios y con un rango para presión de aire entre 2 y 8 Bar.

## **6.6. Sensores**

Uno de los aspectos de mayor importancia en el área de Automatización Industrial es el tema de los sensores, los cuales juegan un rol primordial en el sistema productivo.

Es posible hacer una analogía con referencia al ser humano que realiza actividades similares; el ser humano puede sentir utilizando sus cinco sentidos, como: mirar, oír, oler, probar y puede tocar y esto le sirve para enviar información al cerebro que es el sistema pensante.

En los procesos industriales los sensores equivalen a los ojos, la boca, la nariz, la lengua y estos sirven para proporcionar información al dispositivo de control que puede ser un PLC; el cual va a hacer las funciones del cerebro.

Se dice entonces que se va a controlar una acción pensando; esto quiere decir que se va a juzgar y decidir y por último vamos a actuar, así como el ser humano que puede mover músculos y esqueleto, es aquí donde encaja el concepto de lo que es el sensor.

En un sistema de control, el sensor se realiza mediante la utilización de elementos tales como: un micro Switch, un limit Switch o sensores que pueden ser del tipo óptico, de proximidad, de color o de cualquier otro tipo de acuerdo a la necesidad de sensado, para controlar el sistema puede utilizar de un nivel básico de elementos tales como: relevos, temporizadores, contadores o más sofisticados como serían un PLC, Microprocesadores, Microcontroladores, así mismo se vale de elementos tales como: motores, solenoides, válvulas y lámparas.

En la realidad, un sensor es un transductor el cual se utiliza para convertir variaciones del tipo mecánico, magnético, térmico, óptico o químico en señales del tipo eléctrico.  
(Calderón, J. 2009)

*Figura 8. Diferentes tipos sensores industriales*



*Fuente: [http://www.proelan.es/proveedores/elec\\_sick.html](http://www.proelan.es/proveedores/elec_sick.html)*

Para el control de llenado del tanque de abatidores, en este proyecto se utiliza un sensor conductivo de nivel de varillas, que determina la apertura o cierre de la válvula de entrada de agua de acuerdo a sus estados, este sensor resulta bastante eficiente para evitar el desbordamiento o vaciado en el tanque asegurando la disponibilidad de agua.

Este sensor se compone de tres varillas conductoras: máximo nivel, mínimo nivel y común y va conectado a un controlador Schneider RM35LM33MW que determina la conmutación de la electroválvula para el llenado del tanque con base en las señales de las varillas al contacto con el agua. El sistema de sensor de llenado opera con una tensión de 120 Voltios AC.

*Imagen 2. Sensor conductivo de varillas borneras de conexión*



*Fuente: El autor*

*Imagen 3. Sensor de nivel de varillas*



*Fuente: El autor*

*Imagen 4. Controlador Schneider RM35LM33MW*



*Fuente: El autor*

## 6.7. Motor eléctrico

Es una máquina eléctrica rotativa, capaz de convertir la energía eléctrica trifásica suministrada, en energía mecánica. La energía eléctrica trifásica origina campos magnéticos rotativos en el bobinado del estator o parte fija del motor. (Prada, M. s.f).

### 6.7.1. Motor trifásico

El motor de corriente alterna trifásico de jaula de ardilla es el motor eléctrico industrial por excelencia. Fuerte, robusto y sencillo, se usa en un gran número de máquinas con un mantenimiento mínimo. (Bordas, J. S.F)

Los motores eléctricos trifásicos, se fabrican en las más diversas potencias, desde una fracción de caballo hasta varios miles de caballos de fuerza (HP), se los construye para prácticamente, todas las tensiones y frecuencias (50 y 60 Hz) normalizadas y muy a menudo, están equipados para trabajar a dos tensiones nominales distintas. Se emplean para accionar máquinas-herramienta, bombas, montacargas, ventiladores, grúas, maquinaria elevada, sopladores, etc. (Prada, M. s.f)

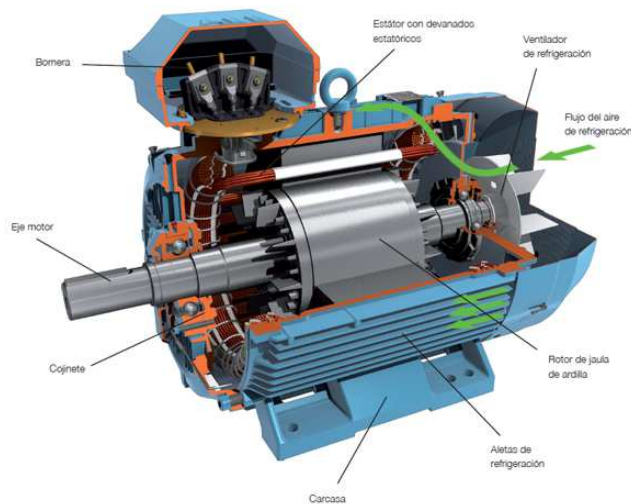
*Figura 9. Motor eléctrico trifásico*



*Fuente: <http://blog.espol.edu.ec/crielectric/files/2011/07/motor.jpg>*



**Figura 10. Partes motor eléctrico trifásico**



Fuente: <http://www.voltimum.es/articulos-tecnicos/motor-asincrono-trifasico-parte-i>

Los motores que intervienen en el proceso a controlar están conforme a la necesidad de potencia del elemento sobre el que actúan; ya sean bombas, agitadores o sistemas de transporte. Los valores nominales de los motores se describen en la tabla 1. Nominal se refiere al valor teórico de operación del motor, el valor real se obtiene realizando mediciones.

**Tabla 1. Valores nominales motores tanque abatidores y dispersor**

MOTOR	TENSIÓN	CORRIENTE	FRECUENCIA
Bombas tanque abatidores	440 Voltios	31.8 Amperios	60 Hertz
Agitador dispersor	440 Voltios	26.5 Amperios	60 Hertz
Tornillo sinfín	440 Voltios	4.3 Amperios	60 Hertz
Ventilador Hidrofiltro	440 Voltios	6.6 Amperios	60 Hertz
Bomba presión	440 Voltios	3.97 Amperios	60 Hertz

Fuente: El autor

Imagen 5. Placas con especificaciones motores tanque abatidores y dispensor



Fuente: El autor

## 6.8. Contactor

Es un mecanismo cuya misión es la de cerrar unos contactos, para permitir el paso de la corriente a través de ellos. Esto ocurre cuando la bobina del contactor recibe corriente eléctrica, comportándose como electroimán y atrayendo dichos contactos.

Partes de que está compuesto:

- Contactos principales: 1-2, 3-4, 5-6.

Tienen por finalidad abrir o cerrar el circuito de fuerza o potencia.

- Contactos auxiliares: 13-14 (NO)

Se emplean en el circuito de mando o maniobras. Por este motivo soportarán menos intensidad que los principales.

- Circuito electromagnético:

Consta de tres partes.-

- 1.- El núcleo, en forma de E. Parte fija.

- 2.- La bobina: A1-A2.

- 3.- La armadura. Parte móvil.

(Vilches, E. s.f)

Figura 11. Contactor



Fuente:

<http://www.upnfm.edu.hn/bibliod/images/stories/xtindustrial/libros%20de%20electricidad/Controles%20Electromecanicos/CONTACTORES%20Y%20ACTUADORES.pdf>

## 6.9. Guardamotores

El guardamotor (también llamado disyuntor magnetotérmico o protector de motor) es un dispositivo de protección contra los cortocircuitos, dentro de los límites de su poder de corte a través de disparadores magnéticos (un disparador por fase). También protegen contra los contactos indirectos. Dependiendo del tipo de circuito que se desee proteger (motor, distribución,...) el umbral de disparo magnético se situará entre 3 y 15 veces la corriente térmica  $I_{th}$ . Dependiendo del guardamotor, dicho umbral de disparo puede ser fijo o ajustable por el usuario.

Todos los guardamotores pueden realizar cortes omnipolares, ya que la puesta en funcionamiento de un sólo disparador magnético basta para abrir simultáneamente todos los polos. Por ello se garantiza la capacidad de seccionamiento

Cuando la corriente de cortocircuito ( $I_{cc}$ ) no es muy elevada, los guardamotores funcionan a mayor velocidad que los fusibles.

Los guardamotores son interruptores que se usan para maniobrar simultáneamente todos los polos de un motor, al mismo tiempo que se le protege contra la destrucción por

fallo del arranque, sobrecarga, disminución de la tensión de la red y avería de un conductor en redes trifásicas. (Manual de consulta Dielectro Industrial 2005).

*Figura 12. Guardamotores marca Hyundai*



*Fuente: <http://www.trikom.com.ar/industria/hyundai.html>*

En este proyecto se manejan contactores y guardamotores marca Hyundai para el accionamiento y protección de los motores respectivamente, de acuerdo a sus valores nominales de corriente y tensión. Ver Tabla 2.

*Tabla 2. Valores nominales motores tanque abatidores y dispersor*

<b>MOTOR</b>	<b>TENSIÓN</b>	<b>CORRIENTE CONTACTOR</b>	<b>CORRIENTE GUARDAMOTOR</b>
Bombas tanque abatidores	440 Voltios	35 Amperios	25-40 Amperios
Agitador dispersor	440 Voltios	35 Amperios	25-40 Amperios
Tornillo sinfín	440 Voltios	25 Amperios	4-6.3 Amperios
Ventilador Hidrofiltro	440 Voltios	25 Amperios	4-6.3 Amperios
Bomba presión	440 Voltios	25 Amperios	6-10 Amperios

*Fuente: El autor*

*Imagen 6. Tipo de Contactores y Guardamotores utilizados*



*Fuente: El autor*

### **6.10. Interruptor automático magnetotérmico**

Es un aparato utilizado para la protección de los circuitos eléctricos, contra cortocircuitos y sobrecargas, en sustitución de los fusibles. Tienen la ventaja frente a los fusibles de que no hay que reponerlos. Cuando desconectan el circuito debido a una sobrecarga o un cortocircuito, se rearman de nuevo y siguen funcionando.

Su funcionamiento se basa en un elemento térmico, formado por una lámina bimetálica que se deforma al pasar por la misma una corriente durante cierto tiempo, para cuyas magnitudes está dimensionado (sobrecarga) y un elemento magnético, formado por una bobina cuyo núcleo atrae un elemento que abre el circuito al pasar por dicha bobina una corriente de valor definido (cortocircuito). (Aparatura de baja tensión. s.f)

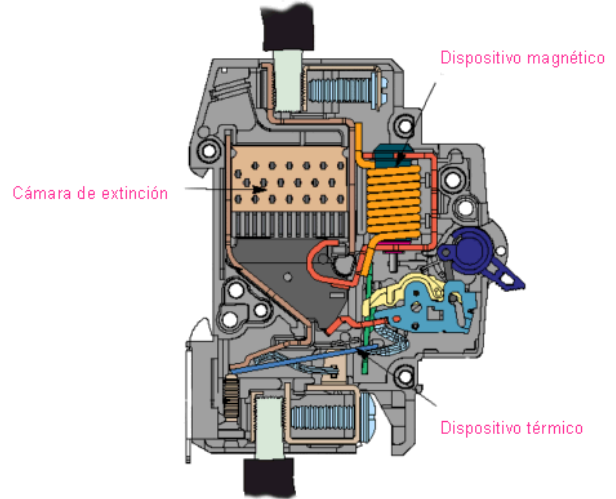
Figura 13. Interruptor magnetotérmico



Fuente:

<http://www.upnfm.edu.hn/bibliod/images/stories/xxtindustrial/libros%20de%20electricidad/Control%20Electromecanicos/CONTACTORES%20Y%20ACTUADORES.pdf>

Figura 14. Vista interna interruptor magnetotérmico

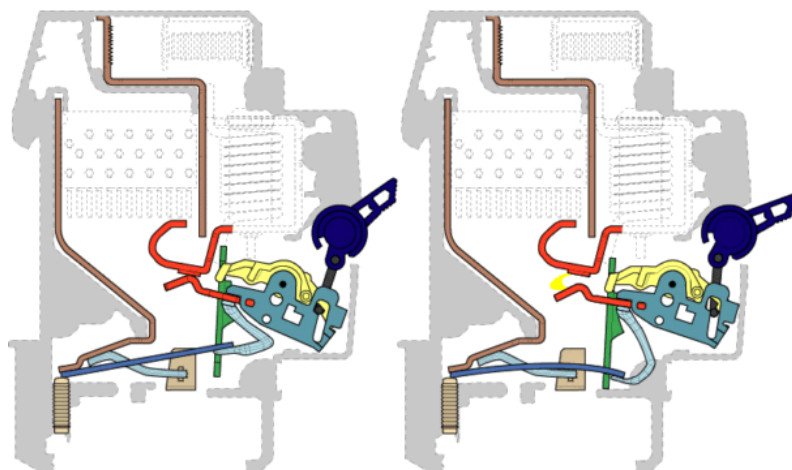


Fuente:

<http://www.tuveras.com/aparamenta/magnetotermico.htm>

En caso de sobrecarga la deformación de la lámina bimetálica provoca la apertura de los contactos.

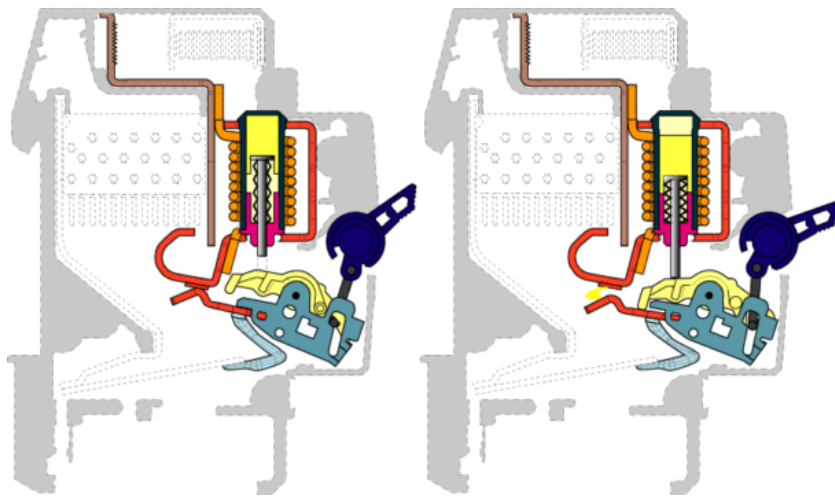
Figura 15. Disparo por sobrecarga



Fuente: <http://www.tuveras.com/aparamenta/magnetotermico.htm>

En caso de cortocircuito la corriente que atraviesa el solenoide tiene una magnitud tal que produce el desplazamiento del núcleo que a su vez provoca la apertura de los contactos

*Figura 16. Disparo por cortocircuito*



Fuente: <http://www.tuveras.com/aparamenta/magnetotermico.htm>

En este proyecto se utilizan interruptores magnetotérmicos de Schneider electric como protección para los elementos de control, operan con una corriente nominal de 1 y 2 Amperios, tensión de 120 Voltios y una curva de disparo de 10 Amperios en corriente alterna.



*Imagen 7. Disparo por cortocircuito*



*Fuente: El autor*

### **6.11. Terminal HMI**

HMI significa “Human Machine Interface”, es decir es el dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina. Tradicionalmente estos sistemas consistían en paneles compuestos por indicadores y comandos, tales como luces piloto, indicadores digitales y análogos, registradores, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban con la máquina o proceso.

En la actualidad, dado que las máquinas y procesos en general están implementadas con controladores y otros dispositivos electrónicos que dejan disponibles puertas de comunicación, es posible contar con sistemas de HMI bastante más poderosos y eficaces, además de permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso o máquinas.

Tipos de HMI:

Descontando el método tradicional, se distinguen básicamente dos tipos de HMIs:



Terminal de Operador, consistente en un dispositivo, generalmente construido para ser instalado en ambientes agresivos, donde pueden ser solamente de despliegues numéricos, o alfanuméricos o gráficos. Pueden ser además con pantalla sensible al tacto (touchscreen).

Para este proyecto se utiliza una terminal HMI NS12-TSO1B-B2 tipo touchscreen de marca Omron; esta terminal opera con una tensión de 24 Voltios corriente continua a 25 Wattios.

#### **6.12. Software HMI:**

Es un programa de computadora destinado para la programación de terminales HMI que permite integrar las siguientes funciones: modo de interfaz gráfica para poder ver el proceso e interactuar con él, registro en tiempo real e histórico de datos, manejo de alarmas. Si bien es cierto sólo con la primera función enunciada es la propiamente HMI, casi todos los proveedores incluyen las otras dos ya sea en el mismo paquete o bien como opcionales.

Al igual que en los terminales de operador, se requiere de una herramienta de diseño o desarrollo, la cual se usa para configurar la aplicación deseada, y luego debe quedar corriendo en el PC un software de ejecución. (Cobo, R. s.f)

La interfaz se desarrolla con el software CX- designer del paquete CX- one de Omron, este es un software propietario y su licencia es pagada por Colcerámica S.A. y se autorizó su utilización por parte de la empresa para el desarrollo de este proyecto.

*Imagen 8. Terminal HMI Omron utilizada*



*Fuente: El autor*

### **6.13. Relevó**

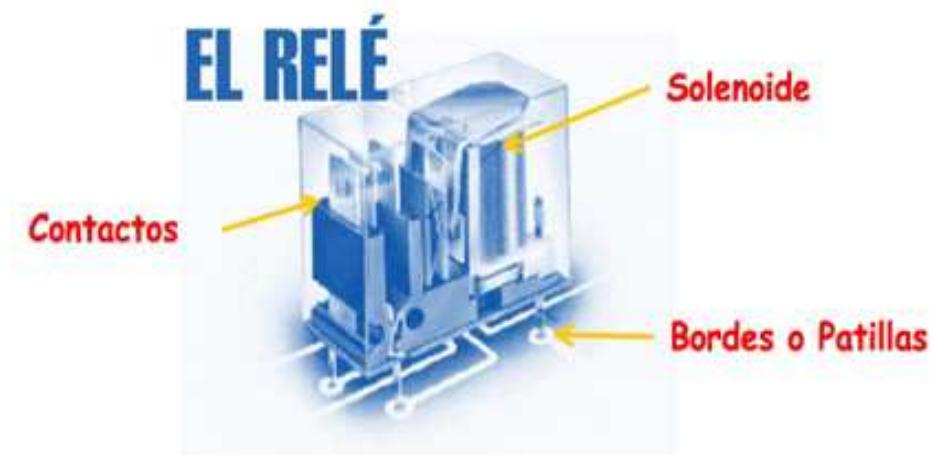
El relé o relevador es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico. Como tal se emplearon en telegrafía, haciendo la función de repetidores que generaban una nueva señal con corriente procedente de pilas locales a partir de la señal débil recibida por la línea. Se les llamaba “relevadores”. De ahí el término “relé”. (Tecnosinergia. Agosto 2014).

Este dispositivo consta de dos circuitos diferentes: un circuito electromagnético (electroimán) y un circuito de contactos, al cual aplicaremos el circuito que queremos controlar.

Su funcionamiento se basa en el fenómeno electromagnético. Cuando la corriente atraviesa la bobina, produce un campo magnético que magnetiza un núcleo de hierro dulce (ferrita). Este atrae al inducido que fuerza a los contactos a tocarse. Cuando la corriente se desconecta vuelven a separarse. (Electrónica fácil).

*Figura 17. Relevó*



*Fuente: <http://www.konstrubotika.com/2o-practica-15-aprendiendo-lo-que-es-un-rele/>*

En el proyecto se utilizan relevos marca Omron a 110 Voltios en corriente alterna.

*Imagen 9. Relevos utilizados*



*Fuente: El autor*

#### **6.14. Variador de frecuencia**

Los variadores de frecuencia son sistema utilizados para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna. Un variador de frecuencia son vertientes de un variador de velocidad, ya que llevan un control de frecuencia de alimentación, la cual se suministra por un motor.

Otra forma en que son conocidos los variadores de frecuencia son como Drivers ya sea de frecuencia ajustable (ADF) o de CA, VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia), micro drivers o inversores; esto depende en gran parte del voltaje que se maneje. (QuimiNet 2011).

El variador utilizado es un Yaskawa P7iQPUMP, este es un variador especial para el control de presión en sistemas de bombeo que opera en conjunto de un transductor de presión; este transductor lo que hace es convertir la presión de bombeo en una señal eléctrica analógica y de este modo controla la presión de acuerdo a la necesidad. Este variador opera con una tensión de 440 Voltios AC y una corriente máxima de 40 Amperios.

*Imagen 10. Variador de frecuencia utilizado*



*Fuente el autor*

#### **6.15. Proceso de fabricación de la pasta atomizada para pavimentos y revestimientos cerámicos**

##### ➤ Preparación de materias primas

En la industria cerámica tradicional las materias primas se suelen utilizar tal y como se extraen de la mina o cantera. Su procedencia natural exige una homogenización previa que asegure la continuidad de sus características (variabilidad).

➤ Molienda

Reduce las dimensiones de un material y produce un diámetro medio de partícula. El aumento de la superficie específica del material eleva la homogeneidad de las masas y favorece reacciones químicas más completas en menos tiempo.

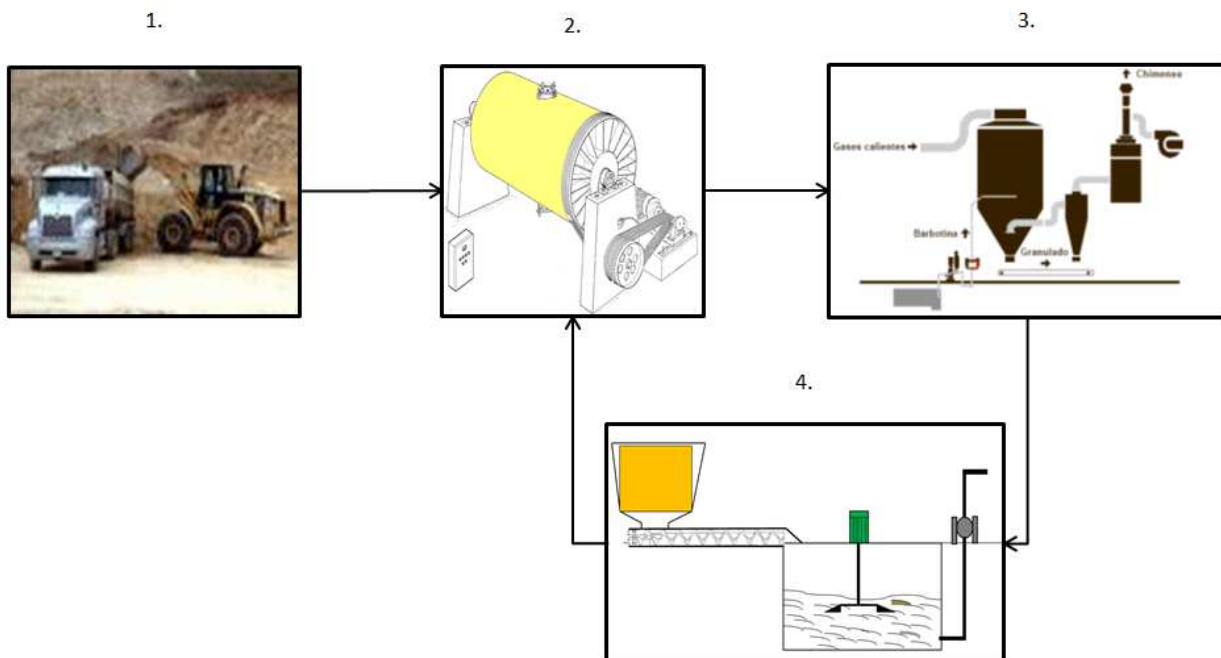
➤ Secado de la pasta por atomización

A la suspensión resultante de la molienda conocida como barbotina se le elimina una parte del agua. La suspensión es pulverizada en finas gotas y entra en contacto con aire caliente, generando granos de diferente tamaño y humedad.

➤ Dispersión de material

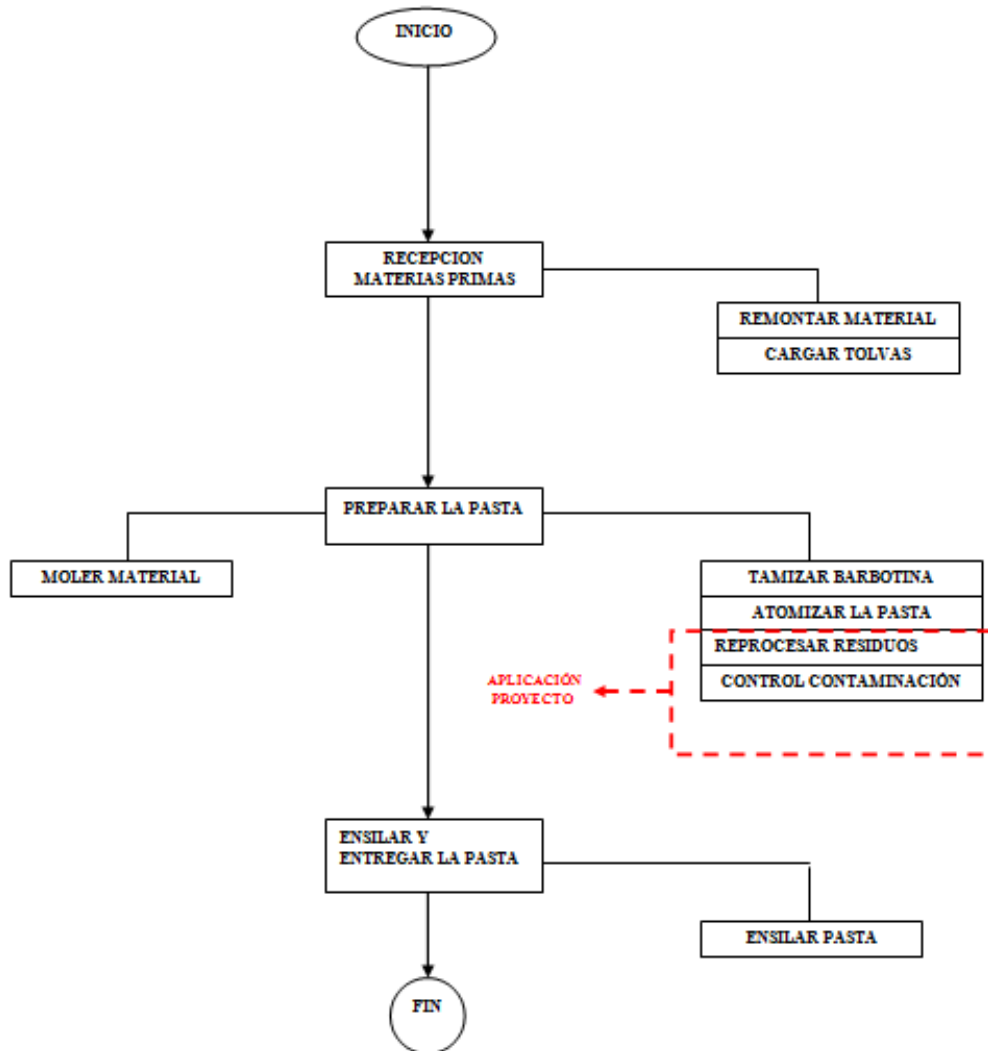
En la etapa de secado por atomización se generan residuos sólidos, los cuales son dispuestos en un depósito subterráneo para mezclarse con agua, luego la mezcla resultante se regresa al proceso combinándose con la barbotina.

*Figura 18. Diagrama proceso preparación pasta*



*Fuente: El autor*

Figura 19. Mapa de nivel 1 proceso preparación pasta



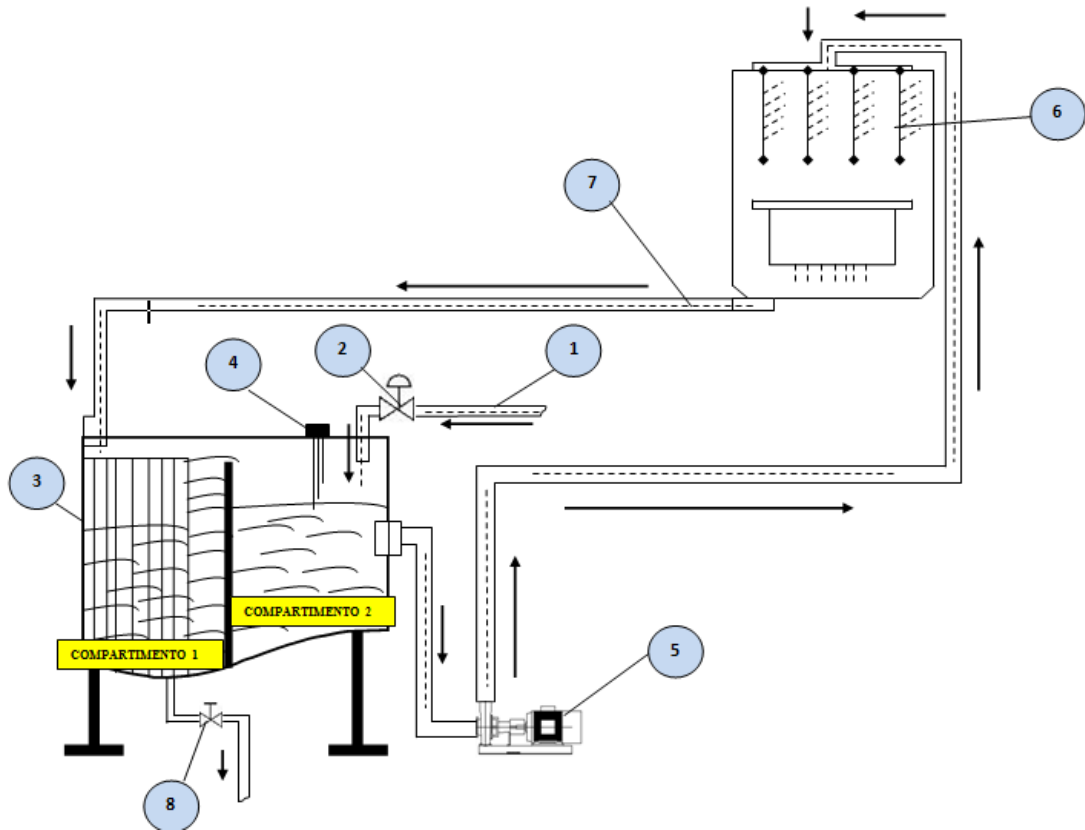
Fuente: Sistema de gestión de calidad Colcerámica planta Sopó 2013

### 6.16. Descripción general principio de operación sistema abatidores y dispersor de finos

➤ Bombeo agua abatidores

El sistema de bombeo de agua de abatidores se encarga de mantener el suministro permanente de agua a los abatidores, haciendo un ciclo cerrado donde el agua que se envía a los abatidores regresa y continúa el ciclo

Figura 20. Operación sistema agua abatidores



Fuente: El autor

Por la tubería de entrada (1) ingresa agua proveniente de la planta de tratamiento, la electroválvula (2) determina el paso de agua al tanque (3) de acuerdo al nivel medido por el sensor (4), la bomba (5) envía agua hacia las lanzas del abatidor (6), luego el agua mezclada con polvo residual (7) del proceso de atomización regresa al primer compartimento del tanque donde se combina gradualmente con agua limpia del segundo compartimento. Con la válvula de purgas (8) se evacúa agua de ser necesario para mejorar sus condiciones.

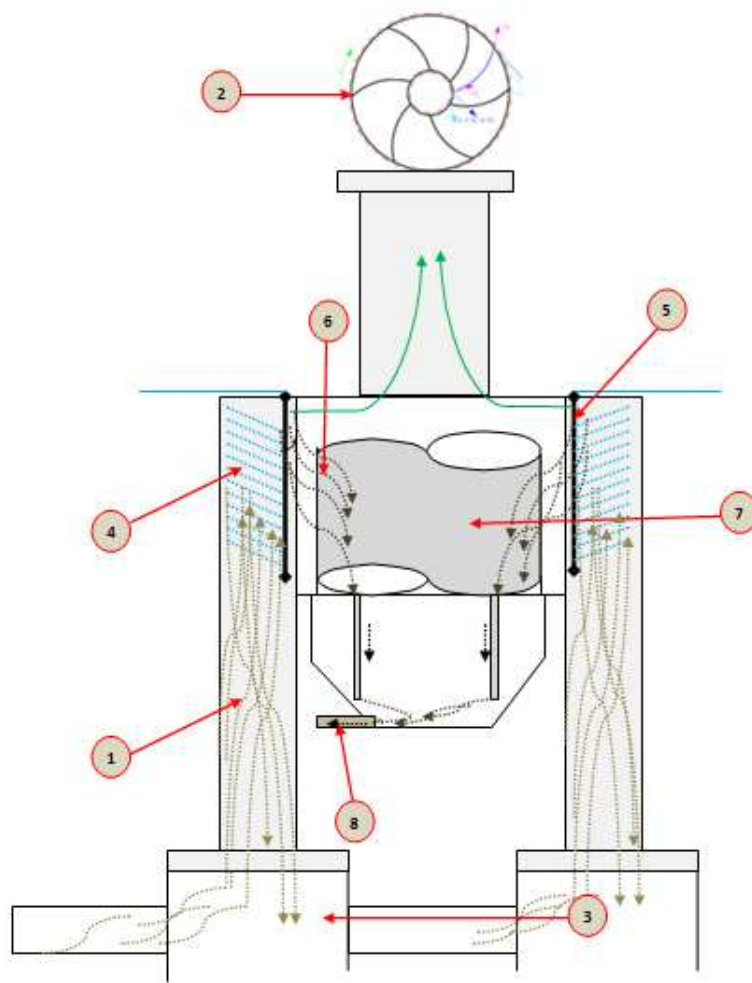
Cabe anotar que en esta descripción se incluye el sensor y la electroválvula que son parte del proyecto.



### ➤ Abatidor de polvo

El abatidor es un equipo de apoyo para el control de las emisiones de material volátil (polvo) producidas en el secado de la pasta por atomización. Este equipo está integrado a cada sistema de secado y se tienen 3 en el área de preparación pasta.

*Figura 21. Principio de funcionamiento abatidor de polvo*



*Fuente: El autor*

*Funcionamiento:* Vapor de agua con polvo generado luego del secado por atomización(1) es succionado por acción de un ventilador (2) para liberarlo en la atmosfera; antes de que este vapor salga, parte del polvo se queda en unos

contenedores denominados ciclones **(3)**, allí esta fracción de polvo se desplaza al fondo por gravedad y se reintegra al proceso; el polvo que no se queda en los ciclones continua moviéndose con el vapor hasta que entra en contacto con una barrera de agua **(4)** que retiene un 80% del polvo presente, luego este polvo se decanta y llega a los ciclones; el polvo se logra retener y desplazar por tener propiedades hidrocópicas (absorbe humedad), la barrera de agua es generada gracias a un conjunto de cuatro lanzas **(5)** con doce boquillas cada una; el área de salida de la boquilla es lo suficientemente reducida como para que el agua salga atomizada.

El agua que va saliendo de las lanzas se mueve hacia el fondo del abatidor con la ayuda de un espiral, ya en el fondo del abatidor el agua sale por un ducto de salida **(8)** hacia el tanque de agua de abatidores.

*Imagen 11. Lanza abatidor y boquillas*



*Fuente: El autor*

*Imagen 12. Abatidor de atomizador*

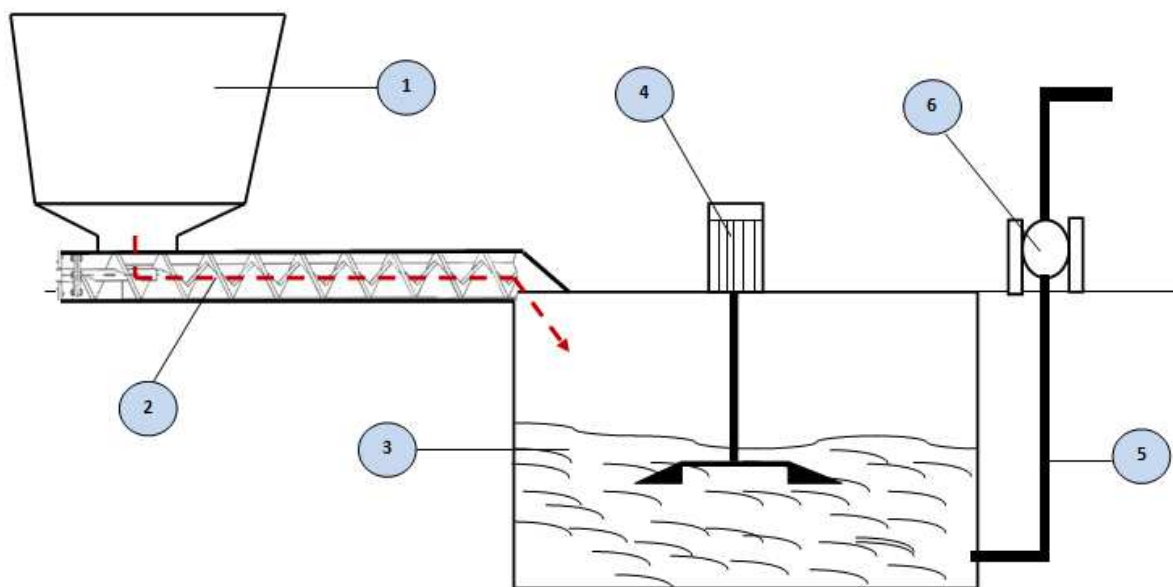


*Fuente: El autor*

➤ Dispensador

En el dispensador de finos se mezcla agua con materiales de residuo y polvo proveniente de los equipos de captación, para obtener barbotina y reintegrarla al proceso.

*Figura 22. Operación Dispensador de finos*



*Fuente: El autor*

El polvo almacenado en la tolva (1) es transportado por un tornillo sin fin (2) hacia el depósito subterráneo (3) donde es mezclada con agua por acción del agitador (4); luego de que se validan sus condiciones, la mezcla es evacuada por el ducto de salida (5) con ayuda de la bomba neumática (6) para reintegrarse nuevamente al proceso general.

## **7. METODOLOGÍA**

Para el desarrollo del proyecto se adoptaron las fases de desarrollo del modelo instruccional ADDIE (Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación), este modelo es un proceso de diseño instruccional interactivo en donde los resultados de la evaluación formativa de cada fase pueden conducir de regreso a cualquiera de las fases previas. El producto final de una fase es el inicio de la siguiente.

Este proyecto es de carácter aplicado y se encuentra inscrito en la línea de investigación “Automatización y herramientas lógicas”; como proyecto de desarrollo tecnológico contribuyendo a la solución de problemas focalizados.

### **7.1. FASE 1: ANÁLISIS**

Inicialmente se tuvo en cuenta las condiciones en las que se encontraba los procesos para el diseño del sistema de control más adecuado.

#### **7.1.1. Abatidores**

La bomba que lleva el agua del tanque a los abatidores debe estar en trabajo constante, el tanque del sistema de abatidores contaba con una forma de llenado y vaciado que se basa en un flotador, que funciona de tal forma que cuando la palanca del flotador se encuentra abajo el tanque se estará llenando y a medida que sube el nivel y la palanca queda casi horizontal, se cierra la válvula de llenado acoplada al sistema de flotador. Esta operación es similar al sistema de descarga de un sanitario.

Este sistema por su operación constante solía presentar los siguientes inconvenientes:

El flotador se quedaba pegado y ocasionaba que el tanque se rebosara y el agua se regara, o que se quedara en su nivel mínimo y la bomba trabajaba en vacío.

Muchas veces la bomba se apagaba ya sea por algún tipo de falla, o luego de una parada del sistema donde no se advirtió verificar su operación; esto provocaba que las lanzas del sistema de abatidores se quedara sin flujo de agua y el nivel de emisiones

aumentara; aunque ocasionalmente se tapaban las boquillas de las lanzas y la cortina de agua no realizaba su función adecuadamente.

➤ Acciones que se realizaron:

Según esto para la optimización de la operación de este proceso se reemplazó el sistema de flotador por un sensor conductivo de nivel de líquidos con lo que se asegure la operación de la bomba, el nuevo sistema de control cuenta con una interfaz donde se monitorea y confirma el estado de la bomba ya sea que se encuentre encendida o apagada.

#### 7.1.2. Dispensor

La adición de agua al dispensador se realizaba de forma manual abriendo y/o cerrando una válvula, se tiene una referencia de la cantidad de agua que se debía agregar para la mezcla, que consistía en que cuando el nivel del agua llegaba a la altura de las aspas del agitador se debía cerrar la válvula. El ingreso de polvo al dispensador se realizaba luego del agua para iniciar la mezcla.

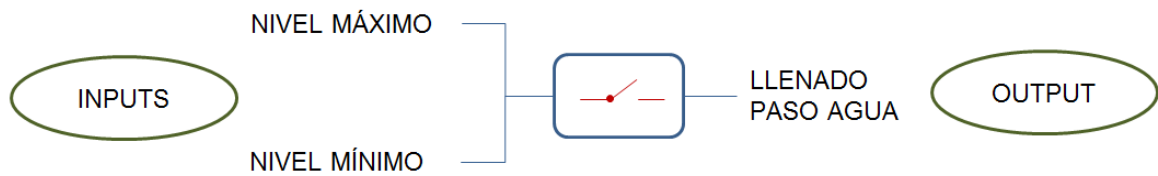
➤ Acciones que se realizaron:

Teniendo en cuenta la situación descrita anteriormente, se reemplazó la válvula de agua manual por una electroválvula que es accionada desde la interfaz de control del sistema según la necesidad, también esta maniobra cuenta con dos modos de accionamiento; automático y manual. En el modo automático se ingresa un tiempo de llenado de agua en minutos donde la electroválvula permite el paso de agua durante el tiempo que se ingrese, evitando rebosamientos por olvido del operario de cerrar la válvula a tiempo.

Se diseñó la interfaz de control para el monitoreo de los elementos que intervienen observando sus estados; on/off.

- Lógica control llenado del tanque:

Figura 23. Lógica control llenado del tanque



Fuente: El autor

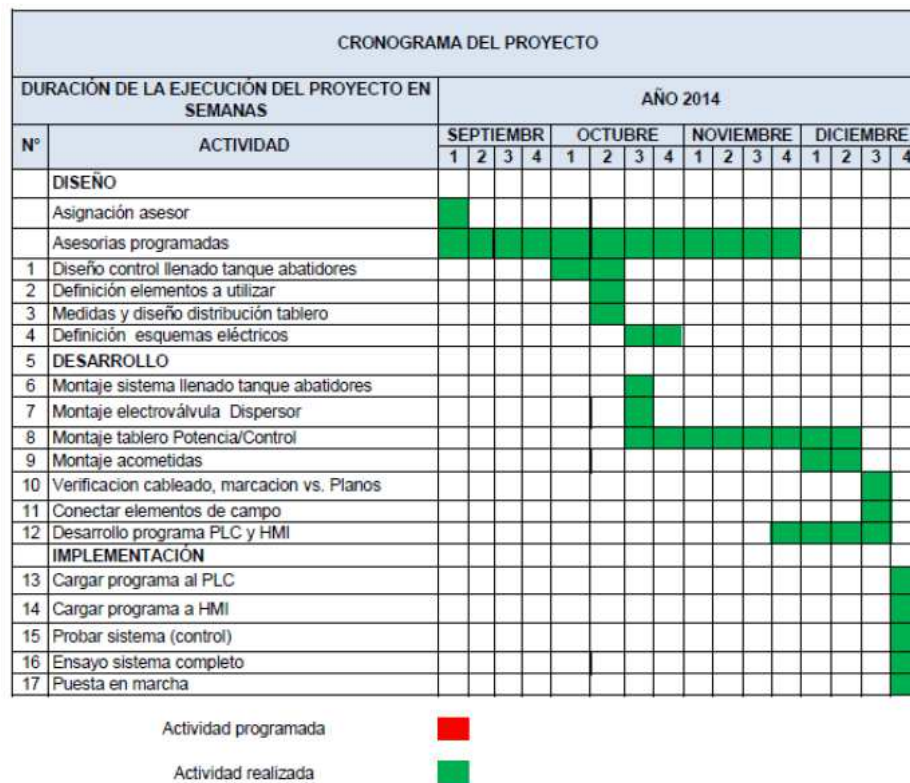
- Tabla estados:

Tabla 3. Tabla estados

INPUTS		OUTPUT
N. MAX	N. MIN.	P. AGUA
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	*

Fuente: El autor

### 7.1.3. Cronograma de actividades



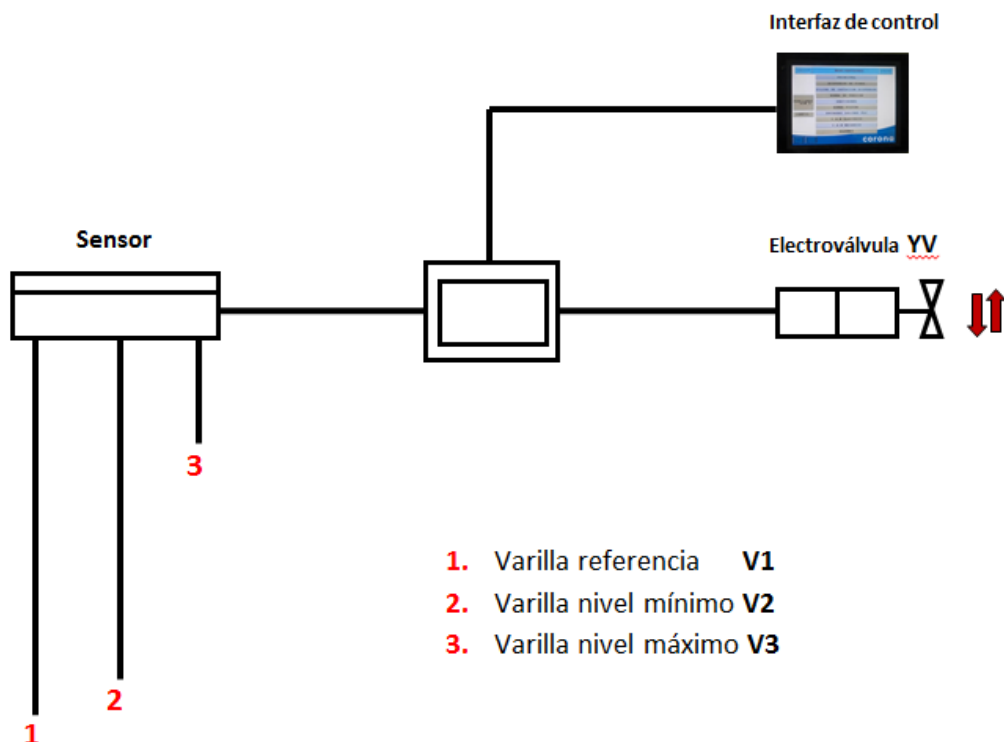


## 7.2. FASE 2: DISEÑO

En primer lugar se tuvo en cuenta que el nuevo control integra la operación del sistema de agua abatidores y el dispersor y se ubicó en el cuarto de control de atomizadores acorde con la centralización de los controles del proceso.

Ahora, con base en las acciones de mejora para el tanque de agua de abatidores se instaló una electroválvula estándar de acuerdo al diámetro del ducto de agua y un sensor conductivo de tres varillas en el tanque. La electroválvula actúa de acuerdo a los estados del sensor, es decir cuando el tanque llega al nivel mínimo permitido dará la señal de activación a la electroválvula para el llenado; y al llegar al nivel máximo dará la señal de desactivación y la electroválvula se cerrará. De este modo se repetirá este ciclo indefinidamente durante la operación del tanque.

*Figura 24. Sistema control llenado tanque agua abatidores*



*Fuente: El autor*

*Tabla 4. Estados accionamiento electroválvula*

V1	V2	V3	YV
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	1	0	1
1	1	1	--

*Fuente: El autor*

Para el caso del dispersor se instaló una electroválvula para controlar la adición de agua a la mezcla por tiempo. El sistema de control de contaminación del dispersor llamado Hidrofiltro no tuvo modificaciones físicas y su control y monitoreo se realiza desde la nueva unidad de control.

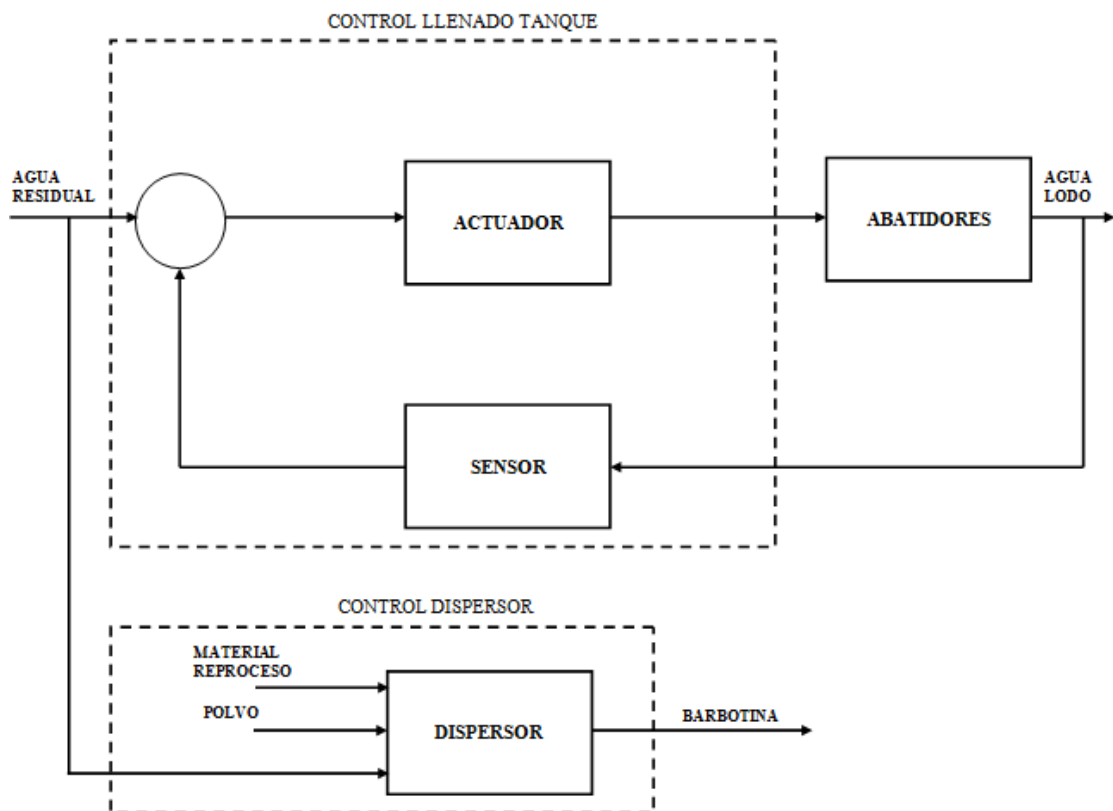
Luego de tener claro los elementos que intervienen; y cuáles de estos se van a cambiar o a mejorar en los procesos, se elaboró el diagrama de bloques del sistema, luego se revisaron y verificaron los elementos de campo (Motores y electroválvulas) y los presentes en el control antiguo, y así se definieron las seguridades y accionamientos adecuados para el nuevo control; además de los elementos que podían seguirse utilizando. Finalmente se elaboraron los esquemas eléctricos para el montaje del tablero.

➤ Diagrama de bloques del sistema

En el proyecto se implementó el control del tanque de agua de abatidores y el dispersor de finos; en la figura 9 se representa el diagrama de bloques de estos sistemas. Para el control de llenado del tanque, la entrada del sistema es agua

llamada residual proveniente de la planta de tratamiento, el actuador permite el paso de agua al tanque dependiendo de la señal del sensor de nivel del tanque, haciendo un lazo cerrado, de acuerdo a la salida del sistema que es agua mezclada con polvo que retorna al tanque. En el caso del dispersor este tiene una entrada de agua residual además de material de reproceso y polvo, la salida es un material líquido (Barbotina) producto de la mezcla de los elementos de entrada.

*Figura 25. Diagrama de bloques sistema control*



*Fuente: El autor*

➤ Elementos que se utilizaron

Para la selección y adecuada distribución de los elementos de protección, control y accionamiento del sistema de control de abatidores y dispersor; se verificaron los valores nominales de tensión y corriente de los elementos de campo. Cabe anotar que la tensión de la red trifásica es de 440VAC.

*Tabla 5. Elementos que se utilizaron*

DESCRIPCION	CANTIDAD
Breaker Hyundai 150 A	1
Repartidor Modular 125 A	1
Guardamotores 6-10 A	3
Guardamotores 4-6.3A	2
Guardamotores 1.6-2.5A	2
Guardamotores 25-40A	3
Contactores Hyundai UM12	5
Contactores Hyundai UM32	2
Contactores Hyundai UM40	1
Variador de frecuencia Yaskawa P7iQPUMP	1
Filtro y reactancia 22Kw	1
Arrancador estático Siemens Sirius 3RW3034-1AB14	1
Interruptores magnetotérmicos bipolares 2A	2
Interruptores magnetotérmicos 1A	5
Bornera 2 pisos	50

Bornera control	40
Bornera a motor	30
Bornera a tierra	20
PLCModularOmron CJ2M-CPU11	1
Módulo de seguridadPizzato	1
Fuente 110-24V	1
Transformador 500VA	1
Supresor 440V	1
Supresor 120V	1
Supresor 24V	1
HMIOmron NS-12TS9B19-V2	1
RelevosOmron110V	3
Pulsador N/A	1
Hongo emergencia	1
Cable AWG 8	200m
CableAWG 14	300m
CableAWG 16	300m
CableAWG18	200m
Cable AWG 20	300m
Electroválvulas	2
Sensor de varillas	1

*Fuente: El autor*

El variador utilizado es un Yaskawa P7 iQPUMP, este es un variador especial para el control de presión en sistemas de bombeo que opera en conjunto de un transductor de presión; opera con una tensión de 440 Voltios AC y una corriente máxima de 40 Amperios.

*Este fue el único elemento que se mantuvo del control que existía para el nuevo control, ya que este se encontraba en perfectas condiciones, cumple con los requerimientos necesarios para el nuevo diseño y por lo que no se justificaba una nueva inversión en un elemento tan costoso y que aún no ha cumplido su vida útil.*

*Imagen 13. Variador utilizado*



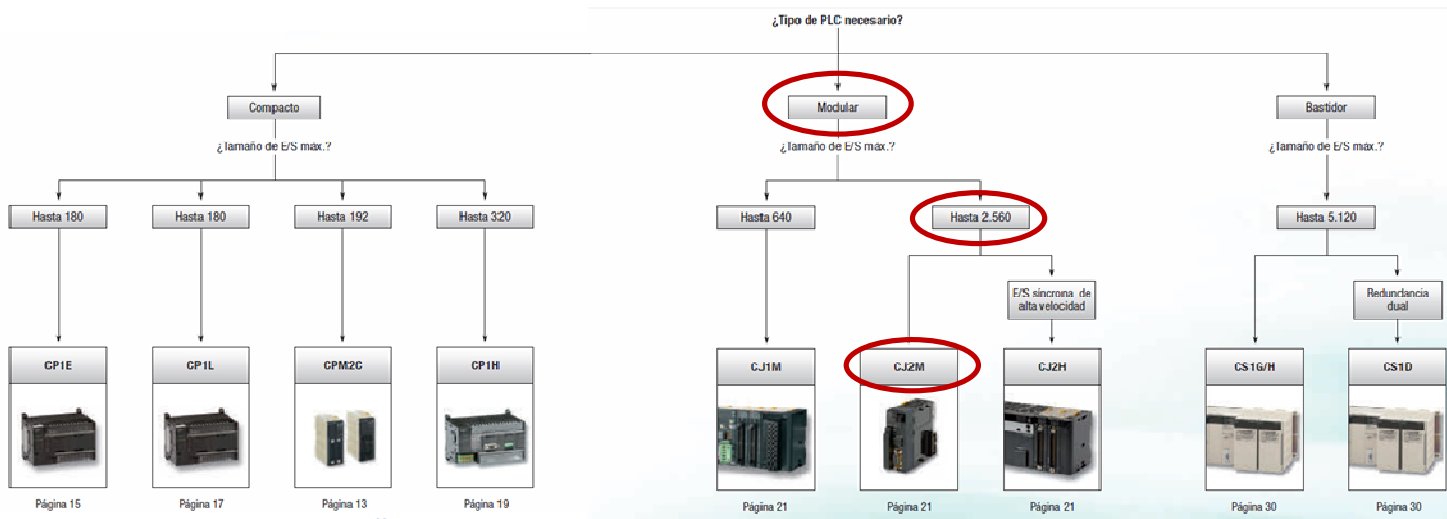
*Fuente: El autor*

## Selección PLC

El PLC que se utiliza para el sistema de control de abatidores y dispersor es un SYSMAC CJ2M de la casa OMRON; este controlador es bastante completo para aplicaciones industriales donde se pueden manejar señales digitales o analógicas,

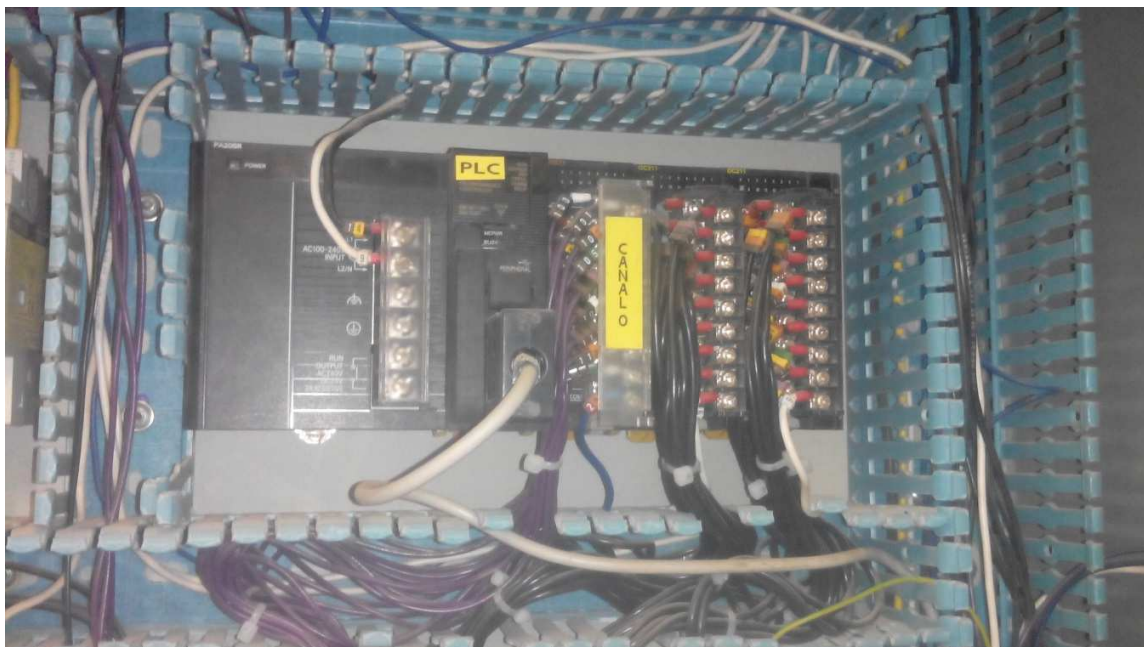
cuenta con una velocidad de ejecución de datos de 40ns y una amplia capacidad de la memoria de datos.

Figura 26. Diagrama tipos de PLC's



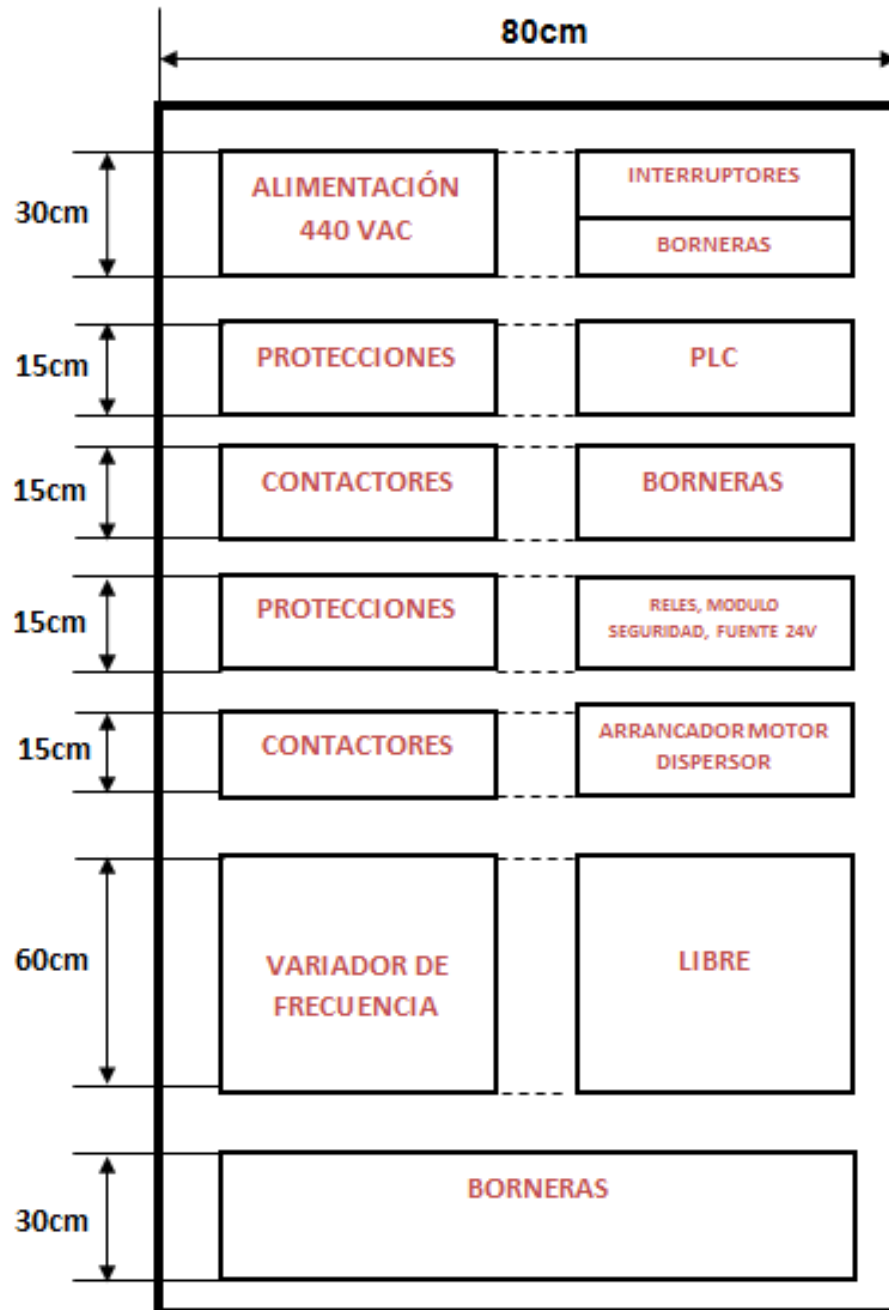
Fuente: [https://www.interempresas.net/VeriaVirtual/Catalogos\\_y\\_documentos/8126/Y205-ES2-06-IndAutomGuide2012.pdf](https://www.interempresas.net/VeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/8126/Y205-ES2-06-IndAutomGuide2012.pdf)

Imagen 14. PLC utilizado



Fuente: El autor

➤ Distribución tablero eléctrico



En esta etapa se desarrollaron los esquemas eléctricos del sistema (ver Anexo1)



### 7.2.1. Recurso humano y presupuesto

En las fases de desarrollo e implementación de este proyecto se contó con el apoyo permanente de técnicos del área de mantenimiento eléctrico de la sección de preparación de pasta, quienes con su apoyo y experiencia contribuyeron en gran medida para la realización de este proyecto, la duración de desarrollo, implementación y puesta en marcha del sistema completo fue de 3 meses y las cargas laborales se distribuyeron teniendo en cuenta que cada técnico trabaja 48 horas semanales pero se utilizó un 37% de la capacidad de la siguiente manera:

*Tabla 6. Carga laboral y costos*

<b>CARGO /CANTIDAD</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>COSTO MENSUAL</b>
Técnico de mantenimiento eléctrico / 1	2 a 3 horas diarias x 3 meses	\$ 600.000=
Practicante Sena mantenimiento eléctrico / 1	2 horas diarias x 1 mes	\$ 134.000=
Contratistas externos para montaje de acometidas	5 horas diarias x 3 semanas	\$ 520.000=

*Fuente: El autor*

*Tabla 7. Costos insumos*

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO</b>
Breaker Hyundai 150 A	1	\$ 185.000
Repartidor Modular 125 A	1	\$ 44.930
Guardamotores 6-10 A	3	\$ 502.200
Guardamotores 4-6.3A	2	\$ 364.000
Guardamotores 1.6-2.5A	2	\$ 165.600
Guardamotores 25-40A	3	\$ 541.116
Contactores Hyundai UM12	5	\$ 180.000
Contactores Hyundai UM32	2	\$ 365.600
Contactores Hyundai UM40	1	\$ 117.300
Variador de frecuencia Yaskawa P7iQPUMP	1	\$ 5'556.060
Filtro y reactancia 22Kw	1	\$ 1'800.218
Arrancador estático Siemens Sirius 3RW3034-1AB14	1	\$ 500.000
Interruptores magnetotérmicos bipolares 2A	2	\$ 157.800
Interruptores magnetotérmicos 1A	5	\$ 300.000
Bornera 2 pisos	50	\$ 300.000
Bornera control	40	\$ 84.800
Bornera a motor	30	\$ 63.600
Bornera a tierra	20	\$ 42.400
PLC Modular Omron CJ2M-CPU11	1	\$ 3'157.726
Módulo de seguridad Pizzato	1	\$ 874.000
Fuente 110-24V	1	\$ 450.000
Transformador 500VA	1	\$ 110.264

Supresor 440V	1	\$ 512.000
Supresor 120V	1	\$ 367.000
Supresor 24V	1	\$ 324.000
HMI Omron NS-12TS9B19-V2	1	\$ 6'899.673
Relevos Omron 110V	3	\$ 151.710
Pulsador N/A	1	\$ 60.000
Hongo emergencia	1	\$ 63.810
Cable AWG 8	200m	\$ 520.000
Cable AWG 14	300m	\$ 720.000
Cable AWG 16	300m	\$ 720.000
Cable AWG 18	200m	\$ 480.000
Cable AWG 20	300m	\$ 720.000
Electroválvulas	2	\$ 398.000
Sensor de varillas	1	\$ 465.000
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 28'263.807</b>

*Fuente: El autor*

### 7.3. FASE 3: DESARROLLO

#### 7.3.1. Montaje

Luego de tener definida la distribución de los elementos para el tablero eléctrico y los esquemas de conexión de la parte de potencia y control, se procedió a realizar el montaje de los elementos:

➤ Tanque de agua abatidores

Inicialmente se realizó la instalación del sensor de varillas y la electroválvula para el control de llenado del tanque de abatidores; también la electroválvula para el llenado del dispersor.

El controlador del sistema se instaló dentro de una caja de distribución, se dejaron algunas borneras adicionales para una posible expansión; luego se configuró y se conectó al sensor y a la electroválvula, se energizó y se realizaron las pruebas de ajuste y sensibilidad para la adecuada operación de este sistema

*Imagen 15. Instalación controlador sistema de llenado tanque agua abatidores*



*Fuente: El autor*

El sensor de varillas se montó a la altura del ducto de llegada de agua limpia para el llenado del tanque, ajustándolo de tal forma que los niveles máximo y mínimo queden de tal forma que el tanque no se vaya a rebosar y que la bomba no quede en vacío por falta de agua.

*Imagen 16. Montaje sensor electroválvula*



*Fuente: El autor*

➤ Llenado dispensador de finos

La electroválvula para el llenado programado del depósito del dispensador se adaptó en paralelo a la válvula manual que se tenía, considerando que esta válvula manual puede ser útil en algún momento. La electroválvula se conectó y se energizó para realizar algunas pruebas manuales de su accionamiento (más adelante se probó desde el sistema de control).

En este punto cabe anotar que el área de preparación pasta es bastante contaminada; por lo tanto, luego de algunas horas de haber puesto los elementos nuevos, estos ya mostraban bastante suciedad.

*Imagen 17. Montaje electroválvula agua dispersor*



*Fuente: El autor*

➤ Tablero eléctrico distribución control/potencia

Luego, para el tablero eléctrico se montaron las canaletas para el cableado y las regletas para poner los elementos con base en la disposición propuesta en la fase de diseño, posteriormente se procedió al montaje de los elementos y su cableado de acuerdo a los colores definidos según el reglamento técnico de instalaciones eléctricas. Primero se situaron los elementos definidos, como Breaker principal, repartidor, Guardamotors y contactores en la parte izquierda que corresponde a potencia.



A la derecha que corresponde a control se situaron Interruptores magnetotérmicos, borneras de conexión y PLC inicialmente.

Luego de esto se inició con el cableado de la parte de potencia con cable AWG 14 de acuerdo a lo establecido en el reglamento técnico de instalaciones eléctricas, donde se define que para tensiones nominales de 480-440 Voltios para las tres fases (línea de alimentación trifásica) se utilizan hilos o cables de color café, naranja y amarillo respectivamente. AWG se refiere a la referencia del diámetro del conductor (cable) de acuerdo a la corriente que conduce.

*Imagen 18. Montaje breaker línea trifásica, repartidor, seguridades, contactores y PLC*



*Fuente: El autor*

En la puerta de la cabina se montó la pantalla (HMI) y sobre las esquina superiores de esta se montaron también el pulsador de reset y el hongo de seguridad

*Imagen 19. Montaje pantalla, hongo de seguridad y pulsador de reset*



*Fuente: El autor*

Luego de terminar con el cableado de la parte de potencia se procedió a instalar las borneras de salida.

*Imagen 20. Proceso de montaje sistema control abatidores y dispersor*

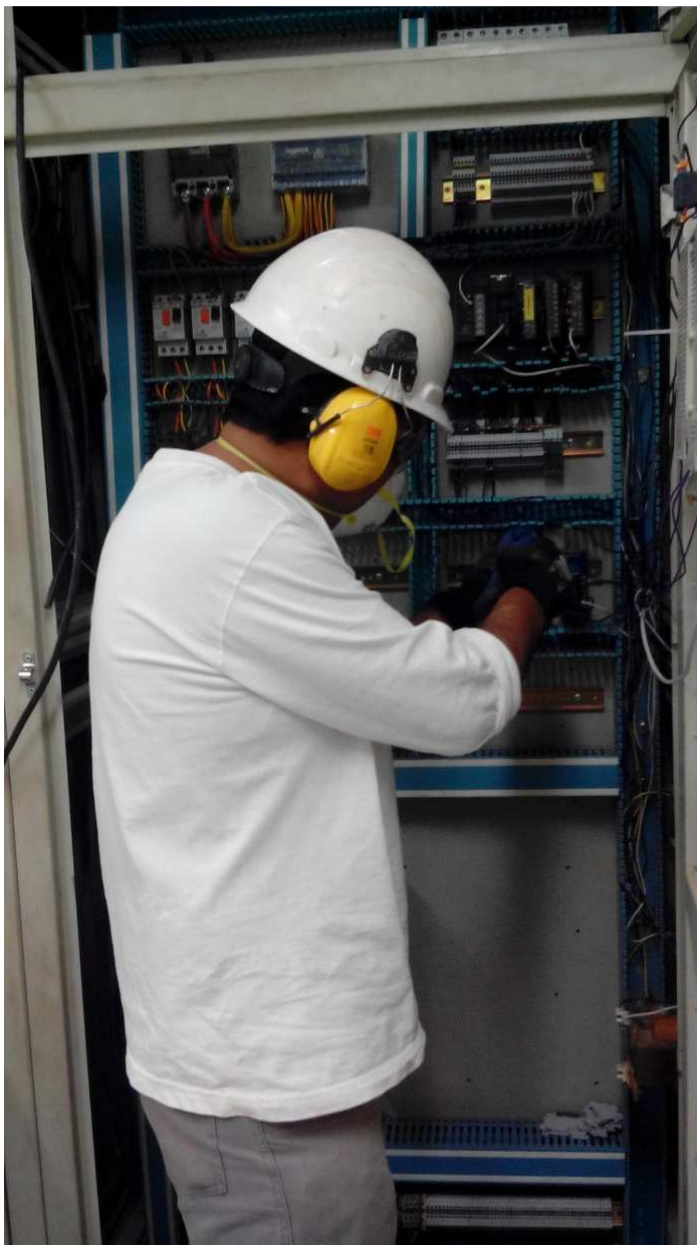


*Fuente: El autor*



Lo siguiente fue proceder al cableado de la parte de control para esto se utilizó cable AWG 20 de colores morado para las entradas del PLC y negro para las salidas, para la alimentación de 110V negro y blanco para fase y neutro respectivamente .

*Imagen 21. Cableado elementos de control*



*Fuente: El autor*

Para la comunicación del PLC con la pantalla se utilizó cable de comunicación serial con conectores DB9, para los botones de seguridad (Hongo y reset) y la alimentación se utilizó cable AWG 20.

*Imagen 22. Conexión módulo de seguridad y comunicación HMI-PLC*



*Fuente: El autor*

Para el tendido de la acometida de alimentación de 440VAC se utilizaron canaletas tipo rejilla, del mismo modo para el cableado que llega a los elementos de campo (Motores y Electroválvulas).

*Imagen 23. Canaleta cableado control a elementos de campo*



*Fuente: El autor*

En las canaletas se distribuyeron los cables que se conectan del sistema de control a los motores del dispersor y a las bombas del tanque de abatidores, así como a la electroválvula de llenado del dispersor.

*Imagen 24. Canaleta cableado control a elementos de campo*



*Fuente: El autor*

Para los motores del dispersor se utilizó cable con recubrimiento de caucho AWG 8 y la electroválvula AWG 12.

*Imagen 25. Cableado dispersor de finos*



*Fuente: El autor*



Las bombas del tanque de abatidores se conectaron con cable AWG 8 apantallado; esto es que posee un recubrimiento especial resistente a la humedad, las electroválvulas se conectaron con cable AWG 12 con recubrimiento de caucho.

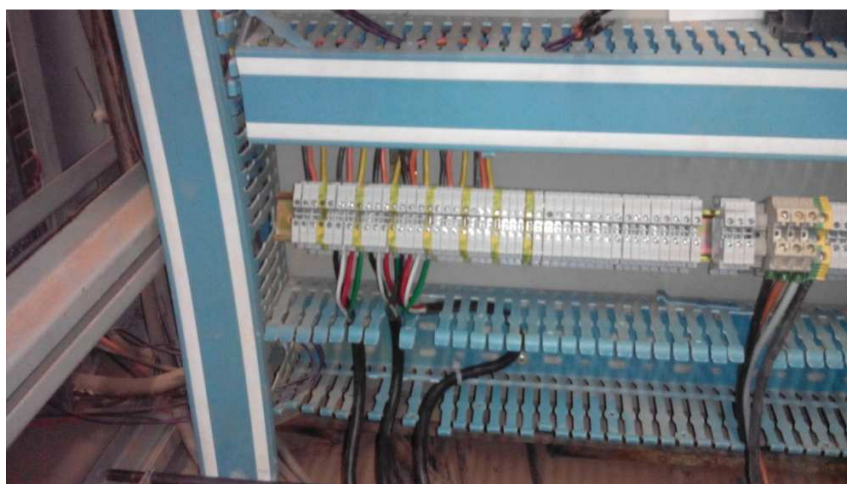
*Imagen 26. Cableado tanque abatidores y bombas*



*Fuente: El autor*

Antes de conectar el tablero de control de las borneras de salida a los elementos de campo, se procedió a testear la conexión de los elementos; es decir se probó que las conexiones coincidían con sus respectivos circuitos de accionamiento.

*Imagen 27. Borneras de Salida tablero*



*Fuente: El autor*

*Imagen 28. Prueba conexiones*



*Fuente: El autor*

Finalmente se instaló y conectó el variador de frecuencia que controla la presión de las bombas de abatidores. Teniendo en cuenta que en la fase de diseño dentro de la distribución del tablero del sistema se dejó un espacio libre, este se aprovechó para el montaje de un arrancador suave para el encendido del motor de una bomba de barbotina que hace parte del proceso de atomización.

*Imagen 29. Conexión variador de frecuencia y arrancador*



*Fuente: El autor*

*Imagen 30. Montaje final cabina control abatidores y dispersor*



*Fuente: El autor*

Luego de tener los elementos físicos o hardware del sistema, se procedió a realizar la lógica de control para la operación; para esto se utilizó CXprogramer; que es el software de programación para todas las series de PLC de la marca Omron.

Para el diseño y programación de la interfaz de control se utilizó CXdesigner que es el software HMI para terminales programables Omron NS de 5,7 a 12,1 pulgadas.

### 7.3.2. Programa PLC

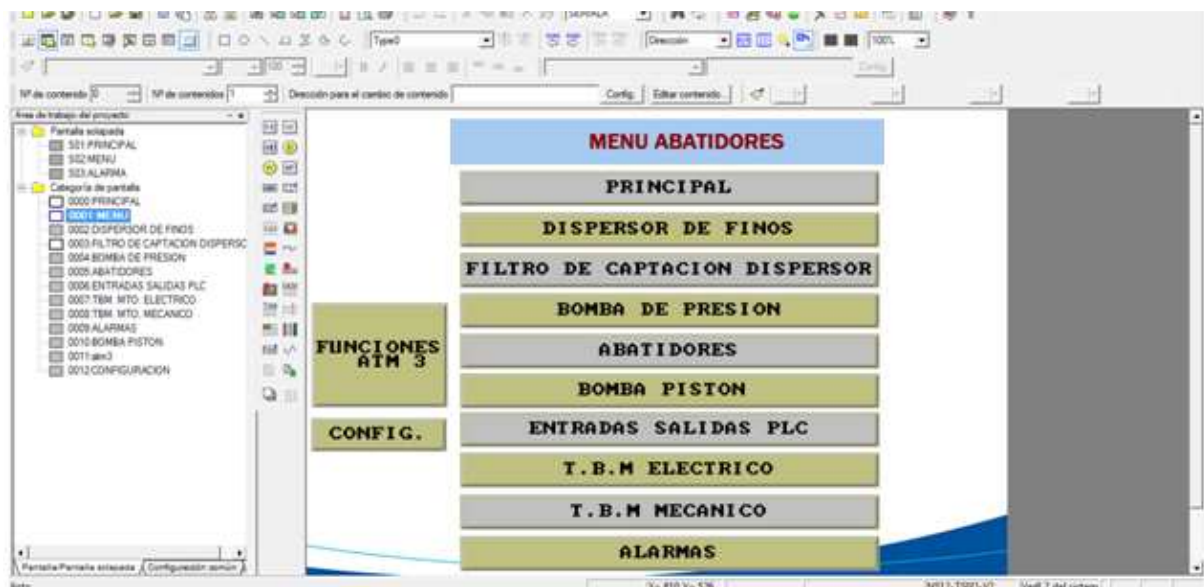
La lógica de control del sistema se realizó en lenguaje ladder, que es el lenguaje de programación más utilizado para PLC's; este un lenguaje gráfico basado principalmente en símbolos que representan contactos, bobinas y algunas otras funciones. Se utilizaron diferentes bloques o funciones propias del software CXprogramer para optimizar la respuesta del programa.

El programa principal se divide en diferentes subrutinas asociadas al control de cada máquina para el encendido y apagado de motores y electroválvulas, ajustes de temporizadores y las demás funciones que componen los procesos controlados. (Para mayor información remitirse al Anexo 2).

#### ➤ Diseño interfaz

El diseño de la interfaz de control para la terminal HMI se desarrolló en CXdesigner de Omron, en el proyecto de la interfaz se fueron creando las diferentes secciones asociadas a cada subproceso.

*Imagen 31. Diseño interfaz de control sistema abatidores y dispensor Menú principal*

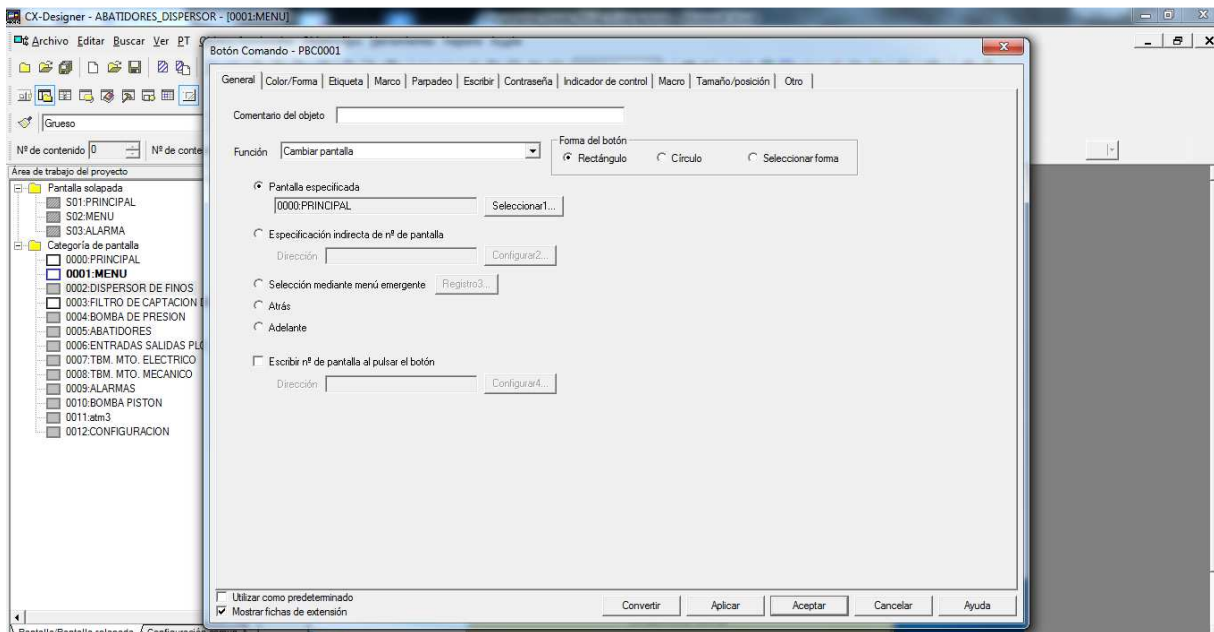


*Fuente: El autor*



Cada botón creado tiene una función definida ya sea para cambios de pantalla o para ejecutar alguna maniobra el proceso.

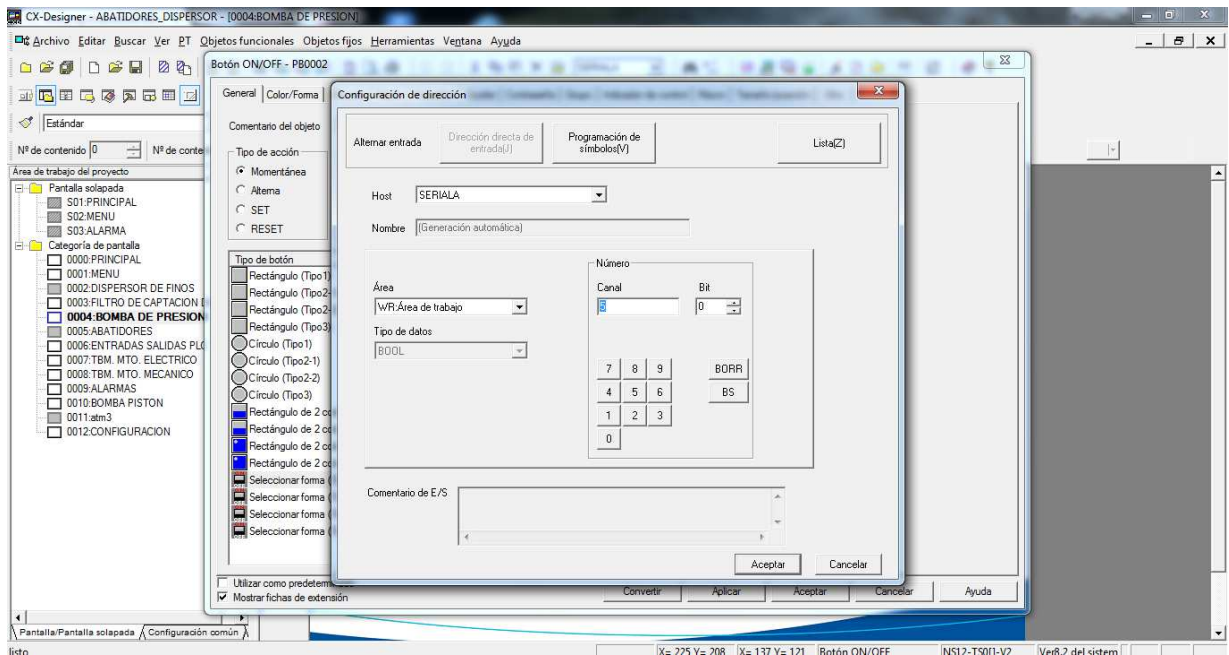
*Imagen 32. Diseño interfaz de control sistema abatidores y dispensor función botón*



*Fuente: El autor*

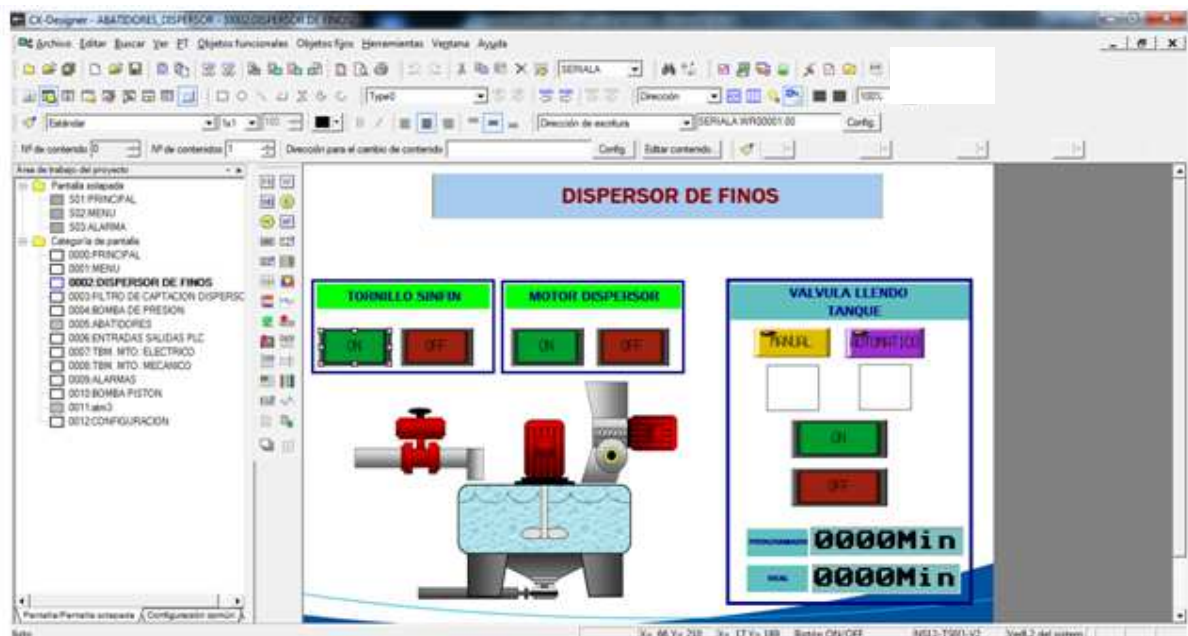
Cada botón que ejecuta una acción, está asociado a una misma dirección o ruta respectiva en el PLC; por ejemplo, si pulso un botón de encendido en pantalla esta enviará la respectiva señal al PLC que es el que realiza las acciones de control del sistema

Imagen 33. Diseño interfaz de control sistema abatidores y dispersor dirección y destino botón



Fuente: El autor

Imagen 34. Diseño interfaz de control sistema abatidores y dispersor Menú Dispersor



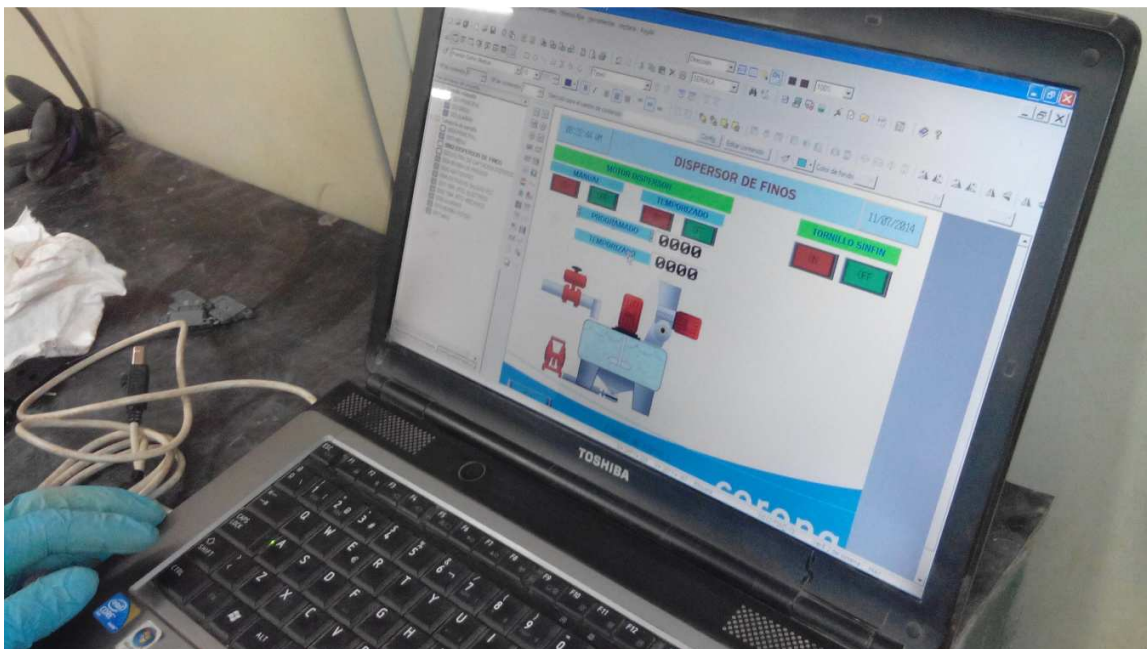
Fuente: El autor

#### 7.4. FASE 4:IMPLEMENTACIÓN

En esta fase se procedió a cargar el programa del PLC y el de la pantalla respectivamente y se realizaron las respectivas pruebas para la puesta en marcha del sistema.

Mediante comunicación serial se transmitió la lógica de control del computador al PLC y a la pantalla.

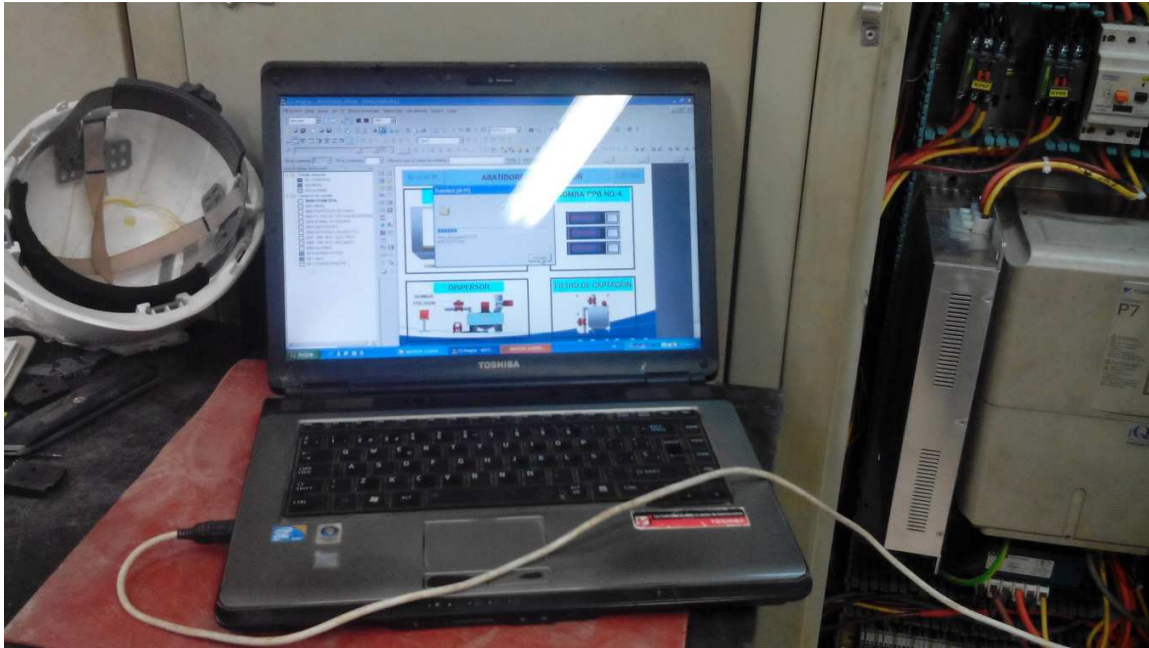
*Imagen 35. Transferencia programa PLC y HMI*



*Fuente: El autor*

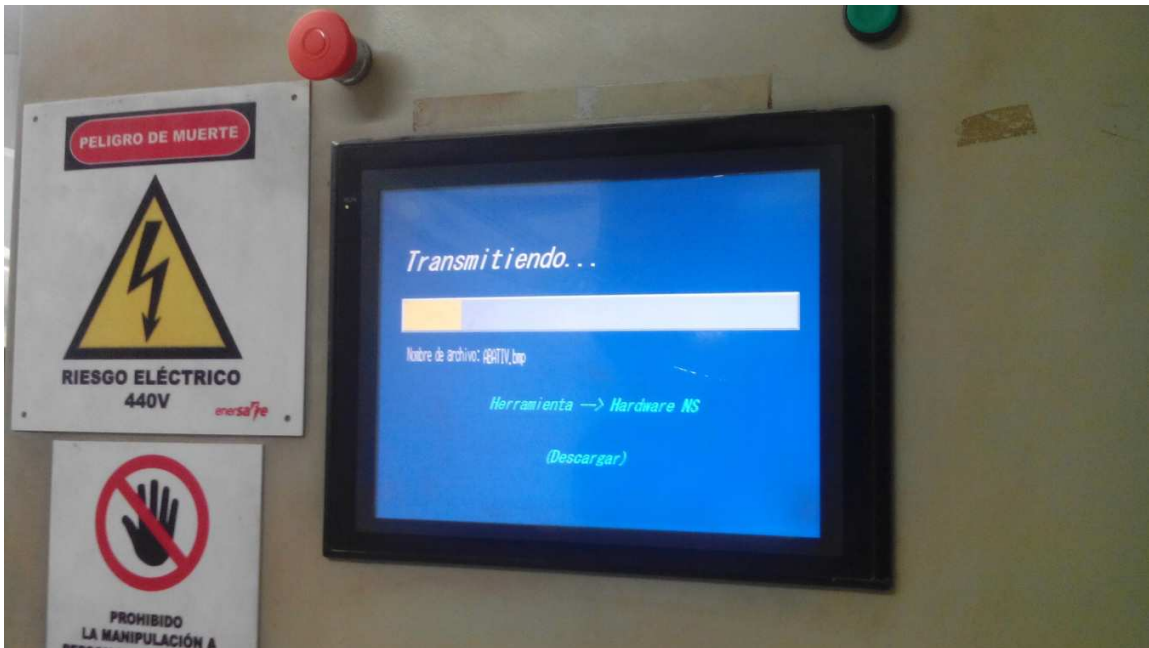
Al cargar el programa se muestra una ventana de progreso de la transmisión, el programa no termina de cargar y se muestra un mensaje de error; luego de revisar la posible falla se ajusta el tiempo de transmisión de los datos y se corrige el error, ya con esto se carga el programa sin problema.

*Imagen 36. Transferencia programa PLC y HMI*



*Fuente: El autor*

*Imagen 37. Transferencia programa PLC y HMI*

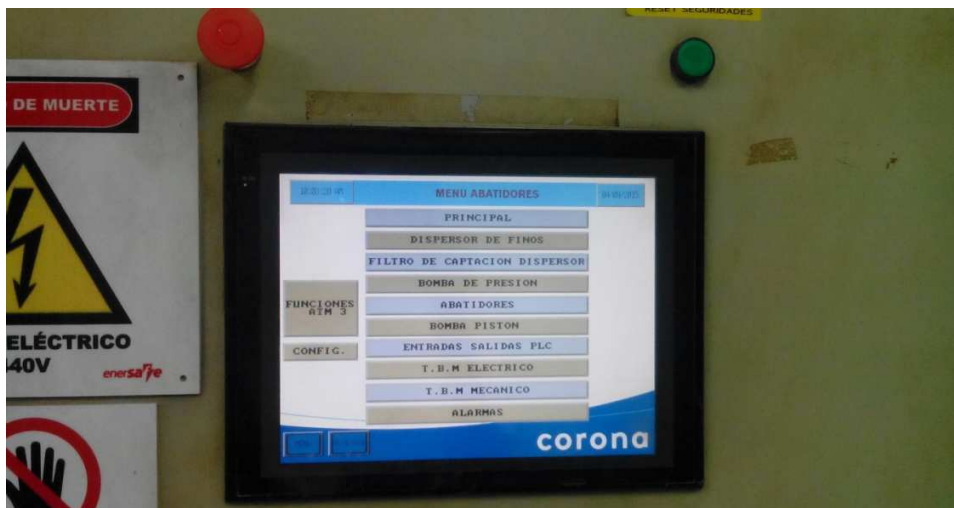


*Fuente: El autor*



Luego de cargar el programa se realizaron las pruebas iniciales de gráficos y botones en la interfaz; es decir, cada botón debe llevar al menú de maniobra al que está asociado.

*Imagen 38. Interfaz de control Menú principal*



*Fuente: El autor*

Inicialmente se probó el menú de acceso rápido desde el que se accede a las funciones principales

*Imagen 39. Interfaz de control Menú acceso rápido a funciones principales*

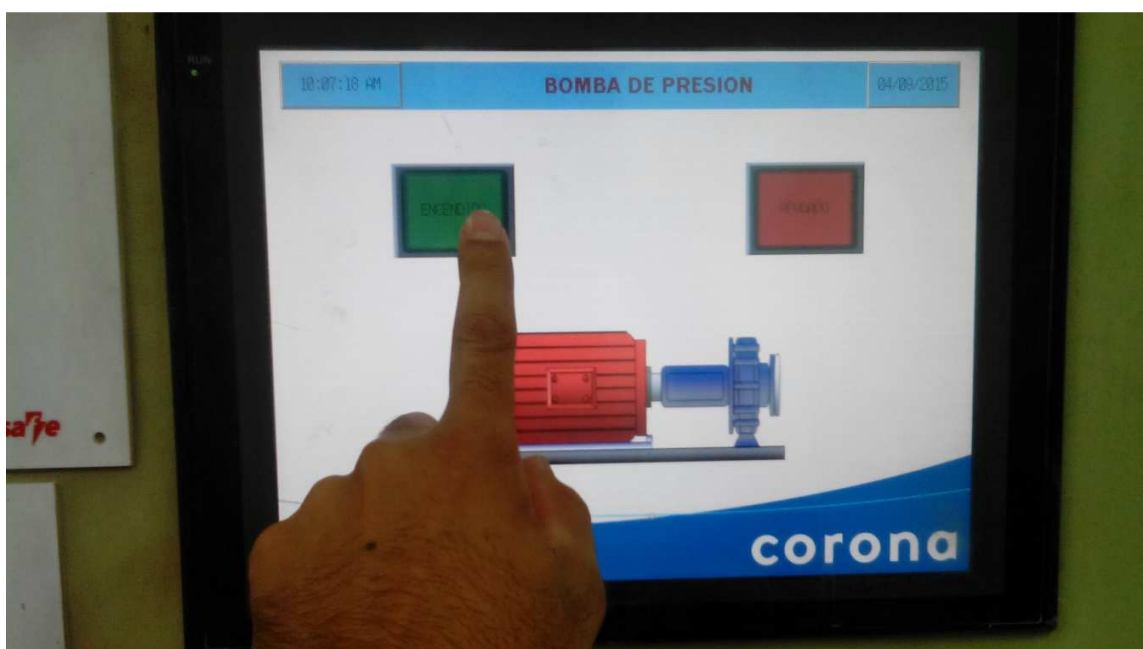


*Fuente: El autor*

#### 7.4.1. Prueba motores

Se realizaron las pruebas de encendido de motores para verificar que cada motor arrancara y se detuviera luego de pulsar el respectivo botón de encendido y/o apagado. También se verificó el sentido de giro que debe ser en sentido horario; estas pruebas se realizaron con dos personas comunicadas por radio: una en la interfaz de control y la otra frente a la máquina, la cual está advirtiendo cualquier eventualidad o dando el visto bueno al proceso.

*Imagen 40. Encendido motor bomba presión*



*Fuente: El autor*

La bomba de presión se utiliza para dar mayor presión de agua a la red para labores de limpieza, este elemento simplemente se adicionó al nuevo control sin tener modificaciones físicas. Al probar el accionamiento de esta bomba, se encontró que el sentido de giro del motor de la bomba de presión estaba invertido, esto se corrigió intercambiando dos de las tres fases del motor en la salida del tablero.

*Imagen 41. Encendido motor bomba presión*



*Fuente: El autor*

El encendido de las bombas del tanque de abatidores se realizó correctamente y el variador de frecuencia entro en operación según los parámetros requeridos.

*Imagen 42. Prueba encendido motor bombas agua abatidores*



*Fuente: El autor*

*Imagen 43. Encendido motor bombas agua abatidores 1*



*Fuente: El autor*

*Imagen 44. Encendido motor bombas agua abatidores 2*

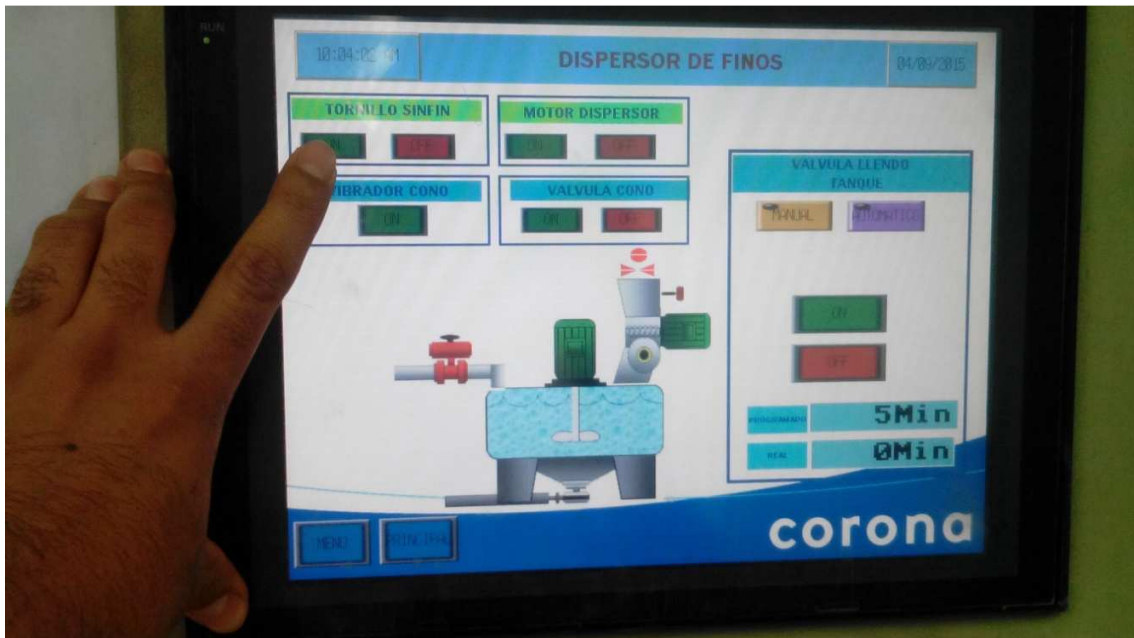


*Fuente: El autor*



Los motores de agitador, tornillo sinfín y filtro de captación del dispersor se activan y desactivan correctamente.

*Imagen 45. Prueba encendido motor dispersor y tornillo sinfín*



*Fuente: El autor*

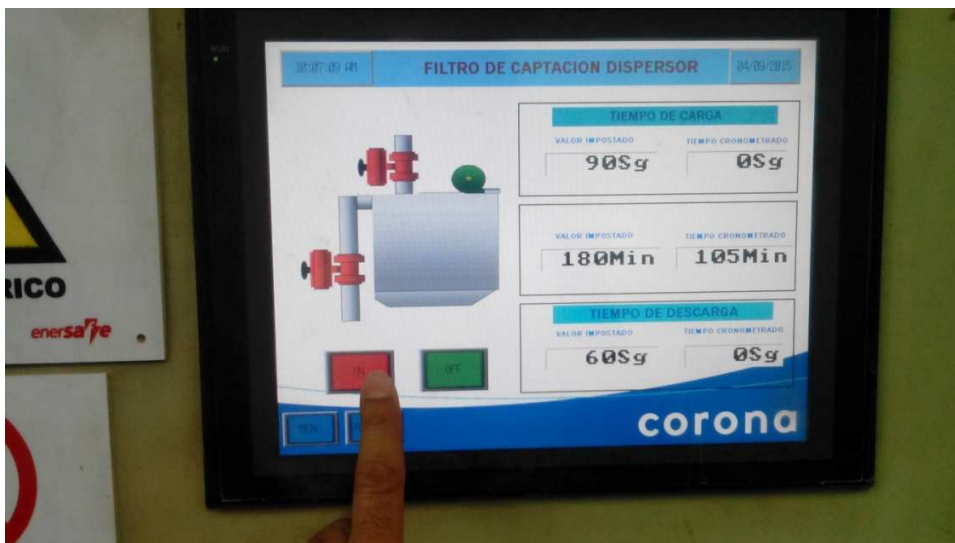
*Imagen 46. Prueba encendido motor dispersor y tornillo sinfín*



*Fuente: El autor*

El filtro de captación del dispersor (hidrofiltro), succiona polvo volátil del depósito del dispersor mediante un ventilador, luego este polvo al llegar al interior del hidrofiltro se combina con agua y posteriormente esta mezcla agua-polvo se descarga al depósito del dispersor. Se verifica el encendido y apagado del hidrofiltro sin problema.

*Imagen 47. Prueba encendido motor hidrofiltro de captación polvo dispersor*



*Fuente: El autor*

*Imagen 48. Prueba encendido motor hidrofiltro de captación polvo dispersor*

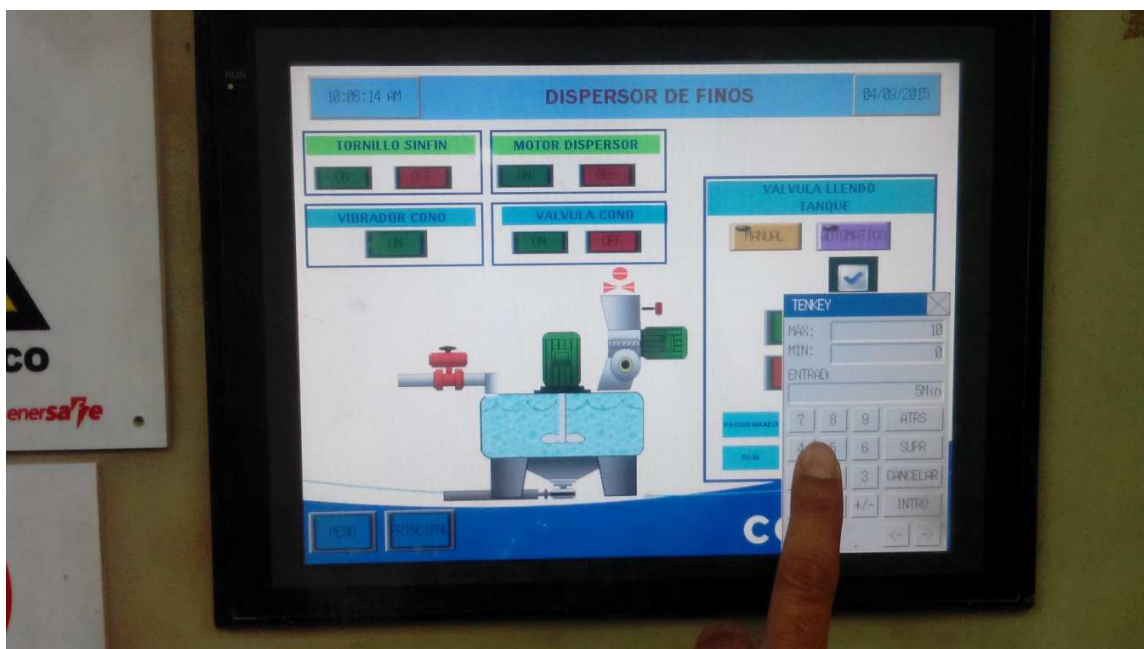


*Fuente: El autor*

#### 7.4.2. Prueba electroválvulas

Desde la interfaz de control se probó la activación de las electroválvulas de llenado de agua del dispersor en primer lugar y luego las dos electroválvulas del filtro de captación. Para la electroválvula de llenado de agua se realizó primero la prueba en modo manual y luego en modo temporizado (automático).

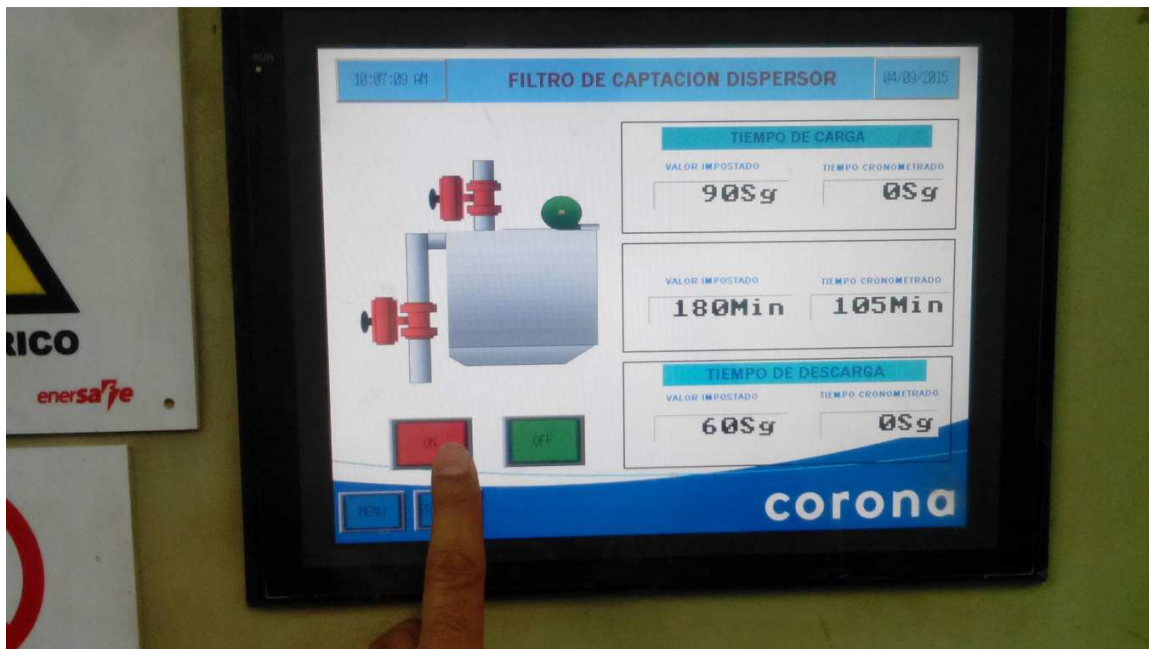
*Imagen 49. Prueba electroválvula llenado dispersor desde pantalla*



*Fuente: El autor*

Se enciende nuevamente el hidrofiltro esta vez para verificar el accionamiento de la electroválvulas y sus tiempos de apertura y cierre.

*Imagen 50. Prueba electroválvulas hidrofiltro*



*Fuente: El autor*

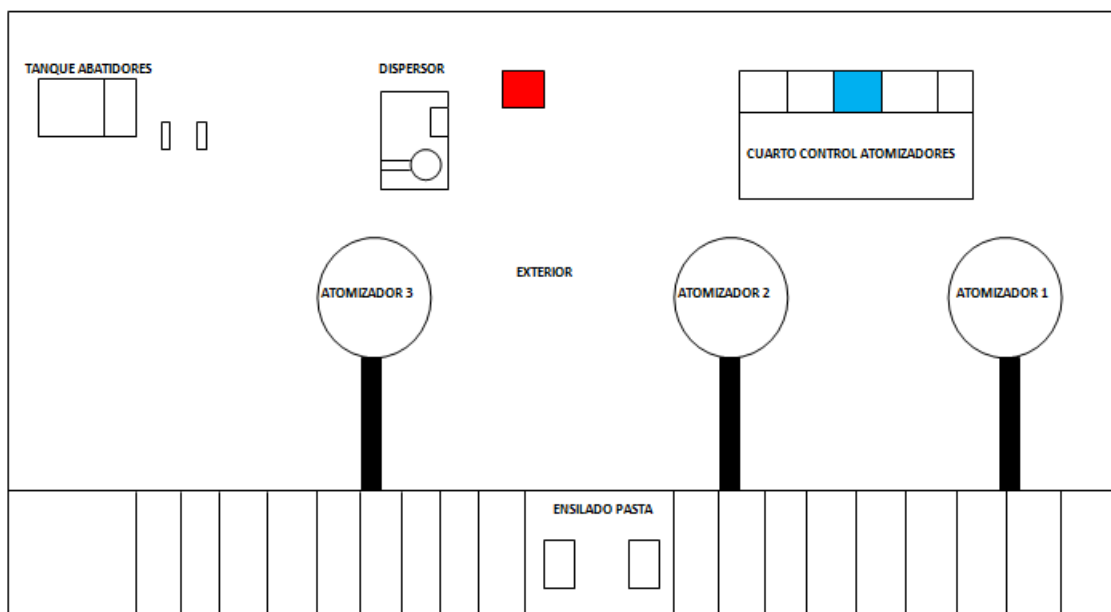
Si bien se tuvieron algunos inconvenientes durante las pruebas del sistema, luego de las verificaciones se autoriza la puesta en marcha. Se socializa con el personal del área acerca de la manipulación del sistema, personalmente y mediante un instructivo de operación (ver anexo 4), de acuerdo a lo establecido en el plan de calidad y entrenamiento definido en la planta.



## **7.5. FASE 5: EVALUACIÓN**

Luego de la puesta en marcha del sistema, se evaluaron los resultados y los beneficios obtenidos, también se fueron realizando algunos ajustes.

Se hizo un seguimiento diario de la operación del sistema de llenado del tanque de abatidores realizando dos inspecciones por turno y se verificó que en los últimos tres meses no se ha presentado rebosamiento de agua en el tanque o que la bomba se quede en vacío.

El control de tanque de agua abatidores y dispersor se llevó al cuarto de control de atomizadores de acuerdo a los planes de centralización. Luego de la reubicación se redujo la frecuencia de limpieza y mantenimiento de la cabina de 3 veces por semana a 1 vez; con lo que se mejora la mantenibilidad del sistema. También se eliminaron los desplazamientos por parte del personal operativo al tener este control ubicado en el mismo cuarto de control de atomizadores.



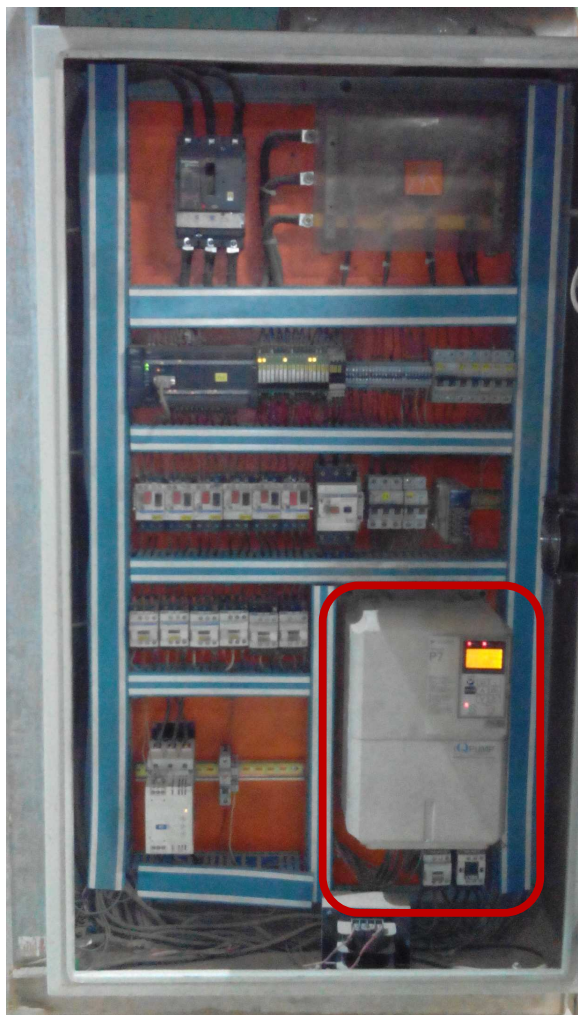
-  Cabina control antes
-  Cabina control ahora

*Fuente: El autor*



- Control agua abatidores y dispersor (Antes)

*Imagen 51. Cabina control abatidores y dispersor parte externa*



*Fuente: El autor*

- Control agua abatidores y dispersor (Ahora)

*Imagen 52. Cabina control abatidores y dispersor cuarto de control atomizadores*



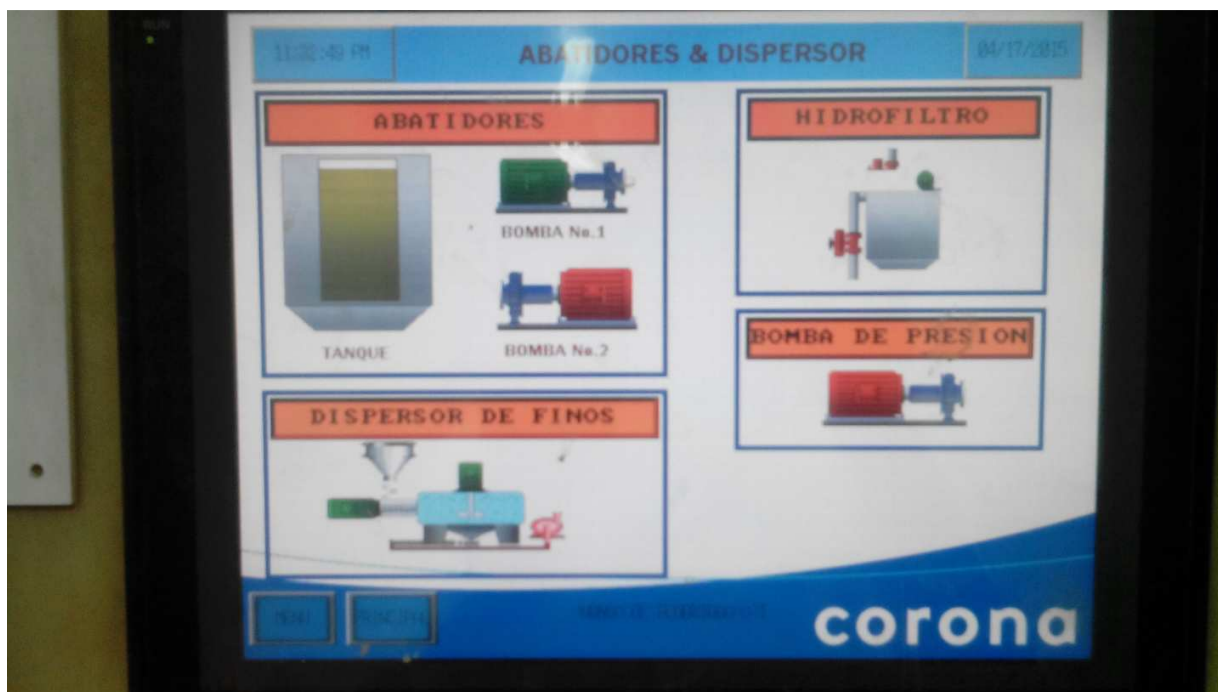
*Fuente: El autor*



*Fuente: El autor*

Luego de hacerse la implementación de la nueva interfaz que es más clara e interactiva para el operario y al estar ubicada en el cuarto de control de atomizadores; permitió el control y la observación del estado de operación de las máquinas; por lo que en caso de presentarse inconvenientes se puede evaluar rápidamente el problema y dar una solución oportuna a la situación presentada; de esta manera se está aumentando la eficacia del proceso tanto para las máquinas como para los operarios, lo que repercute en un mejor rendimiento del proceso productivo en general.

*Imagen 53. Operación nueva interfaz de control agua abatidores y dispersor*

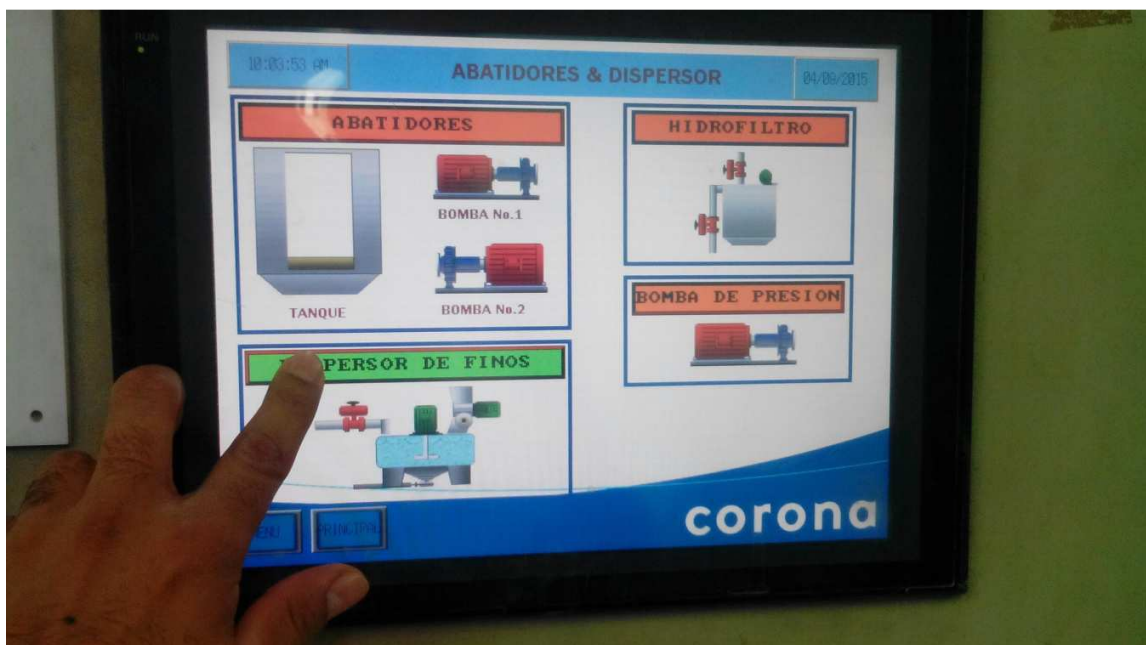






Fuente: El autor

Imagen 54. Operación nueva interfaz de control agua abatidores y dispersor



Fuente: El autor

### **Recolección de información agua recuperada tanque abatidores y polvo retenido**

Se aclara que para el sistema de calidad de la empresa recolectar esta información no hace parte de los procesos que deben realizarse dentro de las funciones de los empleados, por lo tanto no existen procedimientos de cómo se debe hacer este proceso ni formatos donde se registre esta información, por ende, los datos aquí suministrados fueron tomados con los limitados recursos disponibles en el momento, esto para poder realizar la evaluación de la implementación del nuevo sistema y la verificación de que se estaba llevando a cabo una mejora real al proceso.

El dato de cuánta agua se está recuperando del sistema de abatidores, se toma poniendo un recipiente a la salida del ducto de retorno en el fondo de cada abatidor y se toma una muestra del caudal por un tiempo determinado. (Imagen 52).

Para el caso del polvo es similar también se pone un recipiente a la salida del ducto por donde cae el polvo retenido y se calcula la cantidad.(Imagen 53).

*Imagen 55. Ducto adaptado para toma de caudal agua recuperada de abatidores*



*Fuente: El autor*

Para tomar estas muestras es necesario que estén los tres atomizadores en operación, se realiza semanalmente durante dos meses.

*Tabla 8. Tabla agua recuperada abatidores*

FRECUENCIA	ATOMIZADORES 1 2 y3	
	PRESION DE BOMBEO	AGUA RECUPERADA
SEMANA 1	65 psi	11000L/h
SEMANA 2	65 psi	12000L/h
SEMANA 3	65 psi	11700L/h
SEMANA 4	65 psi	11800L/h
SEMANA 5	65 psi	11500L/h
SEMANA 6	65 psi	11200L/h
SEMANA 7	65 psi	11200L/h
SEMANA 8	65 psi	11250L/h
PROMEDIO REGISTROS		11500 L/h

*Fuente: El autor*

*Imagen 56. Ducto caída polvo retenido*



*Fuente: El autor*

Para la medición del polvo retenido se hace un procedimiento similar al de medición del agua descrito anteriormente, durante dos meses una vez por semana.

*Tabla 9. Tabla polvo retenido abatidores*

FRECUENCIA	ATOMIZADORES 1 2 y3
	CANTIDAD DE MATERIAL RECUPERADO
SEMANA 1	115Kg/h
SEMANA 2	120Kg/h
SEMANA 3	110Kg/h
SEMANA 4	115Kg/h
SEMANA 5	125Kg/h
SEMANA 6	115Kg/h
SEMANA 7	110Kg/h
SEMANA 8	117Kg/h
PROMEDIO REGISTROS	115.8 Kg/h

*Fuente: El autor*

El resultado promedio para estas mediciones son: para el agua 11500 L/h y para el polvo 116Kg/h.

Para el caso del sistema de abatidores se logra evidenciar que la cantidad de agua recuperada en los dos últimos meses aumentó de 10000 L/h. a 11500 L/h; lo cual comprueba que se han reducido los tiempos de inactividad de las bombas de abatidores. También la cantidad de polvo retenido luego del secado por atomización aumentó de 85Kg/h a 116Kg/h, lo que indica que ahora se tiene una operación continua y más eficiente del sistema de bombeo de agua de los abatidores.

Adicional a la mejora en la efectividad del proceso, con estos resultados se evidencia la disminución que se hizo al impacto ambiental negativo generado por estos procesos, al disminuir la emisión de partículas en suspensión al aire y el aumento en la cantidad de agua reutilizada dentro de los procesos, lo que representa ahorros sustanciales tanto de materiales, como insumos requeridos y son reflejados en disminución de gastos en estos rubros para la empresa.

## 8. RESULTADOS

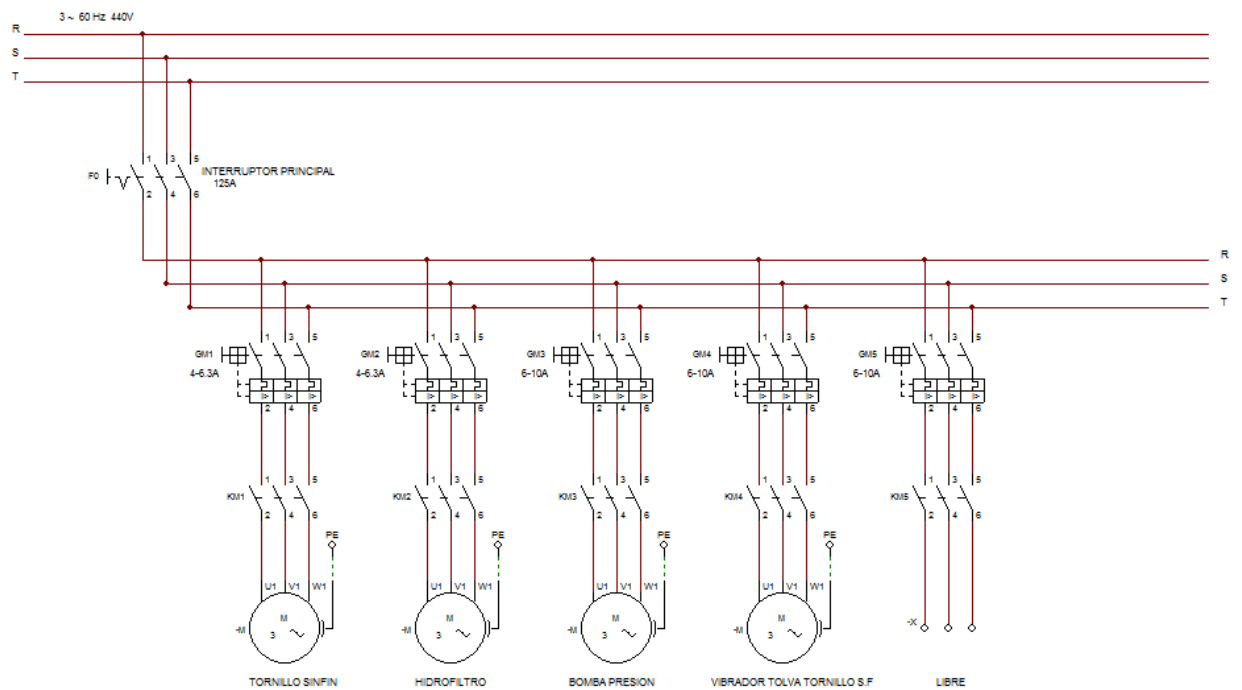
- Luego de evaluar el funcionamiento del sistema de llenado del tanque de abatidores con la instalación del nuevo sensor y con diferentes condiciones de agua; es decir con agua clara y turbia, se evidencia que no se han presentado ni rebosamientos de agua en el tanque, ni pérdidas por suministro a los abatidores. En este sentido se puede asegurar que la instalación de este sistema de llenado con sensor de varillas cumplió con lo esperado y que además es capaz de operar sin problema en diferentes condiciones.
- Con la reubicación y actualización del tablero o cabina de mando del sistema de control del tanque de abatidores y dispersor. En primer lugar se logra mejorar significativamente la mantenibilidad de los elementos que conforman la cabina; ya que con esta reubicación el equipo no está expuesto directamente a la contaminación propia del proceso. Y en segundo lugar, con la actualización se logra que la conformación de la cabina cumpla con lo dispuesto en reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE. Además del desarrollo de una interfaz de control bastante clara e intuitiva para la realización de las maniobras de control.
- Con la inclusión del control del tanque de abatidores y dispersor en el cuarto de control del subproceso de secado por atomización, se consigue que se integren y centralicen aún más las operaciones asociadas a este subproceso.
- Gracias al desarrollo de una lógica y una interfaz de control donde se integran las operaciones que hacen parte del sistema de bombeo de agua a los abatidores y el dispersor, se tiene una información en tiempo real sobre los estados de operación de las máquinas que se están controlando, además se puede advertir ante cualquier eventualidad por medio de alarmas programadas según el tipo de falla que se pueda presentar.

- Con la adición del nuevo sistema de control del tanque de agua de abatidores y dispersor dentro del cuarto de control del área de atomización, se consigue la disminución de tiempos en desplazamientos que debían hacerse para verificar directamente su estado, por lo que se hacen más efectivas las labores de monitoreo y demás labores operativas del sistema en general.
  
- Con el desarrollo de este proyecto en todas sus fases he adquirido conocimientos y experiencia fundamentales acerca de la implementación de un proyecto de automatización real y con el que se logran conseguir resultados positivos. Si bien al enfrentarnos a un reto real en la industria nos damos cuenta de que la ingeniería de control aplicada llega a diferir un poco de lo que se nos muestra en el ámbito académico, con esta experiencia he logrado contrastarlas y ha sido el punto de partida para mi desarrollo como Ingeniero Electrónico.

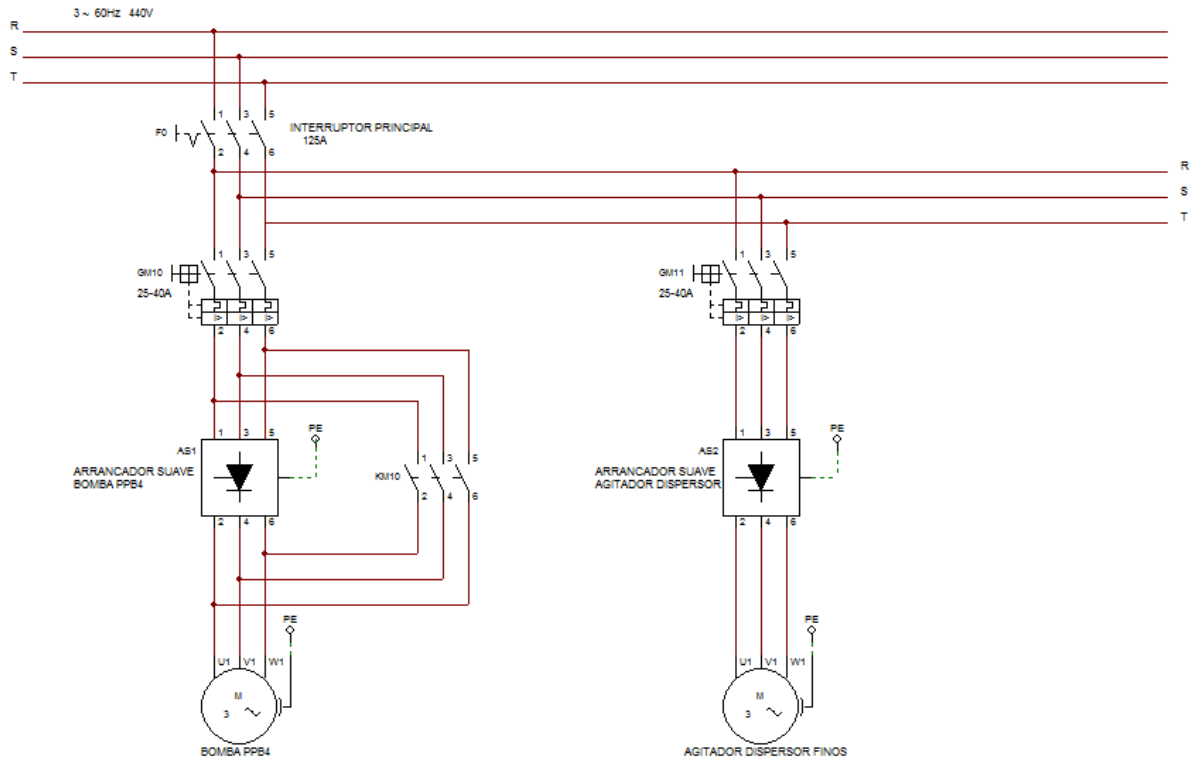
## 9. ANEXOS

### 9.1. ANEXO 1. Planos esquemas eléctricos

- Motores arranque directo

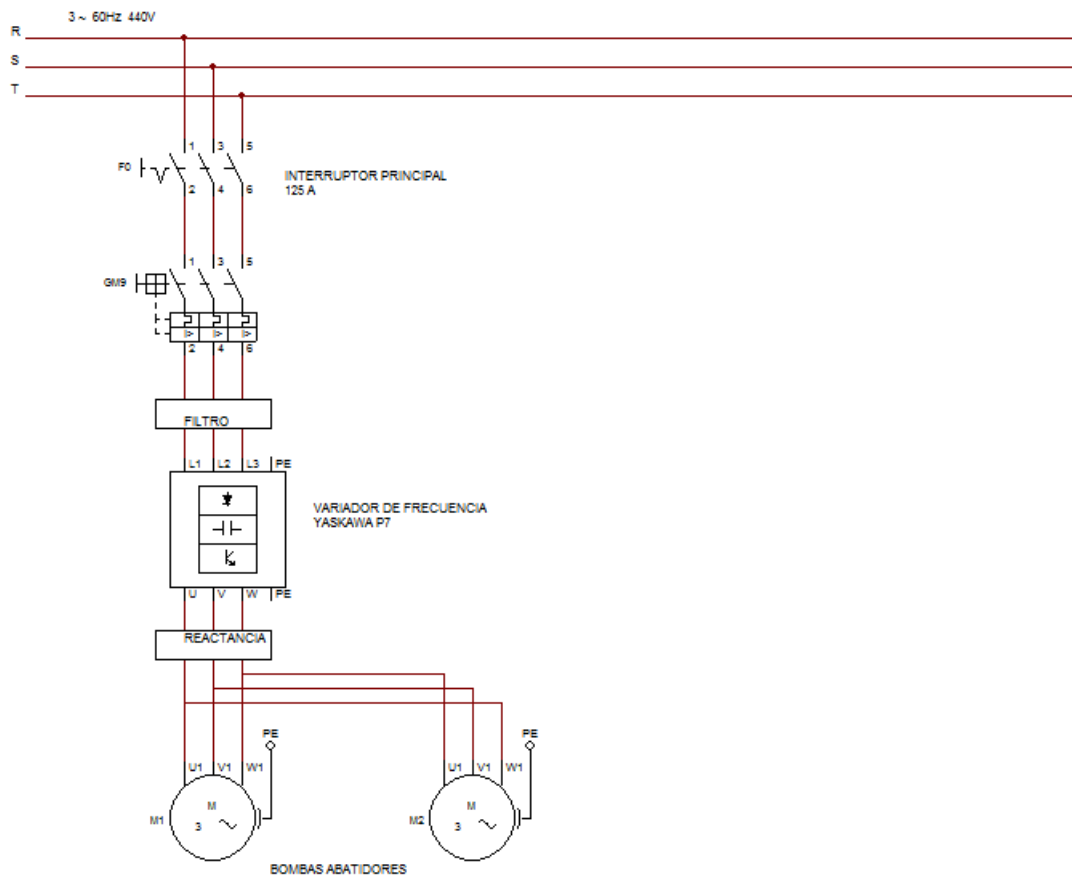


○ Motores con arrancador suave

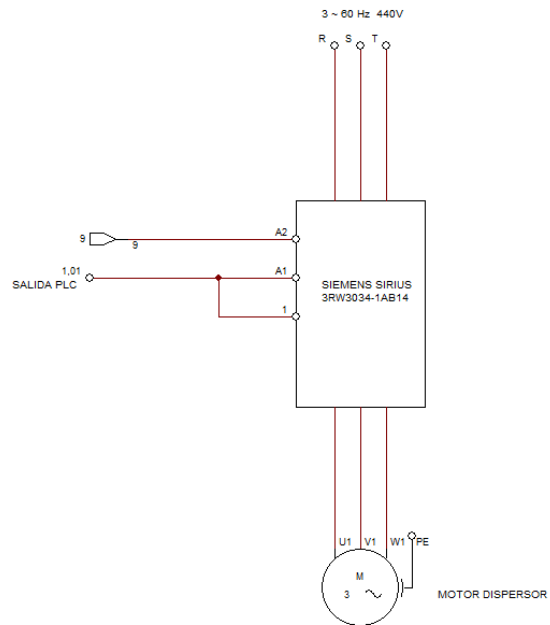




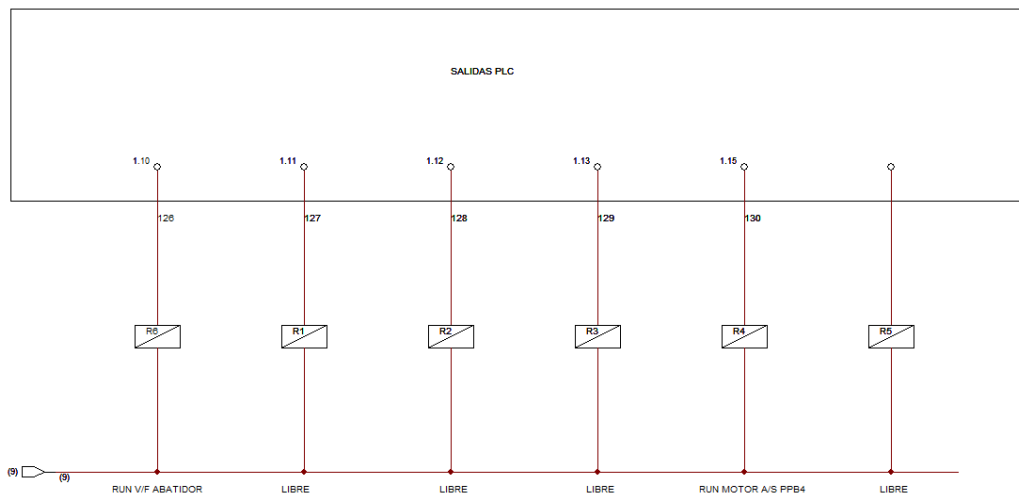
o Bombas abatidores



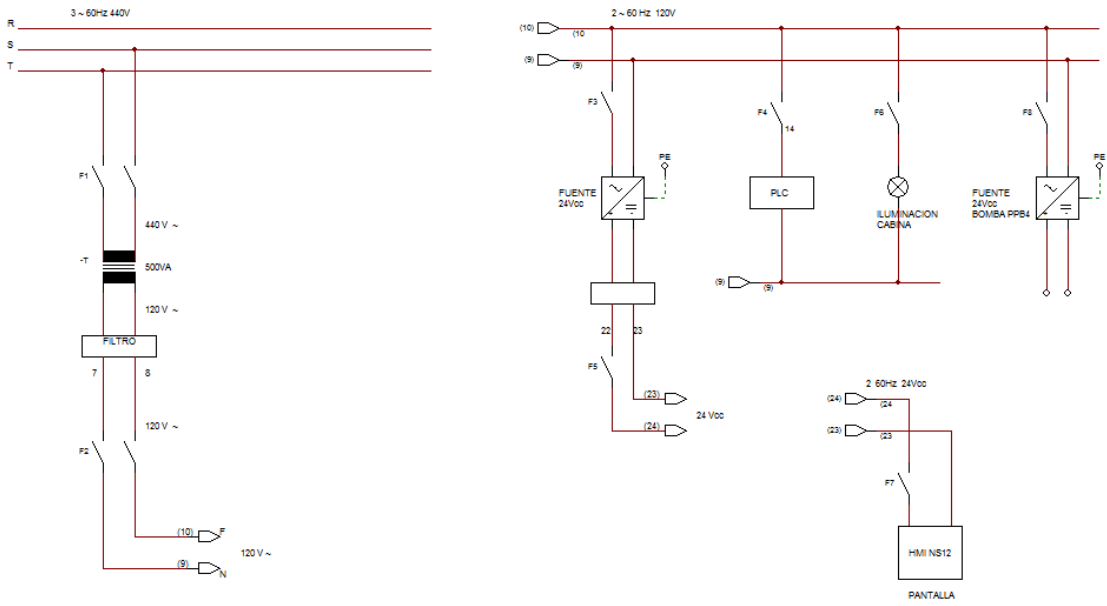
o Plano arrancador suave motor dispersor



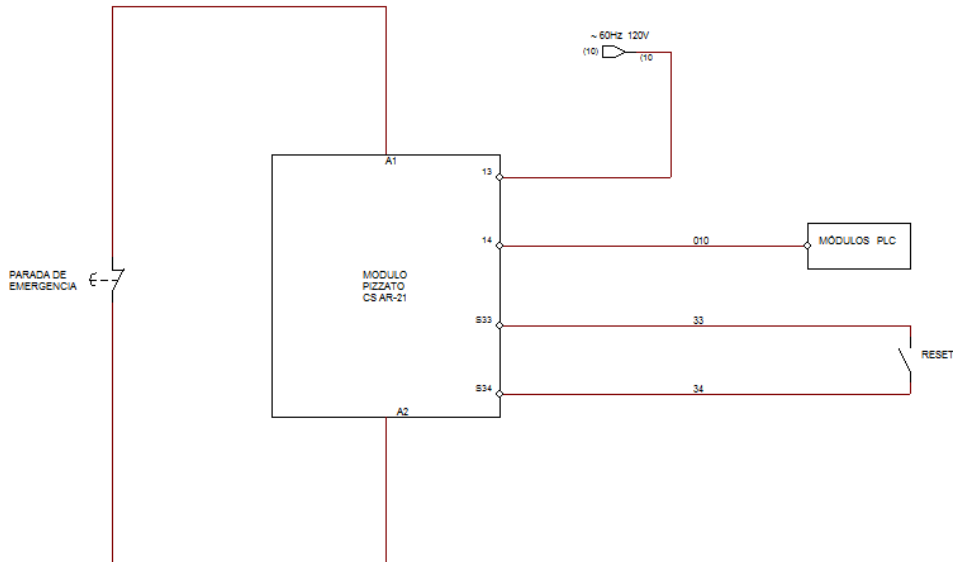
o Plano relés



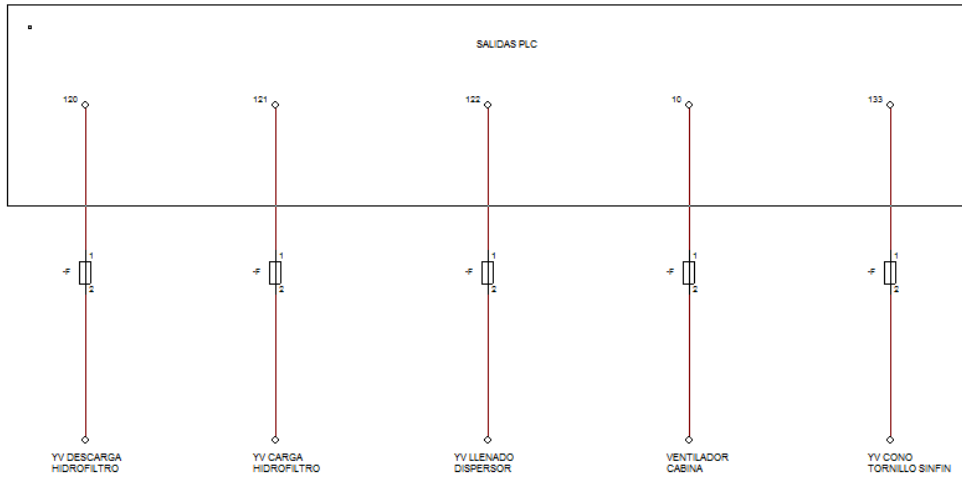
o Reducción de tensión



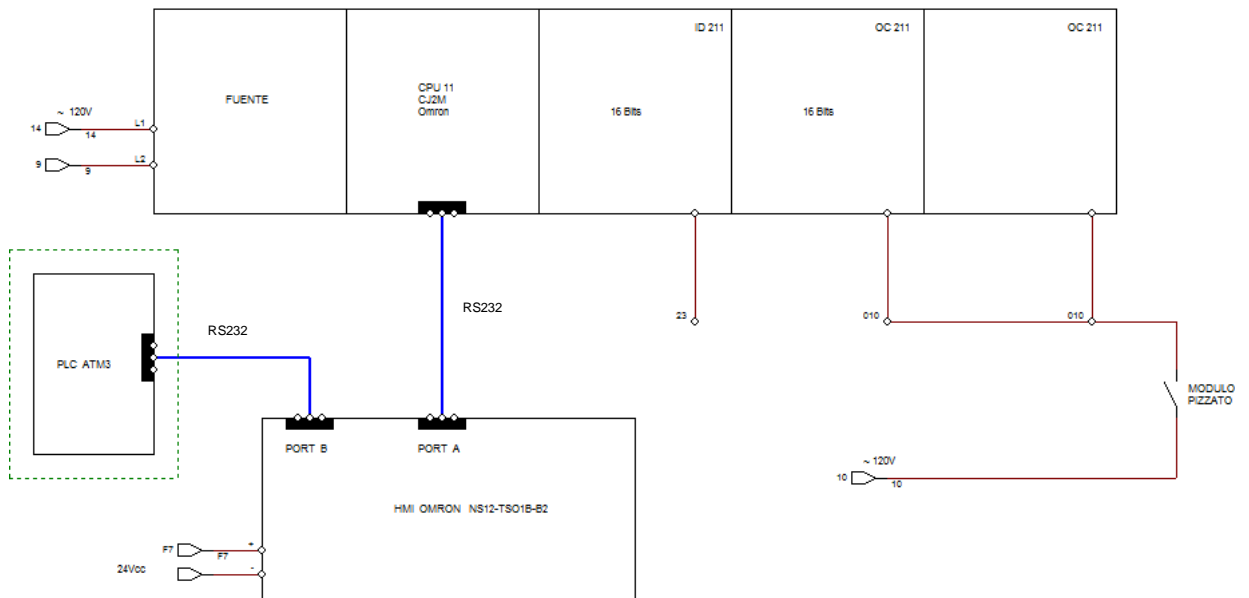
o Conexión módulo seguridad



- o Salidas PLC a borneras fusible



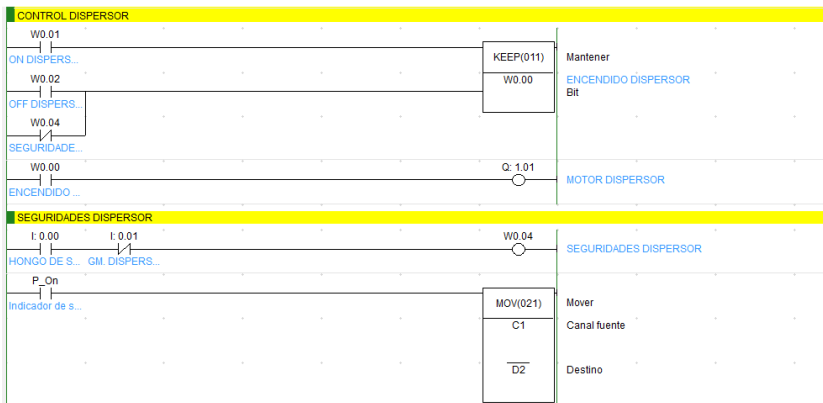
- o Comunicación PLC



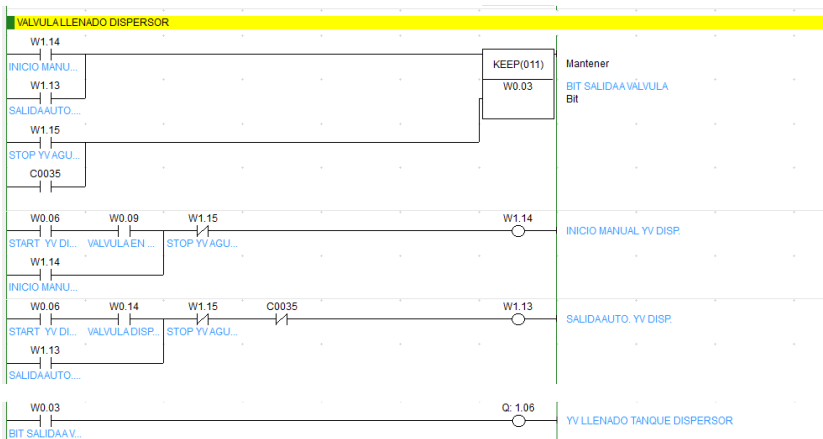
## 9.2. ANEXO 2. Lógica de control sistema agua abatidores y dispersor en cx programer (lenguaje Ladder).

### ➤ CONTROL DISPERSOR

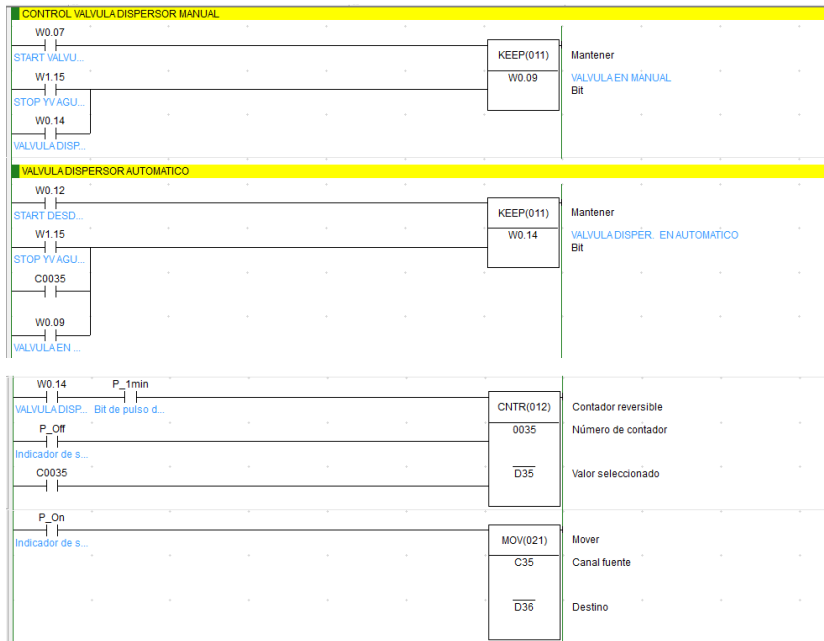
- Arranque / parada motor dispersor y seguridades



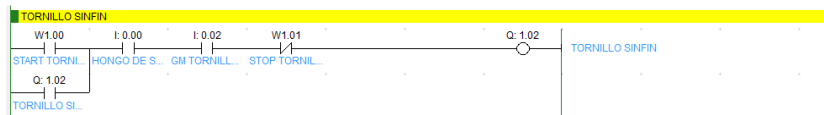
- Control válvula llenado dispersor



○ Llenado dispensador modos de operación manual - automático

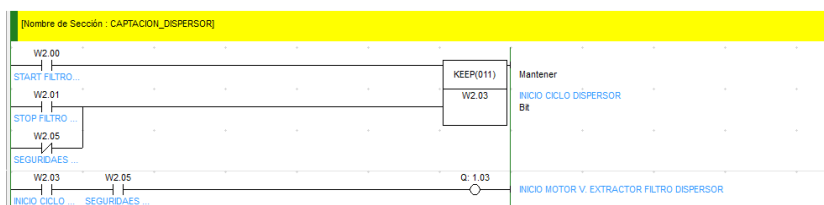


○ Tornillo sinfín

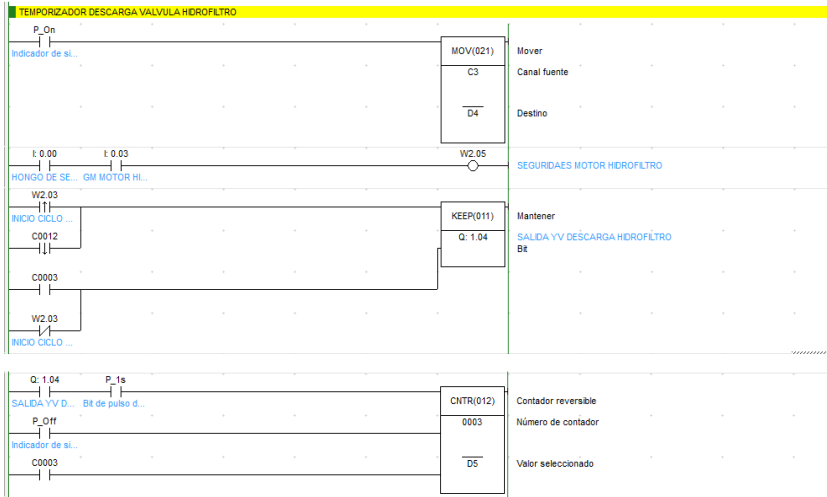


➤ CONTROL CAPTACIÓN DISPERSOR (HIDROFILTRO)

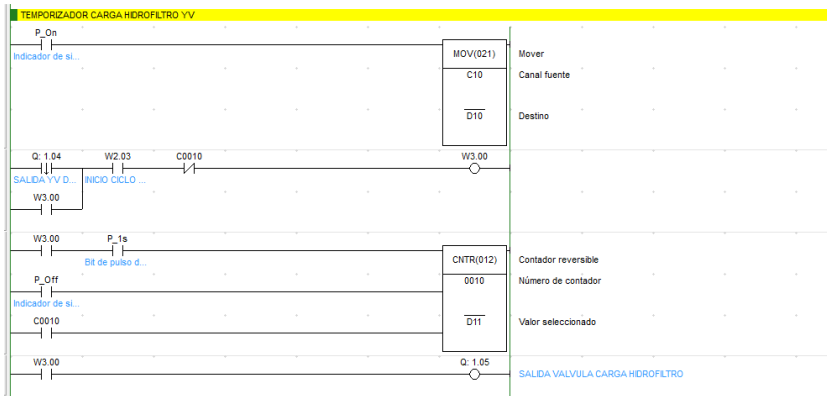
○ Arranque / parada ventilador



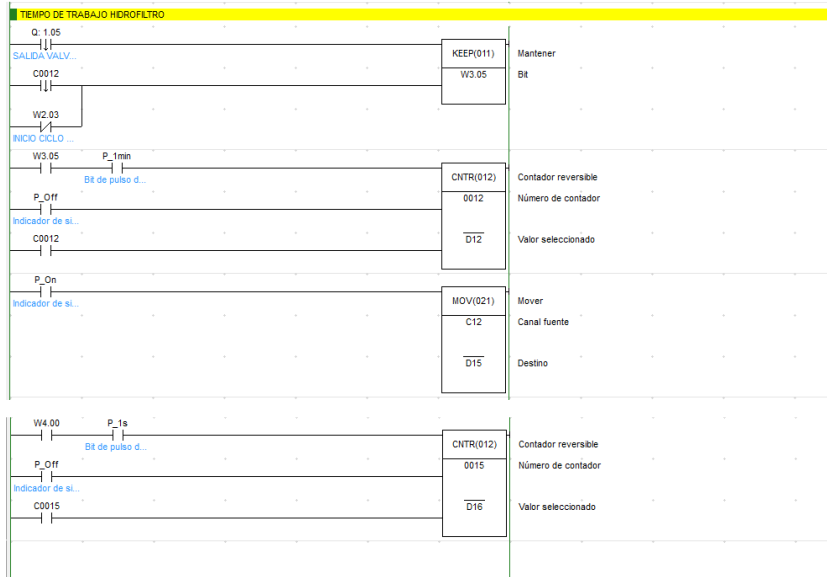
○ Tiempo de descarga hidrofiltro



○ Tiempo de carga hidrofiltro

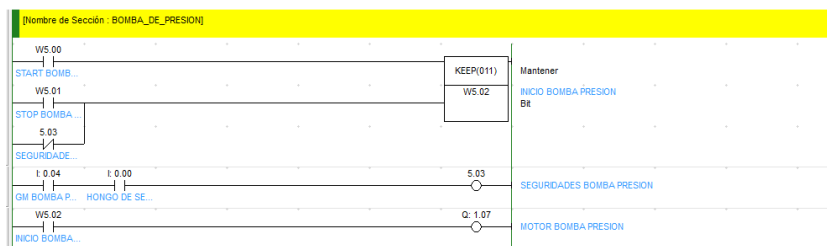


- Ajustar tiempo de trabajo hidrofiltro



## ➤ BOMBA PRESIÓN

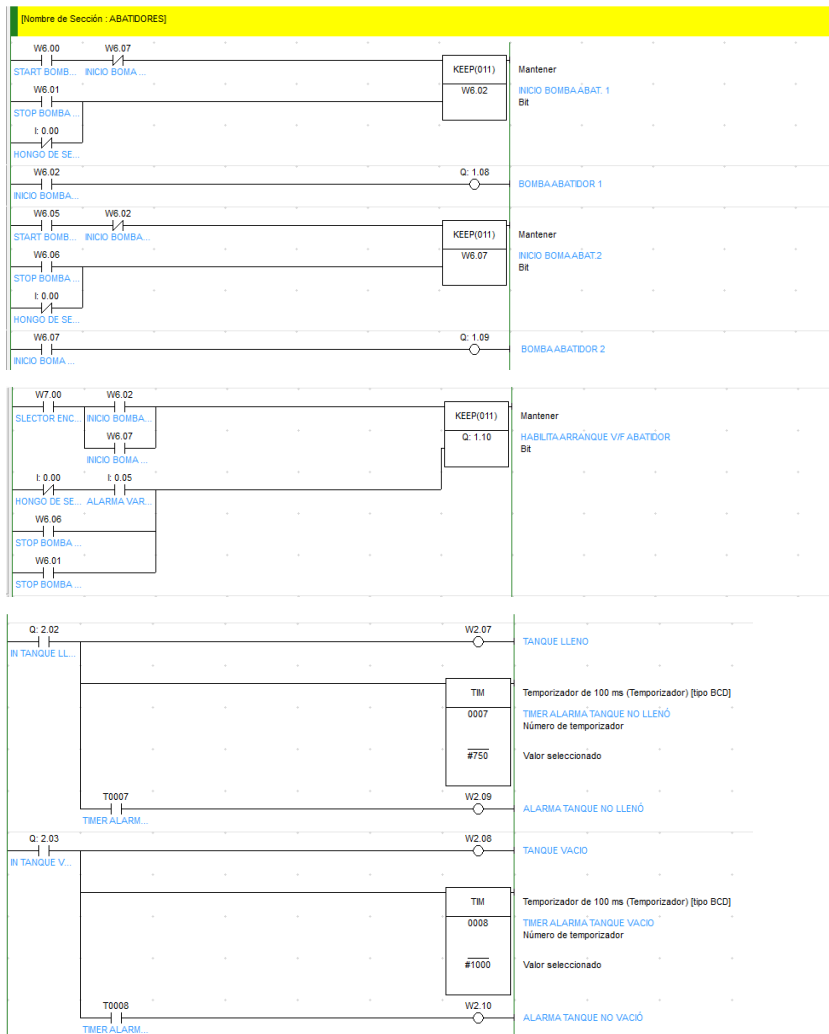
- Arranque / parada bomba



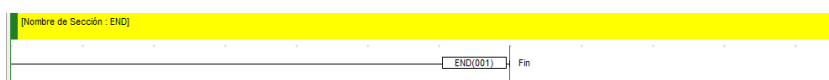


➤ BOMBAS AGUA ABATIDORES

- Arranque / parada bombas y variador



- Fin programa







### 9.3. ANEXO 3. Tabla direcciones PLC

<b>CANAL 0 INPUT</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CABLE</b>	<b>ENTRADA</b>
Hongo de seguridad General	100	0,00
GM Dispensor	101	0,01
GM Tornillo sinfín	102	0,02
GM Hidrofiltro	103	0,03
GM Bomba pistón	104	0,04
Alarma Variador	105	0,05
Libre	106	0,06
Reset general	107	0,07
IN desde ATM No 1	108	0,08
IN desde ATM No 2 x bomba PPB 4	109	0,09
IN desde ATM No 2 x bomba PPB	110	0,10
Seguridades bomba pistón	111	0,11
Libre	112	0,12
GM vibrador cono	113	0,13
Libre	114	0,14
Libre	115	0,15
<b>CANAL 1 OUTPUT</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CABLE</b>	<b>ENTRADA</b>
Libre	116	100
Motor Dispensor	117	1,01
Tornillo sinfín	118	1,02
Inicio Motor Extractor Filtro dispensor	119	1,03
Salida YV Descarga Hidrofiltro	120	1,04
Salida Válvula ,carga Hidrofiltro	121	1,05
YV Llenado Tanque Dispensor	122	1,06
Motor Bomba Presión	123	1,07
Bomba Abatidor 1	124	1,08
Bomba Abatidor 2	125	1,09
Habilita Arranque V/F Abatidor	126	1,10
Bomba PPB para ATM 1	127	1,11
Bomba PPB para ATM 2	128	1,12
Bomba PPB para ATM 3	129	1,13
Bomba PPB Pistón	130	1,14
Libre	131	1,15

<b>CANAL 2 OUTPUT</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CABLE</b>	<b>ENTRADA</b>
Salida vibrador con O T. sinfín	132	200
Cerrar válvula con O T. sinfín	133	2,01
Libre	134	2,02
Libre	135	2,03
Libre	136	2,04
Libre	137	2,05
Libre	138	2,06
Libre	139	2,07
Libre	140	2,08
Libre	141	2,09
Libre	142	2,10
Libre	143	2,11
Libre	144	2,12
Libre	145	2,13
Libre	146	2,14
Libre	147	2,15





9.4. ANEXO 4. Instructivo operación sistema de control agua abatidores y dispersor

Código	PRE-MN-EN-IT-XX	OPERACIÓN CONTROL AGUA ABATIDORES Y DISPERSOR	corona
Vigente desde:	En evaluación		

<b>OBJETIVO:</b> Controlar y monitorear en tiempo real el estado de operación de las máquinas para el manejo de agua de abatidores y dispersor de finos.	
1. 	1. En la interfaz de control (pantalla), se encuentra un Menú principal (MENU ABATIDORES); desde allí se accede a las diferentes funciones asociadas al control de los procesos. Para acceder a este menú basta con pulsar el botón azul ubicado en la parte inferior izquierda marcado como MENU.
2. 	2. Pulsando PRINCIPAL se accede a la pantalla de accesos rápidos, allí se encuentran las funciones principales que son: Dispersor de finos, Bombas abatidores, hidrofiltro y bomba presión. Pulsando el botón naranja sobre cada recuadro se accede a la función que corresponda.
3. 	3. En el menú de maniobra de abatidores es encuentra el control para el encender y/o apagar de cada bomba. Pulsar el botón ENCENDIDO o APAGADO según la necesidad. La figura de la bomba será de color verde (encendida) y rojo (apagada). Para regresar al menú de acceso rápido pulsar el botón PRINCIPAL ubicado al lado del botón Menú.
4. 	4. En el menú del dispersor están las funciones correspondientes a este proceso: Tornillo sinfín, motor agitador dispersor, electroválvula llenado y vibrador tolva.


Version: La fecha de vigencia	PREPARACION PASTA No valido Impreso como copia controlada	Página 1 de 3
-------------------------------	--------------------------------------------------------------	---------------

Código	PRE-MN-EN-IT-XX	OPERACIÓN CONTROL AGUA ABATIDORES Y DISPERSOR	corona
Vigente desde:	En evaluación		

<p>5.</p> 	<p>5. Para el encendido y apagado de motores pulsar ON/OFF de acuerdo a la necesidad</p>
<p>6.</p> 	<p>6. Para el llenado del depósito del dispersor se tienen 2 opciones; automático y manual. Para el modo automático pulsar el botón AUTOMATICO aparecerá un signo de confirmación, luego programar el tiempo de llenado pulsando el recuadro azul que dice "programado" (si el depósito esta vacío son 5min). Finalmente pulsar ON, la imagen de la válvula se pondrá verde y se iniciará el llenado de acuerdo al tiempo programado.</p>
<p>7.</p> 	<p>7. En modo manual pulsar el botón MANUAL, aparecerá el signo de confirmación, luego pulsar el botón verde ON y la figura de la electroválvula se pondrá de color verde indicando que está abierta y se estará llenando el depósito. La válvula permanecerá abierta permanentemente hasta que se pulse el botón de OFF.</p>
<p>8.</p> 	<p>8. En el menú del hidrofiltro (Filtro de captación de polvo del dispersor) se encuentra la representación de los elementos que hacen parte de este equipo y su estado actual de operación. Para encender el equipo pulsar ON, arrancará el ventilador y las electroválvulas de carga y de descarga se activarán primero una y luego la otra de acuerdo a los tiempos establecidos. Si es necesario apagar pulsar OFF.</p>

Verión: La fecha de vigencia	PREPARACION PA STA No válido Impreso como Copia controlada	Página 2 de 3
------------------------------	------------------------------------------------------------------	---------------

Código	PRE-MN-EN-IT-XX	OPERACIÓN CONTROL AGUA ABATIDORES Y DISPERSOR	corona
Vigente desde:	En evaluación		

<p><b>9.</b></p> 	<p>9. La bomba de presión se activa y desactiva pulsando el botón de ENCENDIDO y APAGADO según la necesidad.</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Verión: La fecha de vigencia</p>	<p>PREPARACION PASTA No válido Impreso como Copia controlada</p>	<p>Página 3 de 3</p>
-------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------	----------------------

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Automación Micromecánica saic (s,f) Controlador lógico programable (PLC). Extraído el 27 de Septiembre de 2014 desde Web World <http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf>

Automatización Industrial (Febrero 9 de 2011) Qué es la automatización industrial. Extraído el 27 de Septiembre de 2014 desde Web World <http://automatizacionindustrial.wordpress.com/2011/02/09/queeslaautomatizacionindustrial/>

Automatización y mantenimiento eléctrico industrial (s,f). Extraído el 27 de Septiembre de 2014 desde Web World <http://miguelangelmei.blogspot.com/p/evaluacion-2011.html>

Bordas, Jorge. (s.f.) El motor jaula de ardilla. Extraído el 25 de Febrero de 2015 desde Web World [http://www.reypastor.org/departamentos/dtec/tec\\_indII/motor\\_jaula\\_ardilla/index.html](http://www.reypastor.org/departamentos/dtec/tec_indII/motor_jaula_ardilla/index.html)

Calle, Rodrigo (s,f) Guardamotors. Extraído el 12 de Octubre de 2014 desde Web World <https://es.scribd.com/doc/128437215/Guarda-Motors>

Centro Aragonés de tecnologías para la educación - Repositorio. (s.f.) Tipos de sistemas de control. Extraído el 17 de Marzo de 2015 desde Web World [http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4925/html/4\\_tipos\\_de\\_sistemas\\_de\\_control.html](http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4925/html/4_tipos_de_sistemas_de_control.html)

Cobo Raúl, (s,f) EL ABC DE LA AUTOMATIZACIÓN. Extraído el 27 de Septiembre de 2014 desde Web World <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/hmi.pdf>

COMVALYTUB. (2015). Válvulas. Extraído el 6 de Marzo de 2015 desde Web World <http://www.comvalytub.com/Pages/default.aspx>

CONSEJO NACIONAL DE TÉCNICOS ELECTRICISTAS "CONTE". (Febrero 2012). Reglamento técnico de instalaciones eléctricas "RETIE". Bogotá, Colombia. Multhi Imagen Impresores

DIRCASASensores Inductivos, Capacitivos, Fotoeléctricos...Cuál Usar? Extraído el 27 de Septiembre de 2014 desde Web World [http://dircasacalora.blogspot.com/2010/06/sensores-inductivos-capacitivos\\_14.html#.VCsvl2d5Mus](http://dircasacalora.blogspot.com/2010/06/sensores-inductivos-capacitivos_14.html#.VCsvl2d5Mus)

Electrónica fácil el relé. Extraído el 14 de Octubre de 2014 desde Web World <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/El-rele.php>

Hernández, Juan Luis. (s.f.). Interruptor Automático Magnetotérmico. Extraído el 6 de Marzo de 2015 desde Web World <http://www.tuveras.com/aparamenta/magnetotermico.htm>

Imagen motor eléctrico. Extraído el 27 de Septiembre de 2014 desde Web World <http://blog.espol.edu.ec/crielectric/files/2011/07/motor.jpg>

Instrumentación y Comunicaciones Industriales / FI-UNLP. (s.f.). Diagrama de contactos (Ladder). Extraído el 28 de Febrero de 2015 desde Web World <http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/Diagrama%20Escalera.pdf>



Organización Corona. (2012). Extraído el 27 de Septiembre de 2014 desde Web World  
<http://www.corona.com.co/web>

Pedro, Fernando (s,f) Bomba de agua 90kw. Extraído el 20 de Octubre de 2014 desde  
Web World[http://www.bibliocad.com/biblioteca/bomba-de-agua-90kw\\_5951](http://www.bibliocad.com/biblioteca/bomba-de-agua-90kw_5951)

Plc compare (s,f) Omron CJ2. Extraído el 27 de Septiembre de 2014 desde Web World  
<http://plccompare.com/omron-cj2/>

Prada,Marwin (s,f) Motor eléctrico trifásico. Extraído el 27 de Septiembre de 2014 desde  
Web World<http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>

PS Industria (29 de Diciembre de 2011) Importancia del control automático en la  
empresa. Extraído el 27 de Septiembre de 2014 desde Web World<http://ps-industria.blogspot.com/2011/12/importancia-del-control-automatico-para.html>

Que son lazos de control PID.(s.f.). Extraído el 25 de Febrero de 2015 desde Web  
World [http://www.rocatek.com/forum\\_lazos\\_control.php](http://www.rocatek.com/forum_lazos_control.php)

Rocha, José. Lara, Elizabeth. (s.f.). Diagramas de bloques – Ingeniería de Control.  
Extraído el 27 de Febrero de 2015 desde Web World  
<http://ander.zonalibre.org/DIAGRAMA%20DE%20BLOQUES.pdf>

Sensores Industriales. Extraído el 27 de Septiembre de 2014 desde Web  
World<http://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info67/sensores.pdf>

Taringa (s,f) Componentes electrónicos. Extraído el 27 de Septiembre de 2014 desde  
Web World<http://www.taringa.net/posts/info/9055596/Componentes-electronicos-todo-sobre-ellos.html>

TecnosinerGía. (14 agosto, 2014). ¿Qué es y para qué sirve un relevador?.Extraído el 4 de Marzo de 2015 desde Web World<https://tecnosinerGíamx.wordpress.com/2014/08/14/que-es-y-para-que-sirve-un-relevador/>

UNAD (2014) Líneas de investigación de la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería. Extraído el 20 de Octubre de 2014 desde Web World <http://estudios.unad.edu.co/ecbti/investigacion>

Vilches Enrique, (s,f) Contactor e interruptor magnetotérmico. Extraído el 27 de Septiembre de 2014 desde Web World<http://www.upnfm.edu.hn/bibliod/images/stories/xxtindustrial/libros%20de%20electricidad/Controles%20Electromecanicos/CONTACTORES%20Y%20ACTUADORES.pdf>

YASKAWA Variadores (s,f). Extraído el 27 de Septiembre de 2014 desde Web World<http://www.emotecsa.com/producton.php?codigodivision=1&codigomarca=3&codigolinea=3>