

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES



**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SIMULADOR DE
PROCESOS UTILIZANDO WONDERWARE INTOUCH PARA
VALIDAR LA AUTOMATIZACION DE UN SISTEMA DE
FILTRADO DE FOSFATO DICALCICO PARA LA INDUSTRIA
QUÍMICA, 2018”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
Para optar el Título Profesional de
INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER

YANAC HUAMAN, DAVID JOSUE ELIAS

**Villa el Salvador,
2020**

DEDICATORIA

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mis padres: Josué y Gladis,
por ser los principales promotores de
mis sueños, por confiar y creer en mis
expectativas, por los consejos,
valores y principios que me han
inculcado.

INDICE

RESUMEN.....	IX
INTRODUCCIÓN	10
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
A. GENERAL.....	12
B. ESPECÍFICOS	12
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	13
1.1 BASES TEÓRICAS	13
1.1.1 Marco teórico general	13
1.1.1.1 Simulador de procesos.....	13
1.1.1.1.1 Simulador de un SCADA	15
1.1.1.2 Filtro Banda	15
1.1.1.2.1 Estructura.....	16
1.1.1.2.2 Funcionamiento de Filtro banda	16
1.1.1.3 Tipos de filtro banda	17
1.1.1.3.1 Filtro banda a presión	17
1.1.1.3.2 Filtro banda al vacío.....	19
1.1.1.3.3 Partes de un filtro banda.....	20
1.1.1.4 Capacidad de filtro Banda.....	21
1.1.1.5 Seguridad Industrial	21
1.1.1.5.1 Seguridad en sistemas de automatización	22
1.1.1.5.2 Seguridad según las normas ISO	22
1.1.2 Marco teórico específico.....	23
1.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	26
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL	28
2.1 DELIMITACIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DEL TRABAJO.....	28
2.2 DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DEL PROBLEMA.....	29
2.3 MODELO DE SOLUCIÓN PROPUESTO.....	29
2.3.1 Revisión de la documentación de la Ingeniería de Detalle.....	31
2.3.2 Implementación de la Ingeniería de Detalle en el simulador.....	34
2.3.3 Validación de la Ingeniería de Detalle en el simulador.....	39
2.3.4 Supervisión de la implementación de las especificaciones técnicas de detalle en la construcción de la planta	50
2.3.5 Análisis de contribución.....	69
2.4 RESULTADOS	73
CONCLUSIONES.....	74
RECOMENDACIONES	75
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

TABLA DE ANEXOS

ANEXO 1: DIAGRAMA DE FLUJO - PROCESO DE CREACIÓN DE SIMULADOR.....	78
ANEXO 2: TABLA DE DOCUMENTOS ELECTRICOS	79
ANEXO 3: TABLA DE DOCUMENTOS DE PROCESOS E INSTRUMENTACIÓN.....	80
ANEXO 4: TABLA DE DOCUMENTOS DE INSTRUMENTACIÓN	81
ANEXO 5: ACTA DE ENTREGA DE PROYECTO A PLANTA DE PRODUCCIÓN	82
ANEXO 6: INFORME DE CCM PARA APROBACIÓN DE ING. PROYECTOS.....	83
ANEXO 7: RECEPCIÓN DE INFORME DE CCM PARA APROBACIÓN.....	84

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: ESTRUCTURA BÁSICA DE UN SOFTWARE DE SIMULACIÓN	14
FIGURA 2: ESTRUCTURA DEL FILTRO BANDA	16
FIGURA 3: FUNCIONAMIENTO DE UN FILTRO BANDA.....	17
FIGURA 4: ESTRUCTURA DE FILTRO BANDA POR PRESIÓN	18
FIGURA 5: RUTA DE LODOS EN EL FILTRO BANDA A PRESIÓN PARA DESHIDRATAR LODO	19
FIGURA 6: FILTRO MONO BANDA DE SUCCIÓN AL VACÍO	20
FIGURA 7: PARTE DE UN FILTRO BANDA.....	20
FIGURA 8: SECUENCIA DE IMPLEMENTACIÓN DEL AUTOMATISMO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO	30
FIGURA 9: SECCIÓN DEL DIAGRAMADA P&ID PRINCIPAL- SISTEMA DE FILTRADO DE FOSFATO.....	34
FIGURA 10: SECCIÓN DEL DIAGRAMADA PID – UBICACIÓN BOMBAS Y TANQUES	35
FIGURA 11: DIAGRAMA DE PROCESOS, DIBUJADO EN UN SOFTWARE SCADA INTOUCH.	36
FIGURA 12: DIAGRAMA DE PROCESOS, CON LAS CONDICIONES BÁSICAS ACTIVADAS	37
FIGURA 13: DIAGRAMA DE PROCESOS, CON LAS CONDICIONES INICIALES DE ARRANQUE	37
FIGURA 14: DIAGRAMA DE PROCESOS, CON LA OPERACIÓN EN FUNCIONAMIENTO	38
FIGURA 15: ESPECIFICACIONES DE LA INGENIERÍA DE DETALLE PARA EL CONTROLADOR.....	39
FIGURA 16: ARQUITECTURA DE RED DEL SISTEMA DE FILTRADO POR BANDA	41
FIGURA 17: BLOQUES DE PROGRAMA DEL PLC-S7-300.....	42
FIGURA 18: VENTANA DE CARGA DE DISPOSITIVOS PLC-S7-1500.....	42
FIGURA 19: VENTANA DE DISPOSITIVOS PLC-S7-1500	43
FIGURA 20: VENTANA DESCARGA DE PROGRAMA DEL SISTEMA SCADA EXISTENTE	44
FIGURA 21: APERTURA DE PROGRAMA WONDERWARE INTOUCH.	44
FIGURA 22: SELECCIÓN DE PROYECTO A IMPORTAR EN NUEVO SISTEMA SCADA.....	45
FIGURA 23: SELECCIÓN DE ARCHIVO A EXPORTAR.....	45
FIGURA 24: VENTANA DE CREACIÓN DE APLICATIVO INTOUCH.	46
FIGURA 25: LISTA DE SEÑALES IDENTIFICADAS DEL DETAL V.	46
FIGURA 26: PROCESO DE EDICIÓN DE ELEMENTOS DE SISTEMA DE CONTROL EN INTOUCH.	47
FIGURA 27: PROCESO VALIDACIÓN Y VERIFICACIÓN DE SEÑALES DE LA LISTA DE SEÑALES	48
FIGURA 28: SECCIÓN DE LISTA DE SEÑALES DE LOS DOCUMENTOS DE INGENIERÍA DE DETALLE.....	48
FIGURA 29: SECCIÓN DE FILOSOFÍA DE CONTROL DE CONTROL DE NIVEL TANQUES CON CORRECCIONES DE REV_3.....	49
FIGURA 30: SECCIÓN DE FILOSOFÍA DE CONTROL DE SECUENCIA DE ARRANQUE/PARADA CORRECCIÓN. CORREGIDA REV_3.....	50
FIGURA 31: PANTALLA PRINCIPAL DE OPERACIÓN	51
FIGURA 32: EXTRACTO DE INGENIERÍA DE DETALLE DEL “SISTEMA DE AGUA DE SELLOS”.	52
FIGURA 33: CONTROL DEL SISTEMA DE AGUA DE SELLOS EN LA PANTALLA SCADA	53

FIGURA 34: MODO DE CONTROL PARA TODOS LOS MOTORES EN EL SCADA.....	54
FIGURA 35: MODOS DE OPERACIÓN DE MOTORES.....	55
FIGURA 36: DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE VÁLVULAS INGENIERÍA DE DETALLE	56
FIGURA 37: MODO DE OPERACIÓN DE VÁLVULAS EN LA PANTALLA SACADA	56
FIGURA 38: DESCRIPCIÓN DE OPERACIÓN DE TANQUES DE LAVADO	57
FIGURA 39: SECCIÓN DE PANTALLA PARA CONTROL DE TANQUES DE RECIRCULACIÓN	58
FIGURA 40: DESCRIPCIÓN DE OPERACIÓN DE TANQUES AGUA DE LAVADO	59
FIGURA 41: PANTALLA DE TANQUES DE AGUA LAVADO.....	59
FIGURA 42: DESCRIPCIÓN DE OPERACIÓN DE TORNILLOS TRANSPORTADORES.....	60
FIGURA 43: PANTALLA VISUALIZACIÓN DE OPERACIÓN DE TORILLOS TRANSPORTADORES	61
FIGURA 44: DESCRIPCIÓN DE OPERACIÓN DE BOMBA DE VACÍO.....	62
FIGURA 45: PANTALLA DE SISTEMA DE BOMBA DE VACÍO	63
FIGURA 46: DESCRIPCIÓN DE OPERACIÓN PARA EL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE PULPA.....	64
FIGURA 47: PANTALLA PARA LA OPERACIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE PULPA	65
FIGURA 48: DIAGRAMA ELÉCTRICO PARA CONTROL DE MOTORES	66
FIGURA 49: BORNERAS DE CUBÍCULO DE MOTOR EN CCM.....	66
FIGURA 50: SUPERVISIÓN DE MONTAJE DE CCM.....	67
FIGURA 51: SUPERVISIÓN DE MONTAJE DE CCM.....	68
FIGURA 52: SUPERVISIÓN DE MONTAJE DE CCM 4 CUERPOS	68
FIGURA 53: CCM INSTALADO	69

LISTA DE TABLAS

TABLA 1: EJEMPLO DE OBSERVACIONES DE INSTRUMENTACIÓN & PROCESOS	33
TABLA 2: ASIGNATURAS DE LA CARRERA INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES	72

RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia profesional, para obtener el título profesional de Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones, titulado “Diseño e Implementación de un Simulador de Procesos utilizando Wonderware Intouch para Validar la Automatización en un Sistema de Filtrado de Fosfato Dicálcico para la Industria Química, 2018” consistió en el diseño e implementación de un simulador utilizando el software scada Wonderware Intouch para validar la Ingeniería de Detalle y modelar las secuencias lógicas de los procesos industriales, que permitió aceptar las secuencias de automatización de un Sistema de Filtrado de Sólidos para secado de Fosfato Dicálcico.

Para esto se integró la documentación de la disciplina “Procesos”, en un simulador animado en el software Wonderware Intouch con una licencia temporal para edición. Se interpretó la simbología de cada diagrama de procesos en conformidad con las normas ISA para su identificación en el proceso de control. Se realizaron observaciones a los documentos de Ingeniería de Detalle, estos documentos fueron respondidos con su corrección y para su posterior aprobación. El trabajo se realizó en 4 etapas y se obtuvieron diferentes resultados en cada etapa. La primera etapa consistió en la verificación documentaria de los diagramas P&ID y su conformidad con las normas ISA, la segunda etapa consistió en dibujar los diagramas P&ID en el simulador, la tercera etapa consistió en hacer pruebas de forma animada en el simulador de las secuencias automatizadas indicadas en los documentos de; filosofía de control, interlock's y enclavamientos. La cuarta etapa consistió el pre comisionamiento, comisionamiento y puesta en marcha de los equipos de campo, asimismo se supervisó la integración realizada por una empresa integradora de SIEMENS PERÚ, la cual se basó en toda la documentación de Ingeniería de detalle para la implementación de la automatización del nuevo módulo.

Las pruebas realizadas se llevaron a cabo durante la segunda y tercera etapa del proyecto, cada documento referido a la automatización en la Ingeniería de Detalle se validó en el simulador y como resultado se obtuvieron observaciones para ser emitidas a la empresa americana que emite la Ingeniería de Detalle a fin de reenviar el documento corregido para su conformidad.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la tecnología de automatización y sistemas SCADA permite mejorar el desempeño de los procesos industriales. En el Perú la industria y la producción, recaen en modelos equilibrados en los cuales la producción y la industria del fosfato se refuerzan mutuamente para satisfacer de una manera eficiente y sostenible a los criterios económicos, sociales, medioambientales y a las necesidades de una sociedad cada vez más globalizada. Según el Ministerio de Energía y Minas en el reporte “Anuario Minero” emitido en el 2018 se indica que, “la producción de fosfatos logró escalar una posición, desplazando a la producción de hormigón como el segundo mineral no metálicos más extraído en el 2018, significando el 16.7% de la producción no metálica nacional con un total de 10.3 millones de toneladas de mineral, registrando un incremento del 22.0% con respecto al año 2017”.

Mediante la tecnologías de Controles SCADA se han impulsado los avances industriales, las mejoras de productividad en la industria química depende directamente de la migración a nuevas tecnologías y a diferentes formas de trabajo, es decir se tiene que adaptar el proceso productivo a las innovaciones tecnológicas, científicas, los procesos químicos a los nuevos modelos de redes industriales y sobre todo la integración interdisciplinaria de ingenierías del proyecto; todas estas enmarcadas a las nuevas tecnologías en el proceso industrial. La producción del fosfato dicálcico es necesaria para cubrir la demanda de la industria de producción animal a nivel nacional e internacional debido a que es una fuente fundamental como complemento alimenticio, porque suple la carencia de fósforo y de calcio. Según la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT), en su Informe N°845 CCL, “Las exportaciones totales del sector químico en el año 2017 cerraron con un total de US\$1.380 millones, registrando un aumento del orden de 6% comparado con el año anterior”, lo cual fue equivalente al 0.62% del PBI del Perú durante ese mismo año.

La Simulación de procesos es una herramienta importante e interdisciplinaria, que se utiliza para representar un proceso establecido mediante otro que lo hace mucho más simple y entendible, se define la estructura del sistema que requiere simular y

la ejecución del programa de simulación correspondiente, predice el comportamiento dinámico del proceso o de la máquina diseñada, como beneficio el simulador permitió garantizar el funcionamiento de la automatización del proyecto de sistema de filtrado por banda, de esta manera no se afectó al cronograma del proyecto ni a la producción de la planta.

El contenido del presente trabajo de suficiencia profesional titulado, “Diseño e Implementación de un Simulador de Procesos utilizando Wonderware Intouch para validar la Automatización en un Sistema de Filtrado de Fosfato Dicálcico para la Industria Química, 2018”, consta de dos capítulos, el primer capítulo denominado Marco Teórico que consta de las bases teóricas y definición de términos básicos y el segundo capítulo llamado “Metodología de desarrollo del trabajo profesional” donde se detalla la delimitación temporal y espacial del trabajo, se determina y analiza el problema, se modela la solución propuesta y finalmente se presentan los resultados. Finalmente, se presentan las conclusiones, las Referencias bibliográficas y los Anexos.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

a. General

- Diseñar e Implementar un simulador de procesos utilizando Wonderware Intouch para validar la Automatización de un Sistema de Filtrado de Fosfato dicálcico para la Industria Química-2018.

b. Específicos

- Validar la documentación de la automatización para identificar los estados de equipos durante las secuencias de automatización.
- Esquematizar los diagramas P&ID en un simulador Wonderware Intouch de procesos industriales.
- Probar y observar el funcionamiento automatizado del sistema de control en el simulador Wonderware Intouch.
- Ejecutar el pre comisionamiento, comisionamiento y puesta en marcha de los equipos del sistema de automatización de la planta química.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Bases Teóricas

Está compuesto por el marco teórico general, el cual está comprendido por los términos generales de un simulador industrial, definición normativa que competen a la industria química y a la composición de redes industriales. El marco teórico específico está compuesto por artículos de investigación relacionados al presente trabajo, los cuales son presentados a forma de soporte teórico.

1.1.1 Marco teórico general.

1.1.1.1 Simulador de procesos

Pavel y Allen (2014) afirman que “La simulación tiene como objetivo la predicción del comportamiento del proceso o sistemas simulados. Los resultados, sin embargo, nunca pueden garantizarse por completo debido a una serie de razones prácticas y conceptuales” (p.86). Por esto y a pesar de validar las secuencias de automatización en un simulador de procesos se debe validar con las secuencias de automatización durante todo el proceso constructivo.

Pavel y Allen (2014) sostienen que “La simulación es uno de los métodos que se utiliza para encontrar el comportamiento global del modelo. La base de conocimiento de una condición inicial está limitada a las limitaciones que actúan localmente” (p.87).

“Las herramientas de software de simulación son comunes hoy en día entre analistas e ingenieros en varios tipos de aplicaciones y para diferentes propósitos. El principal beneficio la simulación a los profesionales es la capacidad de modelado de sistemas dinámicos”. (Raid, 2015, p.34). Los simuladores son herramientas de software que emulan procesos reales en ambientes seguros. (Trujillo et al, 2018)

También se resalta que la simulación de procesos es equivalente al diseño de procesos, lo que de hecho es una comprensión engañosa. La simulación de procesos y la síntesis de procesos son dos elementos importantes e interrelacionados en el diseño de procesos químicos que pueden utilizarse para lograr un diseño de procesos óptimo. (Dominic et al, 2017)

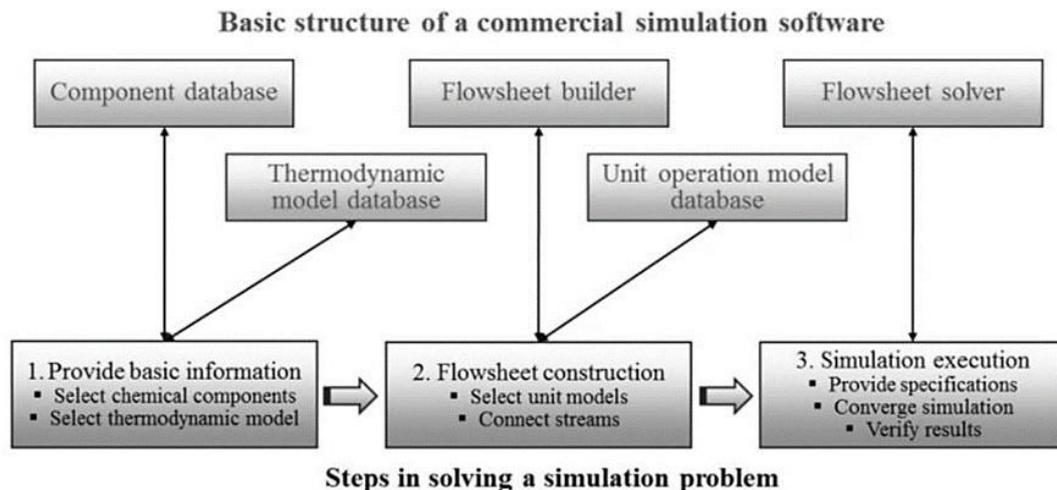


Figura 1: Estructura básica de un software de simulación.

Fuente: Dominic C. et al (2017), Chemical Engineering Process Simulation.

De lo anterior indicado se resalta que el diseño de un simulador debe estar interrelacionado con los procesos propios del medio, tal como se muestra en la figura 1, Dominic (2017), afirma que:

La figura 1 presenta una lista de pasos secuenciales para resolver un problema de simulación. En el Paso 1, primero se proporciona la información básica para un problema de simulación. Esto incluye la selección de componentes químicos y el modelo dinámico, que se pueden realizar fácilmente a través de sus bases de datos asociadas del software (...) el paso 2, el diagrama de flujo del proceso se construye utilizando el generador de diagramas de flujo. Esto implica la selección de modelos de operación de unidad apropiados y las conexiones entre ellos con los flujos de procesamiento.

En el paso 3, se proporcionarán especificaciones para los modelos de la unidad, así como importantes corrientes de entrada para ejecutar la simulación. Finalmente, es importante verificar los resultados de la simulación, ya sea a través de algún modelo empírico, balances de masa y energía o mediante datos de plantas / experimentales informados. Si lo hace, aumentará el nivel de coincidencia del modelo de simulación. (p.8)

1.1.1.1.1 Simulador de un SCADA.

El presente proyecto utilizó el software SCADA comercial “Wonderware Intouch” para diagramar y simular el sistema de automatización, este SCADA tiene una interfaz amigable y compatible con los sistemas de control existentes en la planta, asimismo es compatible con varias marcas de PLC. Pérez (2015), afirma que:

Un sistema SCADA es una aplicación o conjunto de aplicaciones de software especialmente diseñadas para funcionar sobre ordenadores de control de producción, con acceso a la planta mediante la comunicación digital con instrumentos y actuadores, e interfaz gráfica de alto nivel para el operador (pantallas táctiles, ratones o cursores, lápices ópticos, etc.). Aunque inicialmente solo era un programa que permitía la supervisión y adquisición de datos en procesos de control, en los últimos tiempos ha surgido una serie de productos de hardware y buses especialmente diseñados o adaptados para este tipo de sistemas. La interconexión de los sistemas SCADA también es propia, y se realiza mediante una interfaz del PC a la planta centralizada, cerrando el lazo sobre el ordenador principal. (p.4)

1.1.1.2 Filtro Banda

Xavier (2015) indica que: “El principio de funcionamiento de un filtro banda consiste en deshidratar los fangos, habiendo añadido floculantes mediante etapas de presión y gravedad. La presión es creciente a medida que el fango avanza en la prensa” (p.965).

1.1.1.2.1 Estructura

Además de saber el principio de funcionamiento del filtro banda, es importante conocer su estructura indicada en la Figura 2. Joaquín et al (2015) afirma:

Un filtro banda consiste, básicamente, en una cinta transportadora sobre la que se coloca el fango, y en una cinta cobertura. El fango se sitúa entre ambas cintas, que son permeables. Este conjunto pasa a través de una serie de rodillos colocados para conseguir la compresión del fango. En algunos modelos se hace el vacío en alguna zona del recorrido para aumentar la extracción del agua. (p. 7)

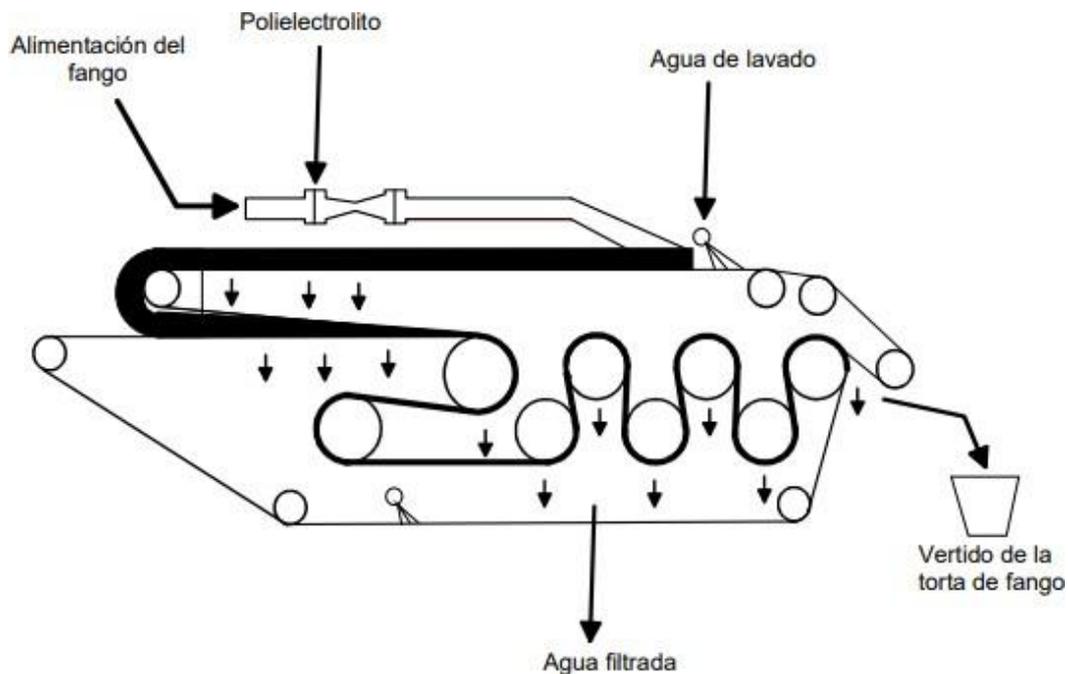


Figura 2: Estructura del filtro banda.

Fuente: Joaquín et al (2015), Tecnologías de Deshidratación de Fangos.

1.1.1.2.2 Funcionamiento de Filtro banda

El funcionamiento del filtro banda es efectuado por los fenómenos de succión, gravedad y filtración que brinda la tela filtrante tal y como se muestra en la Figura 3, Joaquín et al (2015) indica que:

En un filtro banda, tras el acondicionamiento, el fango se deposita al inicio de la cinta en una zona en la que la extracción de agua se hace por gravedad, simplemente dejando que escurra a través de la cinta. A medida que avanza este proceso la cinta cobertura se acerca cada vez más al fango entrando en la zona de prensado. Por último, se entra en una zona en la que la distribución de los rodillos es tal que se produce una gran compresión en los puntos de giro de la cinta. (p. 10)

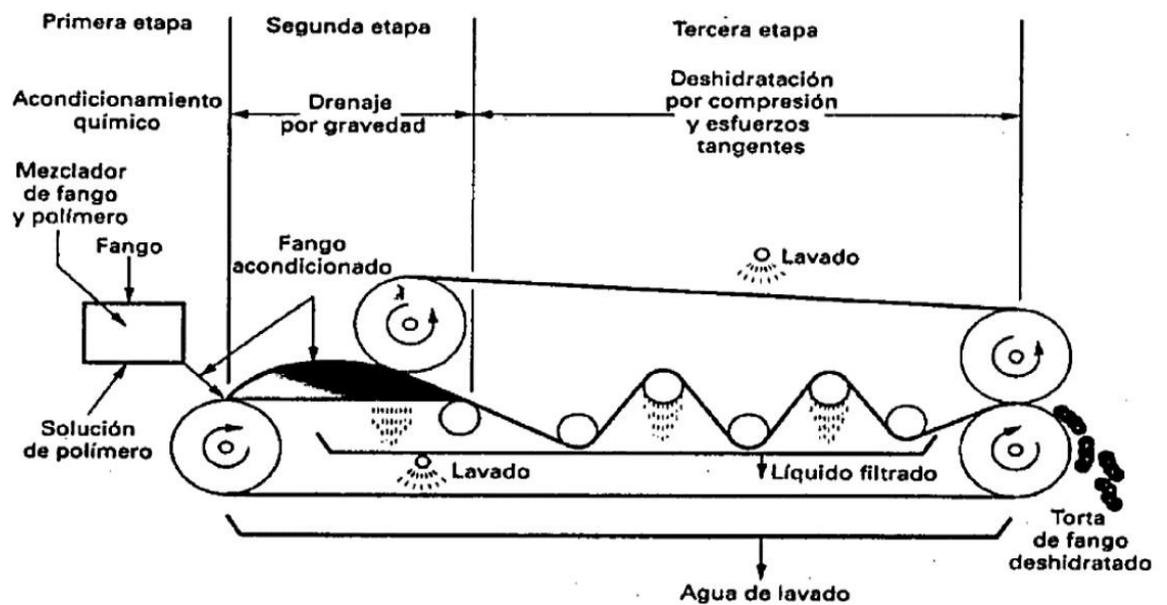


Figura 3: Funcionamiento de un filtro banda.

Fuente: Joaquín et al (2015), Tecnologías de Deshidratación de Fangos.

1.1.1.3 Tipos de filtro banda

Para Xavier (2012) existen varios tipos: “el secado mono banda (una banda y un nivel, muy accesible), los secadores multinivel (dos o más secados Mono banda superpuestos) a presión y los secados multibanda (dos o más bandas, más compactos, ocupan menos superficie, pero más altura)” (p.738).

1.1.1.3.1 Filtro banda a presión

Existen dos tipos de filtro banda, el filtro banda a presión y el filtro banda a succión, en el presente proyecto se implementó un sistema de filtro banda por

succión, pero se indica el funcionamiento del filtro banda de presión puesto que son muy similares, solo que este utiliza dos bandas. En la figura 4 y la figura 5 se muestra modelo de filtro banda a presión, Moretón (2008) explica lo siguiente sobre el filtro banda de presión:

En los filtros banda a presión, la pérdida de carga producida en la filtración se obtiene por la compresión y cizalladura de dos elementos filtrantes entre los cuales se deposita la suspensión a filtrar. Su aplicación deriva de la Industria Papelera y ha sido posible gracias a los avances en la preparación de los lodos mediante los procesos de coagulación y floculación por polielectrolitos. Este acondicionamiento de los lodos permite una rápida separación de fases, con la consiguiente aglomeración de la fase sólida, que permite su manejo entre dos bandas abiertas. El lodo acondicionado se deposita entre las dos bandas produciéndose, en la primera etapa un brusco desgastamiento sobre la banda inferior. A continuación, el lodo de elevada concentración de sólidos, se introduce entre las dos bandas, a las que se conduce conjuntamente mediante diversos rodillos, provocando cambios bruscos de dirección para, con la compresión y cizalladura producidas, conseguir la deshidratación de la fase sólida. (p.17)

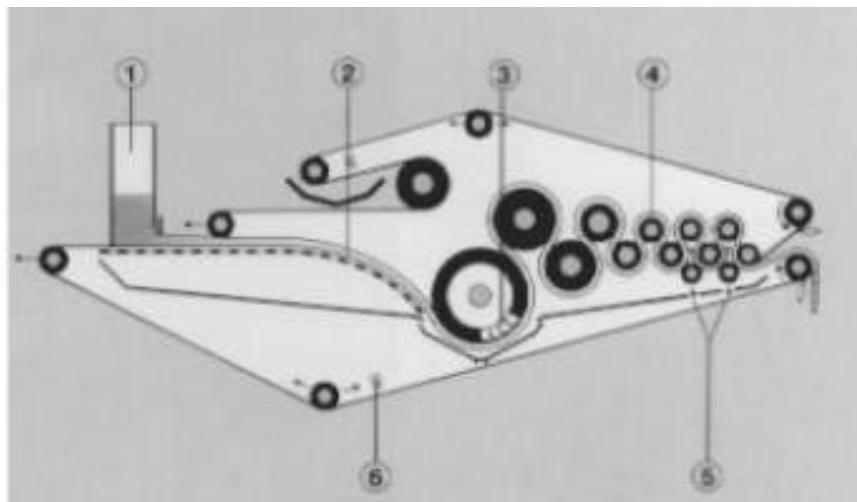


Figura 4: Estructura de filtro banda por presión.

Fuente: Reciclaje de residuos industriales 2015, p.965.

Para Saiz (2007) “Los filtros banda consisten en dos bandas de tela filtrante continuas entre las cuales se introduce el lodo, siendo la deshidratación una combinación de fuerza de gravedad y presión” (p.396).

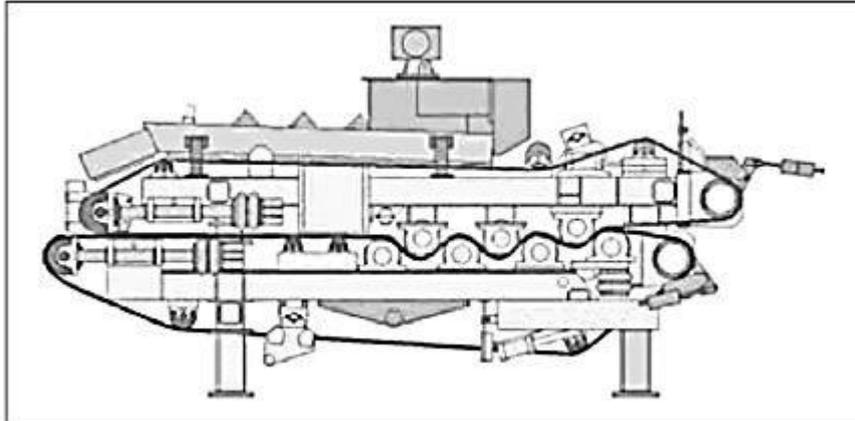


Figura 5: Ruta de lodos en el filtro banda a presión para deshidratar lodo.

Fuente: Juan Antonio Saiz (2017) Tecnologías para la sostenibilidad. (p.396).

1.1.1.3.2 Filtro banda al vacío

En el presente proyecto se implementó el filtro banda que es básicamente un filtro banda de succión al vacío, filtra los lodos a través de ventosas de succión ubicada debajo de la banda. En la figura 6 se observa un filtro banda al vacío, sobre el filtro banda al vacío Moreton (2008) especifica que:

En este filtro, a diferencia del anterior, la suspensión a filtrar se vierte sobre una banda de desplazamiento horizontal, bajo la cual se realiza el vacío necesario. Para muchas aplicaciones permite una mejor distribución de la superficie filtrante sin la limitación del desarrollo circunferencial de los filtros de tambor, dando lugar a utilizar mayores tiempos de deshidratación de la torta. La velocidad de la banda y el caudal de alimentación nos determinan los espesores de torta deseados. Tienen la desventaja frente a los anteriores de su mayor complejidad de diseño, por lo que son más caros. La banda soporte suele construirse mediante bandas continuas de goma o bien mediante placas deslizantes de acero, debidamente ranuradas para recoger el filtrado y con los ribetes laterales adecuados, sobre las que se coloca el tejido filtrante. (p.15)



Figura 6: Filtro mono banda de succión al vacío.

Fuente: Recuperado de: www.ecominer.cl/equipos/filtros_de_banda

1.1.1.3.3 Partes de un filtro banda

El filtro banda consta de fases de deshidratación, en la primera fase el fango tiene un drenaje libre, y en la segunda es sometida a una presión o succión progresiva, tal y como se indica en la figura 7.

“El sistema del filtro; combina la filtración en abierto y la presión entre telas filtrantes que se sitúan entre rodillos para ejercer un tensado progresivo, el lodo líquido se dispone entre las telas que el agua se elimine por escurrido y posteriormente por presión”. (Orosco et al, 2013, p.200)”.

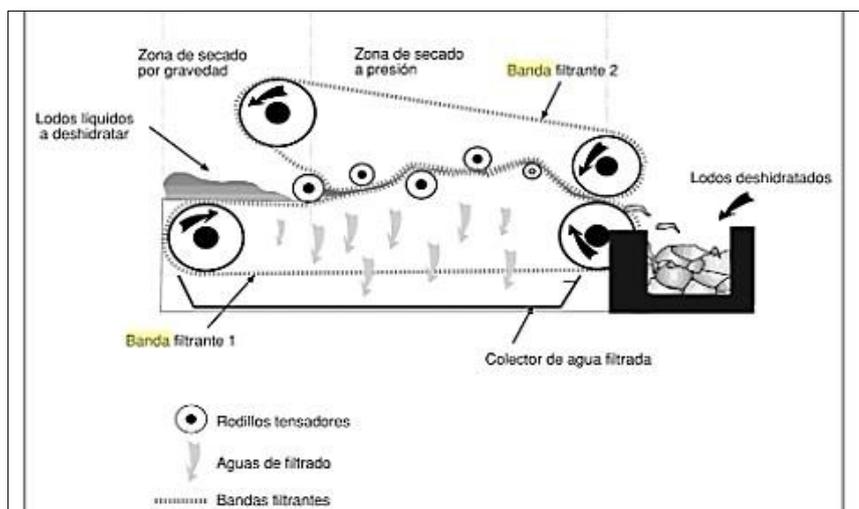


Figura 7: Parte de un filtro banda.

Fuente: Orosco et al, Contaminación Ambiental 2013, p.200).

1.1.1.4 Capacidad de filtro Banda:

Antes de realizar implementar el módulo de filtro banda se realizó una ingeniería básica, donde se calculó el volumen de procesamiento de lodo a ser secado. Resumidamente, Saiz (2007) indica:

La capacidad de filtración de una unidad de este tipo viene dada por la anchura de la banda filtrante, existiendo unidades con anchura de 1 y 3m. La carga hidráulica y másica que puede adquirir un filtro bandas va a depender del diseño del fabricante, velocidad de paso, tipo de fango, floculación previa, etc. La sequedad de la torta en este tipo de unidad es próxima al 25-30%. (p.967).

1.1.1.5 Seguridad Industrial

La seguridad industrial es un conjunto de normas que buscan proteger a las personas y a los bienes materiales de las empresas, por eso es muy importante que todos los trabajadores de las plantas industriales tengan conocimientos firmes de las buenas practicas de seguridad, puesto que en toda industrial existen elementos peligrosos con sus potenciales riesgos. Arnulfo C. (2016) define la seguridad e higiene industrial:

Se define como: El conjunto de normas, conocimientos y técnicas dedicadas a reconocer, evaluar y controlar aquellos factores del ambiente, psicológicos, intencionales, manejo de agentes nocivos y sustancias inseguras que provienen del trabajo y que pueden causar enfermedades o deteriorar la salud, con la finalidad de promover y mantener el más alto grado de bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las profesiones. (p.18)

1.1.1.5.1 Seguridad en sistemas de automatización

Respecto a la seguridad en sistemas automatizados, existen protocolos que recogen normas de seguridad que se debe respetaren en relación a la puesta en marcha y uso de sistemas (sistema automatizado y/o robotizado). Antúnez F. (2016) afirma:

El automatismo dispondrá de necesarias señales de seguridad como "peligro, aviso descarga electrostática, descarga eléctrica, precaución, etc.", facilitadas por el fabricante del automatismo y relacionadas con el tipo de sistema que será necesario respetar para evitar daños y/o averías. Estas señales estarán ubicadas convenientemente para garantizar la seguridad del automatismo y de los operarios que la manipulen. (p.152).

1.1.1.5.2 Seguridad según las normas ISO.

Los sistemas para gestionar los riesgos y la seguridad se desarrollan con la finalidad de minimizar los distintos riesgos referentes a multitud de amenazas originadas por las personas, organizaciones, gobiernos, tecnología o el medio ambiente. Para llevar a cabo una correcta gestión del riesgo y seguridad, es necesario invertir todos los recursos humanos y materiales con los que cuente la organización. Como norma de seguridad se ha considerado la NORMA ISO 45001 (2018), cuya traducción al español se define así:

El propósito de un sistema de gestión de la SST es proporcionar un marco de referencia para gestionar los riesgos y oportunidades para la SST. El objetivo y los resultados previstos del sistema de gestión de la SST son prevenir lesiones y deterioro de la salud relacionados con el trabajo a los trabajadores y proporcionar lugares de trabajo seguros y saludables; en consecuencia, es de importancia crítica para la organización eliminar los peligros y minimizar los riesgos para la SST tomando medidas de prevención y protección eficaces. (p.7)

1.1.2 Marco teórico específico

Se revisaron las publicaciones en Revistas y Journals clasificados dentro de los cuartiles Q1 y Q2 de acuerdo al ranking Scimago, los cuales se resumen a continuación:

Braginsky et al (2016), en su investigación “*E-Network Modelling of Process Industrial Control Systems in Building Computer Simulators*” publicada en “2016 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON)”, discutió sobre las diferentes ventajas de aplicar simuladores en procesos industriales, el autor indica que una de las tareas urgentes en la construcción de simuladores por computadora es la elección de un esquema de modelado para la industria. Su trabajo considera un enfoque de simulación analítica para modelar un sistema hombre-máquina basado en redes electrónicas. En el artículo proponen principios de construcción de los modelos de la parte hardware y software del sistema para facilitar el control industrial. Braginsky concluyó que se puede utilizar una red electrónica como una herramienta matemática para la modelización procesos de interacción heterogéneos, Braginsky propone modelos matemáticos de dos capas de operación que ejecuta el resultado de la toma de decisiones lógicas y simula la dinámica como si fuera un operador humano.

En base a la investigación de Braginsky se resumen que el uso de modelos matemáticos brinda mayores resultados en la toma de decisiones lógicas en los sistemas de software y hardware de la industria.

Pruna et al (2016), en su investigación “*Implementation of a simulator of industrial Processes*” publicado en “2016 IEEE International Conference on Automatica (ICA-ACCA)”, presentó un simulador de procesos industriales compatible con PLC Siemens S7-1200 implementado en software LabVIEW, consistió de dos procesos industriales (mezclador y nivel de control), propuso un sistema que brinda ayuda en el aprendizaje práctico de la automatización industrial mediante PLC, indica que la facilidad de uso e indicadores de rendimiento. Pruta et al concluyo qué, un simulador de procesos industriales permite la simulación en tiempo real de los procesos de automatización industrial, con ello los usuarios pueden desarrollar habilidades de programación y tener un alto conocimiento en la

utilización PLC para el diseño e implementación de sistemas automatizados. El sistema implementado es de fácil utilización y bajo costo en relación a la adquisición de prototipos para la enseñanza en automatización industrial, permitiendo con ello que la enseñanza en esta temática sea personalizada y más amigable. El sistema implementado es flexible pues permite la integración de nuevos procesos de simulación de acuerdo a las necesidades.

Por lo antes mencionado, se resume que los simuladores industriales pueden brindar respuestas similares a las de campo, y esto permite tener un entorno seguro de trabajo y aprendizaje para operadores y programadores.

Oana et al (2016), en su investigación "*The industrial process control simulator with Programmable Logic Control*" publicada en "2016 IEEE 11th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI)" plantea que; el uso un simulador de procesos industriales puede reemplazar muchos equipos costosos. La simulación de automatización para procesos industriales asegura la realización de sistemas de automatización óptimos que deben ponerse en funcionamiento en muy poco tiempo. Oana presento un simulador utilizando lógica programable implementada en un Controlador Lógico Programable industrial, con capacidad para un gran número de procesos en diferentes áreas, que puede ser usado con fines didácticos y prácticos. El simulador de Oana, dispone de un único bloque de simulación para todas las aplicaciones sobre las que se aplican diferentes máscaras en función de la aplicación deseada. Oana et al concluyen que los propósitos del Simulador de Sistemas tener una herramienta pedagógica para enseñar el funcionamiento de los procesos lógicos de control en los controladores lógicos programables.

Por lo expuesto en la investigación de Oana, se resalta que la principal ventaja de los sistemas de control lógico programable es el hecho de que las simulaciones de procesos pueden hacerse más reales utilizando la máscara apropiada.

Ryabchikov et al (2016) en su artículo de investigación "*Automated Support System for Administration of Steel Processing in the Ladle Furnace with a Function of Process Staff Training*" publicado en "2016 2nd International Conference on

Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM)” describe la estructura de un sistema automatizado para la selección de modos de procesamiento del acero en un horno cuchara; Ryabchikov considera una estructura que se basa en el uso de estimaciones generalizadas de costos y calidad del proceso metalúrgico teniendo en cuenta la calidad del producto y la aceptabilidad de los modos de trabajo del equipo. La capacidad de estudiar el impacto de los recursos administrativos en el desempeño de la unidad, así como en los costos y la calidad del proceso, es una de las propiedades diferenciadoras de los sistemas de apoyo a la administración con función de capacitación. Supone que el personal que opera en una empresa metalúrgica está interesado en obtener un producto de alta calidad en una operación que no tenga fallos de emergencia de equipos y falta de sobrecarga visible, controlado los recursos materiales. Por eso es razonable utilizar estimaciones generalizadas de costos determinados con respecto al consumo actual de recursos y estándares planificados durante el proceso de optimización. Las correlaciones recibidas entre las estimaciones generalizadas de la calidad y los costos del proceso en varios tiempos de duración se utilizaron en el desarrollo de simuladores para la capacitación del personal en las empresas metalúrgicas y la formulación de recomendaciones para la administración del proceso con una duración variable del procesamiento del acero. Ryabchikov concluye que; el simulador del sistema automatizado brinda apoyo al personal administrativo del horno de cuchara puesto que incluye evaluaciones de la calidad y costos generalizados en el proceso de capacitación del personal de la empresa metalúrgicas.

Tras simular los procesos de ingeniería, el operador recibe estimaciones de los modos de control seleccionados en forma de parámetros generalizados de calidad y costo. Cabe señalar que los mejores resultados pueden lograrse durante la capacitación cuando se utilizan evaluaciones generalizadas junto con el sistema de apoyo de información para la simulación del proceso, capaz de mostrar al personal aprendiz las causas y consecuencias de las proyecciones y tendencias del proceso.

Por lo indicado en la investigación de Ryabchikov et al, el uso de simuladores de procesos industriales como herramientas didácticas sirven para reforzar el adiestramiento del personal aprendiz en cuanto a las proyecciones y tendencias del proceso industrial.

1.2 Definición de términos básicos

DCP: Fosfato Dicálcico también conocido como fosfato cálcico dibásico o fosfato cálcico monohidrógeno, es una de las formas del fosfato cálcico.

Filtro Banda: Consiste en la separación de líquidos de la parte sólida, conservando esta última, la extracción de los líquidos realiza mediante por la aplicación de una presión negativa a la tela. (Xavier Elías, 2012)

HMI: Es una Interfaz Humano-Máquina, la abreviación se debe por su nombre en inglés: Human-Machine Interface

Ingeniería de Detalle: Es el desarrollo, en detalle, de la ingeniería básica, con el objeto de producir toda la documentación técnica necesaria para efectuar la contratación de los servicios de la ingeniería de fabricación y del suministro de los sistemas, equipos y componentes. (Aznar H, 2016)

ISO 45001: Es una norma internacional que especifica todos los requisitos para asegurar la salud y seguridad en el trabajo, ofrecerá orientación para la implementación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo y permite a las organizaciones ser proactivas, incrementar su rendimiento en cuanto a prevención de lesiones, etc.

Normatividad de seguridad: es un conjunto de normas que permite la armonización de las condiciones de trabajo, la implicación de los trabajadores y la protección social.

Norma ISO de seguridad: La norma ISO 45001 es un estándar que contiene un sistema efectivo de gestión de seguridad y salud ocupacional, que permite mejorar su activo más importante la capacidad del personal.

Proyecto Industrial: Se puede establecer que un proyecto de ingeniería industrial integra y coordina todos los recursos necesarios, mediante la adecuada planificación y programación temporal, para la implementación industrial de una idea. (Sebastián Pérez, 2017).

Software y hardware SIEMENS: Las innovaciones en software y hardware industrial proporcionadas por Siemens permiten a cualquier tipo de industria (Discreta, Proceso o Híbrida) incrementar su productividad, flexibilidad y

eficiencia para poder competir más y mejor en los distintos mercados. Siemens. (Revista Digital, 2016).

PLC: Un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller).

SCADA: (Supervisory Control and Data Acquisition, es decir, Supervisión, Control y Adquisición de Datos). Aplicación visual para monitoreo de plantas.

Sistema Emerson Delta V: Diseñado desde la base para proporcionar todos los beneficios de HART y FOUNDATION fieldbus como parte de la arquitectura digital de planta de Plantweb.

Simulador de procesos: Software para crear un modelo computarizado de todo proceso de manufactura.

Wonderware InTouch: es el Interfaz Hombre-Máquina (HMI) y un software de visualización de procesos industriales, permite crear aplicaciones.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

En el presente trabajo de suficiencia profesional se empleó la metodología descriptiva, que consiste en llegar a conocer las situaciones, disposiciones y procedimientos correctos del proyecto de automatización del sistema de filtrado de fosfato dicalcico. A través de un simulador se estudia la predicción e identificación de las relaciones que existen entre las variables (documentos de Ingeniería de Detalle y simulación de la automatización).

Etapas para el desarrollo del proyecto sistema de filtrado de fosfato dicalcico en la empresa:

1. Identificación de necesidades y problemas del sistema automatizado en planta química.
2. Búsqueda de soluciones al problema.
3. Planteamiento de requisitos de objetivos en el simulador.
4. Recepción de documentos de ingeniería.
5. Revisión de documentos de ingeniería
6. Investigación de conocimientos desconocidos.
7. Desarrollo del simulador de procesos con la información recibida
8. Evaluación del funcionamiento de la planta en función del simulador.
9. Redacción de observaciones encontradas en la documentación de la Ingeniería de Detalle (automatización).
10. Revisión y validación de la corrección de observaciones.
11. Implementación del simulador.
12. Implementación del proyecto en la planta química.

2.1 Delimitación temporal y espacial del trabajo.

La implementación del proyecto se ejecutó desde marzo del 2017 hasta septiembre del 2018, en la planta de filtrado de Fosfatos del proyecto Filtro de Banda de una empresa del rubro minero-químico, localizada en la Provincia Constitucional del Callao.

2.2 Determinación y análisis del problema

El proyecto titulado “Diseño e implementación de un simulador de procesos utilizando Wonderware Intouch para validar la automatización de un sistema de filtrado de fosfato dicálcico para la Industria Química” permitió eliminar fallas y problemas originados por errores o falta de información en la Ingeniería de Detalle, que pueden afectar al sistema de automatización, además fue necesario para validar las secuencias de automatización, fue una herramienta importante para visualizar el diseño del sistema de control SCADA y permitió encontrar errores en las secuencias de automatización que de no haber sido identificados hubieran ocasionado el retraso en la entrega de este proyecto y por consiguiente pérdidas en la producción de la planta, afectando económicamente a la empresa. Cada hora sin producción equivale a no producir cinco toneladas de fosfato dicálcico.

El autor del presente trabajo, con el cargo de Ingeniero de Proyectos, tiene la responsabilidad de evitar que el sistema de automatización del proyecto pueda fallar, el uso de un simulador para validar las secuencias del sistema de automatización, ayuda a reconocer condiciones lógicas no especificadas en la filosofía de control, porque se comprueban las condiciones lógicas y las secuencias automáticas en un entorno virtual controlado y no en el sistema SCADA de planta, que acciona bombas, motores y elementos actuadores, teniendo en cuenta que el mal accionar del sistema SCADA puede generar daños a los trabajadores, equipos y/o malograr la producción.

2.3 Modelo de solución propuesto

Para implementar el modelo propuesto, se consideraron cuatro etapas para validar la automatización de sistema de filtrado de fosfato dicálcico para la industria química:

- 1) Revisión de documentos de Ingeniería de Detalle.
- 2) Implementación de la Ingeniería de Detalle.
- 3) Validación de la Ingeniería de Detalle.

4) Supervisión de la implementación de las especificaciones de la Ingeniería de Detalle en la construcción de la planta

El simulador se interrelaciona con la Ingeniería de Detalle de la siguiente manera (ver figura 8):

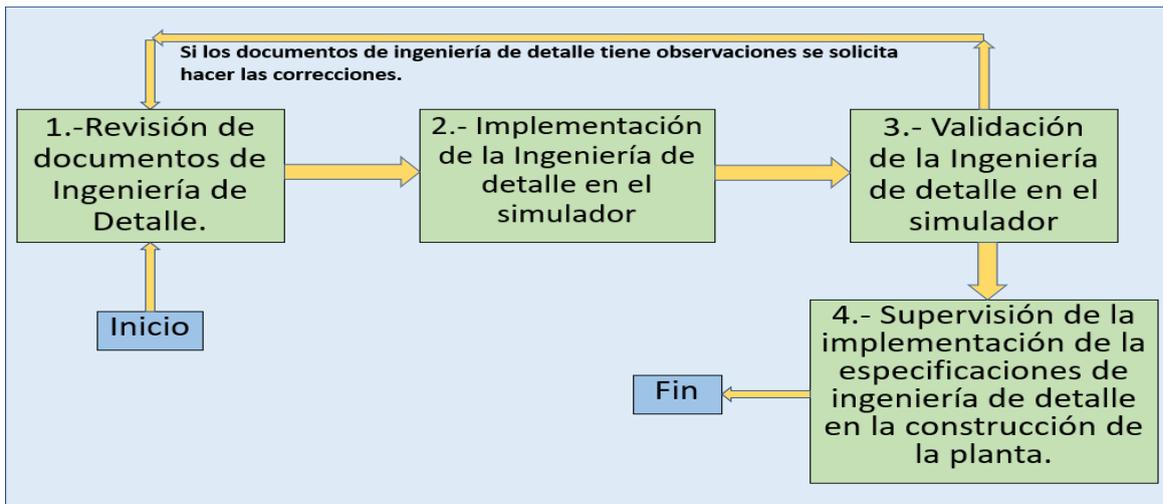


Figura 8: Secuencia de implementación del automatismo del sistema automatizado.

Fuente: Elaboración propia.

- a. Se recibe documentación correspondiente a la Ingeniería de Detalle de la disciplina de Instrumentación, procesos o especificaciones técnicas de equipos, para su revisión.
- b. Se proyecta el simulador en el programa InTouch como se indica en los diagramas de proceso descritos en la Ingeniería de Detalle.
- c. A través del simulador, se valida la información bajo conocimientos previos sobre programación de PLC y sistemas SCADA. Luego de realizar el análisis de las secuencias automáticas, el Ingeniero de Proyectos da la conformidad a los documentos para que sean implementados por proveedores, en el caso de encontrar observaciones, el documento es rechazado hasta que se corrija, especifique o mejore la información del documento de ingeniería.
- d. Finalmente, se supervisa la implementación y funcionamiento del sistema automatizado basado en las especificaciones constructivas de la Ingeniería de Detalle.

A continuación, se describen las etapas de la secuencia de implementación del automatismo del sistema de filtrado de fosfato dicalcico, indicadas en la figura 8.

2.3.1 Revisión de la documentación de la Ingeniería de Detalle.

Para el proyecto sistema de filtrado de fosfato dicalcico, la revisión de la Ingeniería de Detalle fue la etapa más importante del desarrollo del proyecto, consistió en generar los documentos necesarios para llevar el proyecto de un ámbito conceptual a un campo real a través de todas las especificaciones para su construcción.

En esta etapa quedan definidos todos y cada uno de los subsistemas, componentes o partes que forman el proyecto, los ingenieros de proyectos supervisaron el desarrollados de los documentos que deben ser suficientes para la construcción y operación del módulo dentro de la planta.

El Ingeniero de Proyectos encargado de la automatización valida los siguientes documentos:

- Anexo 2: Tabla de 48 documentos ELECTRICOS.
- Anexo 3: Tabla de 38 documentos de PROCESOS e Instrumentación.
- Anexo 4: Tabla de 42 documentos de instrumentación.

La validación/supervisión de los documentos consiste en encontrar errores en la documentación de Ingeniería de Detalle, en esta fase no se pueden tener errores importantes ni valores estimados, toda la información debe ser lo más exacta posible, aunque no sea posible disponer de toda la información necesaria, la precisión debe ser alta.

Consta de las siguientes tareas: Verificar, confirmar y si fuese necesario modificar las hipótesis y soluciones del diseño. Suministrar toda la información técnica, económica y legal a la empresa que realiza la Ingeniería de Detalle del proyecto, preparar los datos técnicos, detalles constructivos y condiciones en que

debe fabricarse o construirse el detalle del proyecto, revisamos los estudios previos y la ingeniería básica precedente.

La comprobación de los detalles constructivos en campo es necesaria por las siguientes razones:

- Es posible que, el tiempo transcurrido desde transmisión de información para la edición de los documentos de detalle, se hayan modificado las condiciones del entorno y, por tanto, la información fijada en el anteproyecto puede que no corresponda con la nueva realidad de la planta (nuevas líneas eléctricas, nuevas tuberías, estructuras retiradas, modificadas o añadidas etc.)

En esta etapa también se realizó la definición de los subsistemas integrados al sistema de control, (tipo de tecnología, características de equipos y capacidad eléctrica, características de los materiales que componen los elementos de subsistemas).

Cada Ingeniero de Proyectos es responsable de su disciplina, en cada disciplina se identifica cada componente de tal manera que en la fase de fabricación no quede ningún aspecto constructivo sin definir. Todo detalle no resuelto en la fase de diseño puede traducirse en un grave problema en la etapa de montaje o puesta en marcha.

El Ingeniero de Proyecto no puede confiar en el criterio de los fabricantes ni deja en manos de empresas terceras la fijación de los detalles, puesto que él está en posesión de todas las claves del problema y, además, las empresas terceras pueden tender a plantear soluciones para que su beneficio sea máximo y no necesariamente para que la planta tenga el resultado más óptimo.

Una vez recibidos los diagramas de proceso P&ID se comprueban que cumplan las normas, leyes y reglamentos requeridos (normas ISA, reglamento nacional de electricidad).

En todo caso, deben consultarse las normas con el fin de incluir en los planos y demás documentos todas las condiciones que es obligatorio citar.

En la tabla 1, se muestran algunas de las observaciones encontradas en un transmittal (el transmittal es un formulario en el que se enumeran los documentos o la información que se envía a un destinatario.) Se indica en la tabla a continuación que todos los documentos fueron revisados, y si no se encuentra alguna observación se coloca que el documento no tiene observaciones, por lo tanto, se valida el documento.

Tabla 1: Ejemplo de observaciones de instrumentación & procesos.

Tabla de ejemplo de observación realizadas a los documentos de instrumentos y procesos					
Disciplina	Resp.	Trans.	Documento	Pag	Observación
INST	DY	T-81	Diagramas P&ID	1	No se encontró observación / distribución de instrumentos y lazos de control. 1413
INST	DY	T-82	Diagramas P&ID	1	No se encontró observación / distribución de instrumentos y lazos de control. 1445
INST	DY	T-90	Diagramas P&ID	1	No existe tag de LAL 1401, LALL 1401, I 113 en lista de instrumentos / pese a que existen otros instrumentos homologos en DSC. ejm LAH 1401.
INST	DY	T-91	Diagramas P&ID	1	No existe tag de LAL 1402, LALL 1402, I 114 en lista de instrumentos / pese a que existen otros instrumentos homologos en DSC. ejm LAH 1402.
INST	DY	T-95	Diagramas P&ID	1	No existe tag de TI 1413 en lista de intrumentos / pese a que existen otros instrumentos homologos en DSC. ejm TI 1408.
INST	DY	T-96	Diagramas P&ID	1	No existe tag de LAL 1414, LALL 1414, I 116 en lista de instrumentos / pese a que existen otros instrumentos homologos en DSC.
INST	DY	T-97	Diagramas P&ID	1	No existe tag de LAL 1415, LALL 1415, I 117 en lista de instrumentos / pese a que existen otros instrumentos homologos en DSC.
INST	DY	T-99	Detalles de montaje.	1	Modificar en lista de instrumentos HV 1440 & HY 1440 por FV 1440 & FY1440 y en todos los documentos con este error
INST	DY	T-100	Detalles de montaje.	1	Modificar en lista de instrumentos HV 1441 & HY 1441 por FV 1441 & FY1441 y en todos los documentos con este error.
INST	DY	T-101	Detalles de montaje.	1	Modificar en lista de instrumentos HV 1450 & HY 1450 por FV 1450 & FY1450 y en todos los documentos con este error.
INST	DY	T-102	Detalles de montaje.	1	Modificar en lista de instrumentos HV 1451 & HY 1451 por FV 1451 & FY14501 y en todos los documentos con este error.
INST	DY	T-103	Detalles de montaje.	1	No se encontró observación / distribución general de instrumentos.
INST	DY	T-104	Detalles de montaje.	1	No se encontró observación / distribución general de instrumentos.

Fuente: Elaboración propia en base a los documentos de Ingeniería de Detalle.

De esta manera se concluye la revisión de la documentación de la Ingeniería de Detalle. El Transmittal no solo contiene documentos referidos a la automatización, sino también documentos de otras disciplinas, por lo que la respuesta al Transmittal contiene las observaciones de los documentos en un solo

cuadro de control, permite hacer el seguimiento a las observaciones de los documentos.

2.3.2 Implementación de la Ingeniería de Detalle en el simulador.

Para simular el proceso de sistema de filtrado de fosfato dicalcico mediante el uso de un software que grafique y se anime con las secuencias del automatismo, es preciso tener conocimientos en programación de PLC y programación de sistemas SCADA, la mayoría de software SCADA o de edición para HMI's consisten en invocar las gráficas y colocar animaciones (dibujos de los elementos industriales) en el panel de edición, de esta manera se copia el diagrama P&ID (diagrama de piping e instrumentación) en un entorno digital, tras analizar los documentos en físicos de P&ID, se procede a identificar los elementos más importantes, para que se dibujen en el sistema SCADA, en la figura 10 se observa una sección del diagrama general de Procesos P&ID (Piping and Instrumentation Diagram), el documento de procesos P&ID es conformados por 20 diagramas. Se aprecia los símbolos de instrumentos realizados con la norma ISA.

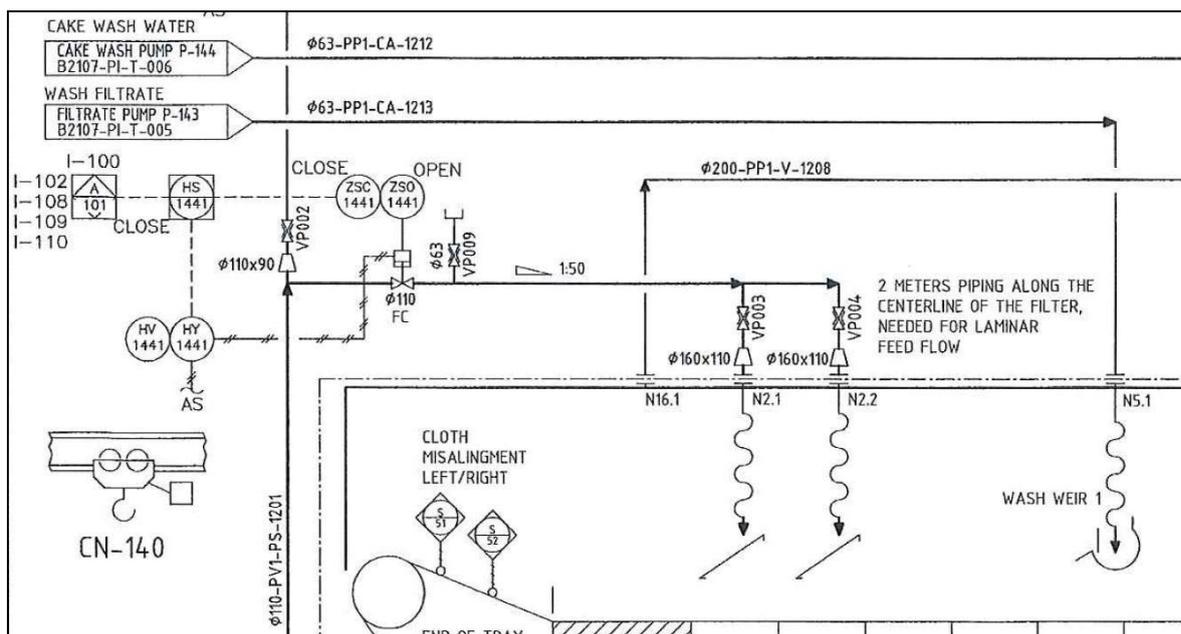


Figura 9: Sección del diagrama P&ID principal- sistema de filtrado de fosfato.

Fuente: Sección de Ingeniería de Detalle (2018).

En la figura 10, se aprecia una sección del diagrama P&ID del sistema de tanques para agua de lavado. Las empresas fabricantes y montajistas de estos equipos emplean estos documentos para cotizar sus servicios, puesto son instalaciones de dimensiones considerables, con multitud de elementos, materiales e instrumentos que conformaron el proyecto.

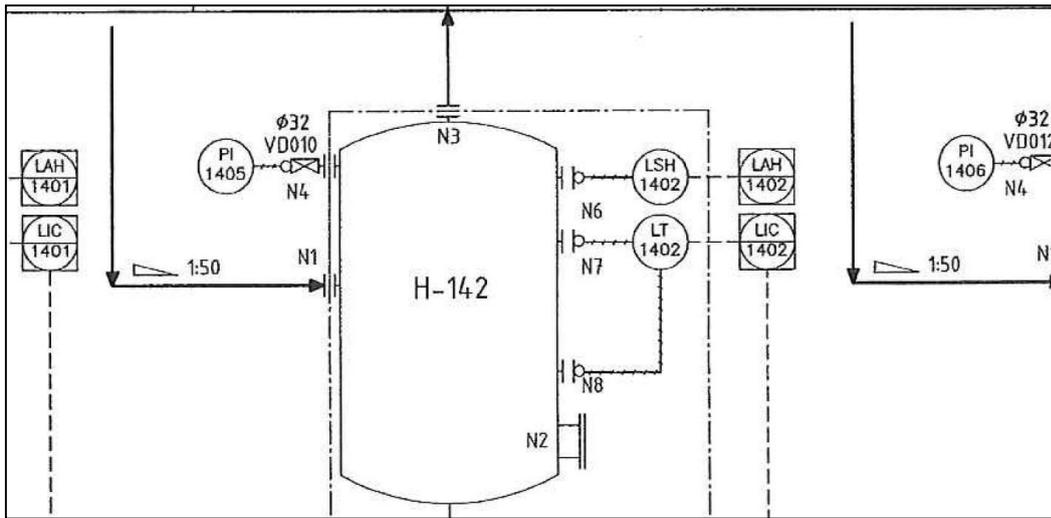


Figura 10: Sección del diagrama PID – ubicación Bombas y tanques.

Fuente: Sección de Ingeniería de Detalle (2018).

Para comprender los criterios de operación, se identificaron los elementos más importantes, luego se ubicaron los instrumentos y válvulas.

Entre los Elementos más importantes se encuentra (figura 11):

1. El motor de la tela filtrante del filtro banda.
2. El filtro banda.
3. Bomba para agua de lavado.
4. Tanques de agua de lavado.
5. Bomba de vacío.
6. Tornillos para transporte de cake.
7. Capacidad de bombas de recirculación de lavado.
8. Distribución de tuberías e interconexión.
9. Sensores de presión, flujo, temperatura, nivel diferencial y nivel radar.
10. Motores de bombas de recirculación.
11. Válvulas de control y válvulas on/off.

12. Tanque para agua de aire para el sistema neumático.

En la figura 11 se observa como se ha implementado los diagramas de la ingeniería P&ID revisados en la etapa anterior, mediante el uso del software INTOUCH WONDERWARE, distribuyen los elementos y se ubican según se especifica la Ingeniería de Detalle, cada elemento del sistema SCADA contiene sub programas que activarán animaciones para visualizar las secuencias del control. Se diagrama de forma virtual los procesos de la planta, de tal forma que se obtiene una pre-visualización de cómo quedaría el sistema SCADA que operará en la planta.

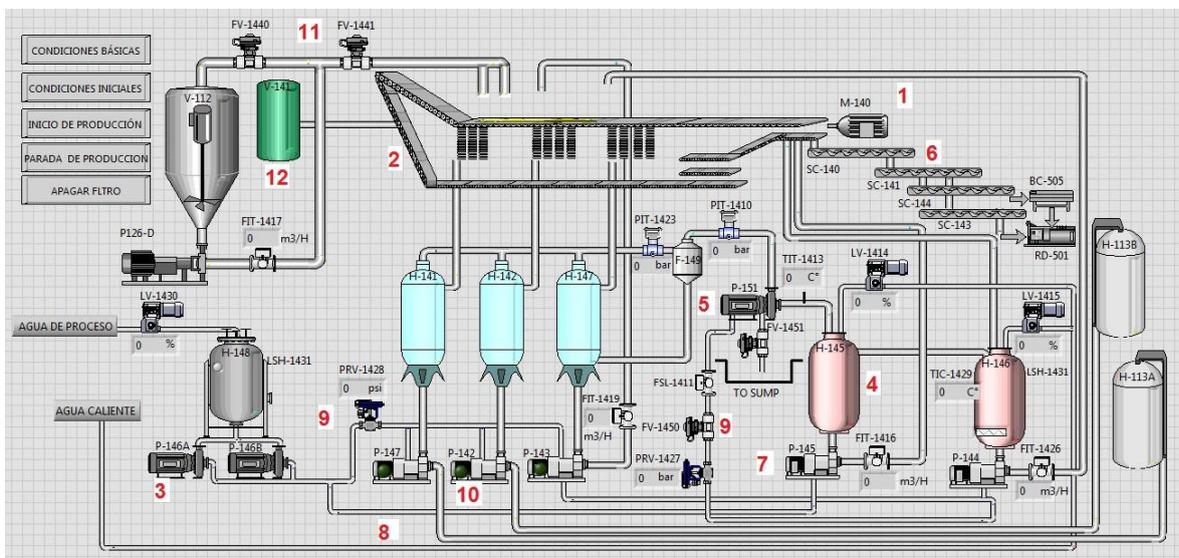


Figura 11: Diagrama de procesos, dibujado en un software SCADA INTOUCH.

Fuente: Elaboración propia utilizando el software SCADA WONDERWARE INTOUCH.

En la figura 12, se puede observar cómo se activó las animaciones de las condiciones básicas, a través de un cambio de colores y barras en los tanques y tuberías de proceso.

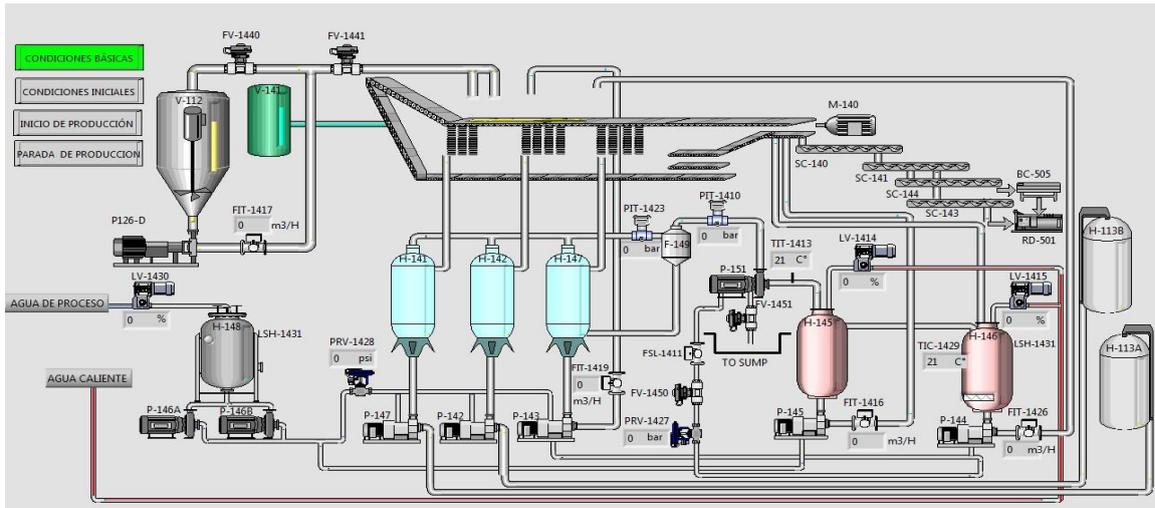


Figura 12: Diagrama de procesos, con las condiciones básicas activadas.

Fuente: Elaboración propia utilizando el software SCADA WONDERWARE INTOUCH.

En la figura 13, se observa que se activaron los motores, bombas de agua de lavado, la banda de filtrado, y los niveles de los tanques se encuentran según lo especificado. Nos damos cuenta que un motor se ha activado a través del cambio de color, de plomo a verde.

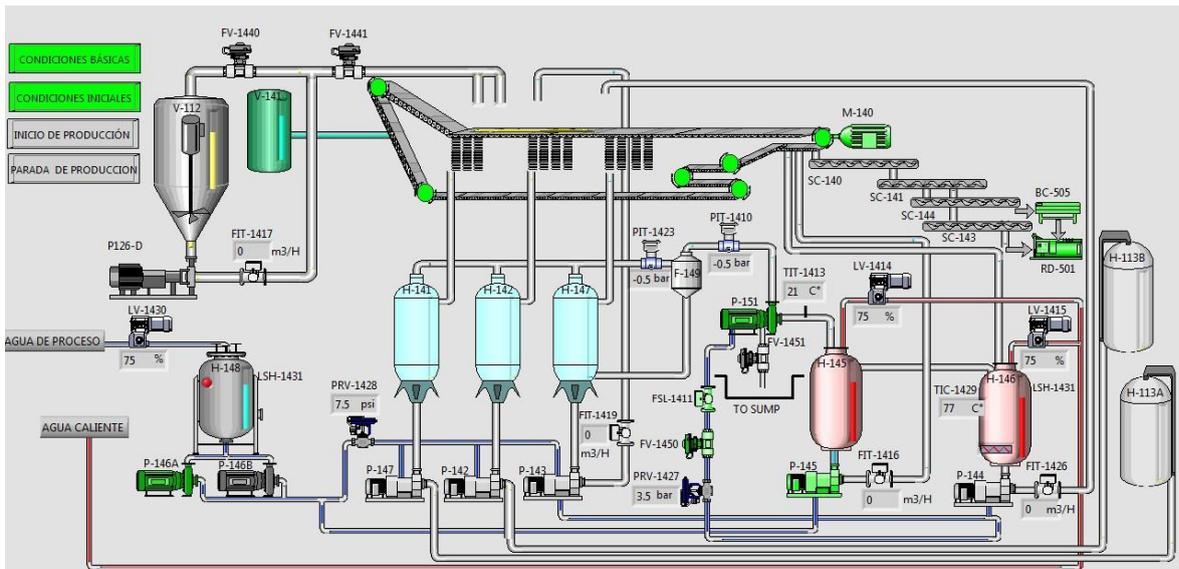


Figura 13: Diagrama de procesos, con las condiciones iniciales de arranque.

Fuente: Elaboración propia utilizando el software SCADA WONDERWARE INTOUCH.

En la figura 15, se observa como todo el sistema funciona en continuo, las tuberías se han animado en color azul para representar que contienen agua, las

En esta etapa también se observó la falta de información necesaria para completar el automatismo (documentos de lista de señales), puesto que algunos sensores se identificaron en los diagramas P&ID pero no en la lista de instrumentos.

Modelar todo el sistema de los diagramas de proceso, también permitió encontrar errores de secuencia puesto que en las descripciones de funcionamiento del automatismo no se indicaron los estados de diferentes motores y sensores, esto permitió transmitir nuevas observaciones oportunamente a la empresa que suministra los documentos de Ingeniería de Detalle, a fin que emitan documentos de lista de señales y filosofía de control completos.

2.3.3 Validación de la Ingeniería de Detalle en el simulador.

En la validación de la ingeniería se detalle se realizó la simulación animada del programa para luego implementarlo en el punto 2.3.4 puesta en marcha de los elementos.

La parte por la verificación de los lazos de control necesarios para el funcionamiento del sistema de filtrado de fosfato dicalcico, las redes y la recolección de sub programas para validar la información e integrarla se explica a continuación.

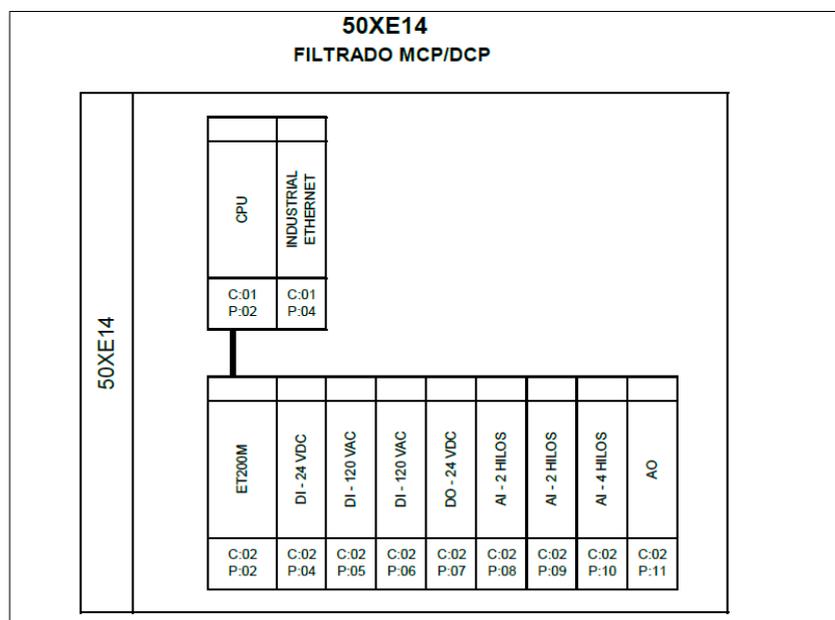


Figura 15: Especificaciones de la Ingeniería de Detalle para el controlador.

Fuente: Ingeniería de Detalle (2018).

En la figura 15 se observa la distribución del sistema de control con un CPU SIEMENS y sus periféricos, para integrarse a los automatismos de la planta, recordar que el módulo sistema de filtrado de fosfato dicalcico es un sistema que se construirá para acoplarse al proceso continuo de la planta, por lo tanto, se debe aprobar también la arquitectura de la red para transmisión de datos. La Ingeniería de Detalle brinda esta información, pero el Ingeniero de Proyectos es el encargado de ejecutar y coordinar la integración de este sistema con la planta.

En la figura 16 se observa la arquitectura de red del sistema de filtrado y los medios para la transmisión de datos. Se observa que el PLC del gabinete 50EX14 controla al nuevo módulo de secado de fosfato dicalcico, el gabinete S7-300 OUTOTEC controla el equipo de filtrado por banda, el gabinete S7-300 MIXER controla el sistema de secado que recibe el cake del filtro banda, el gabinete DELTA V controla instrumentación EMERSON de campo aledaña a los sistemas de filtrado y secado, estos controladores se integran a través de MODBUS TCP/IP, las señales llegan a un SCADA existente ubicado en el panel de control de la planta y el software WONDERWARE INTOUCH interpreta las señales de la red a través de INDUSTRIAL ETHERNET, o protocolo S7 Ethernet.

El ingeniero de proyecto debe ejecutar las modificaciones en la programación del sistema SIEMENS S-300 mixer, Sistema Delta V y el sistema SCADA INTOUCH, para que estas puedan interpretar las nuevas señales de la nueva red del sistema de filtrado de fosfato dicalcico.

Se inicia con la programación del PLC principal del nuevo sistema de filtrado de fosfato dicalcico "SIEMENS S7-1500"(gabinete 50EX14) y sus periféricos, se asignan las direcciones de las redes en los periféricos y se comprueba la comunicación con el PLC S7-300 (gabinete OUTOTEC) que viene incorporado del equipo filtro banda.

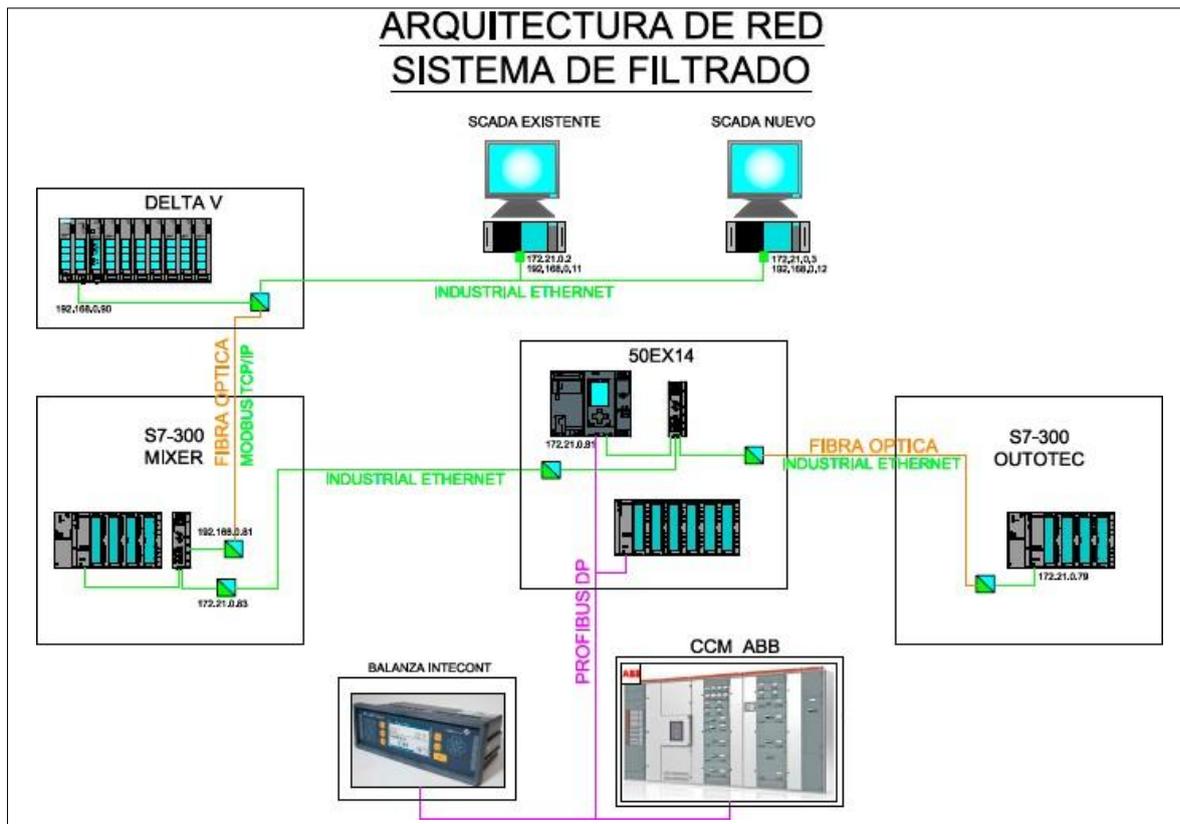


Figura 16: Arquitectura de red del sistema de filtrado por Banda.

Fuente: Elaboración propia en base a los documentos de Ingeniería de Detalle.

En simultaneo se supervisa la fabricación, suministro y montaje del CCM (Centro de Control de motores) fabricado por ABB, este centro de control de motores se enlaza al sistema de control S7-1500, a través de cable de dos hilos PROFIBUS DP, a cada uno de los variadores y arrancadores del CCM ABB, también se integra una balanza en línea para el control de producción de cake secado del filtro banda.

En la figura 17 se observa los bloques de los sub programas y sus nombres, así como su lenguaje de programación (lengua Ladder). Las señales de estos bloques se deben interpretar en el nuevo sistema de filtrado por banda específicamente en el PLC S7-1500. El Ingeniero de Proyectos debe garantizar que todas las señales necesarias para la automatización sean correctamente identificadas e interpretadas por los bloques de control.

En la figura 18. Se observa la ventana de programación del PLC S7-1500 donde se asignan las direcciones IP de los dispositivos y se observa la comunicación con los controladores existentes en la RED.

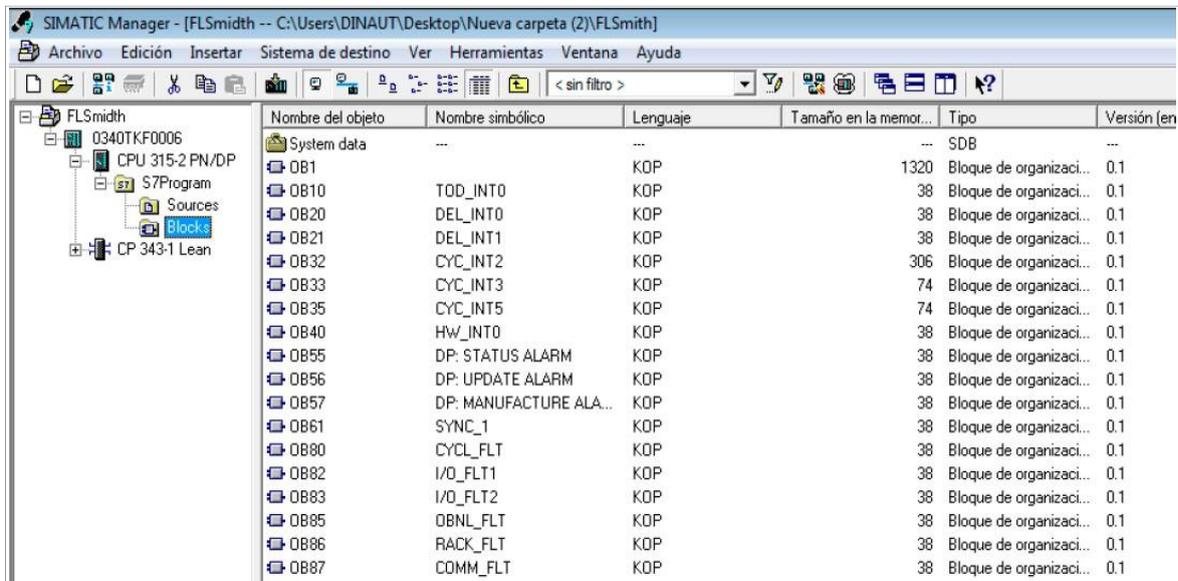


Figura 17: Bloques De programa del PLC-S7-300

Fuente: Elaboración propia usando el software STEP-7 SIEMENS.

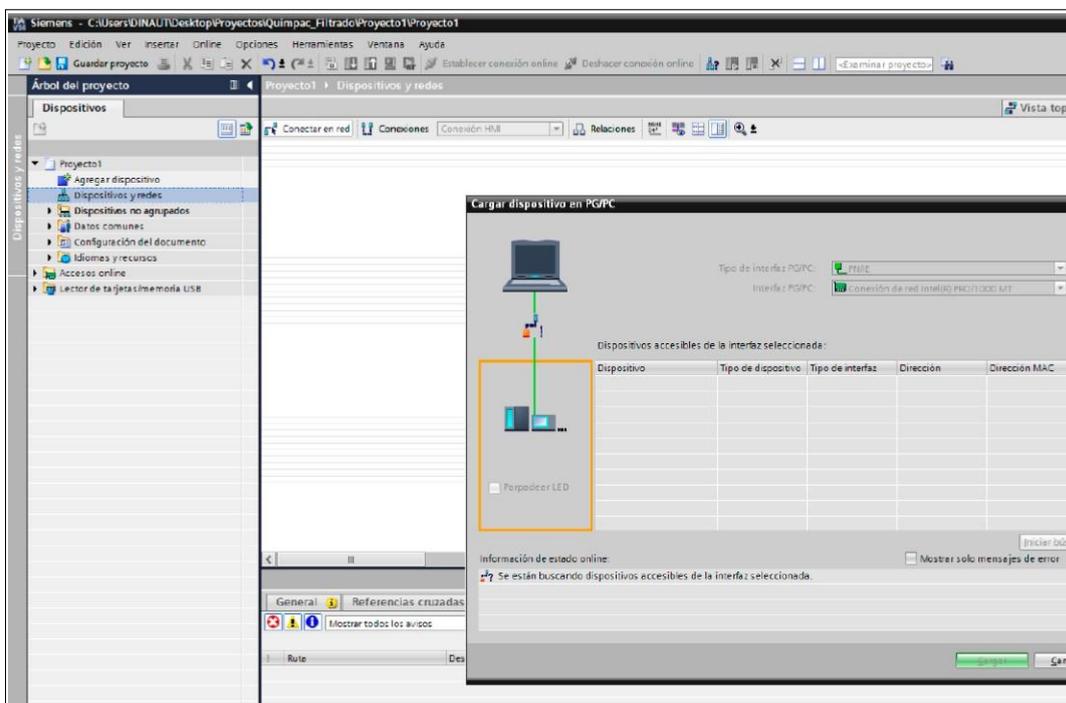


Figura 18: Ventana de carga de dispositivos PLC-S7-1500

Fuente: Elaboración propia usando el software TIA PORTAL 13 SIEMENS.

Como se observa en la figura 19, se han configurado los variadores de velocidad ABB, los arrancados de motores ABB y la balanza en línea, todo a través de profibus DP.

Recordar que los drivers de las marcas ABB son únicos para cada serie de variadores, por lo que hay que asignarle direcciones específicas y secuenciales para que el automatismo funcione adecuadamente.

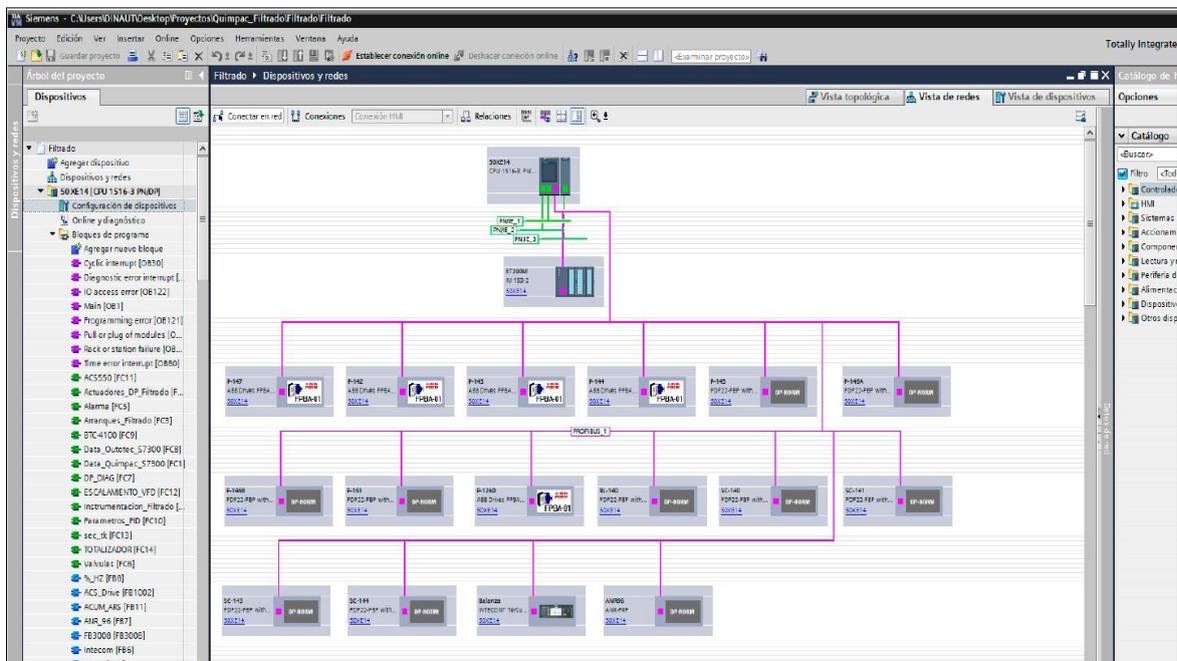


Figura 19: Ventana de dispositivos PLC-S7-1500

Fuente: Elaboración propia utilizando el software TIA PORTAL V.13.

Como se muestra en la figura 21 y figura 22, el programa INTOUCH brinda las facilidades para descargar las ventanas del proyecto, con lo cual se obtiene toda la programación SCADA de la planta, de esta manera se exporta al nuevo panel de control del sistema de filtrado de fosfato dicalcico y se agregan sus pantallas de control, al hacer esto se obtiene todas las visualización de la planta y del nuevo sistema para obtener una visión panorámica y monitorear la planta desde la nueva estación de control.

El sistema SCADA contiene todas las variables del proceso, por ello se utiliza el programa de SCADA y se agregan las nuevas variables de control.

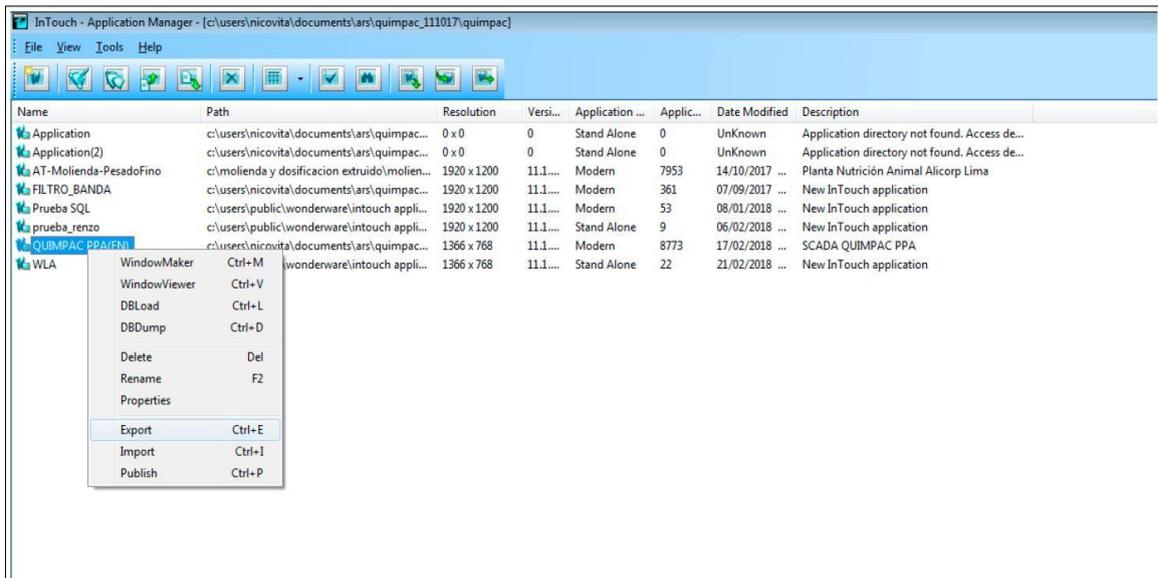


Figura 20: Ventana descarga de programa del sistema SCADA existente.

Fuente: Elaboración propia utilizando el software WONDERWARE INTOUCH.

En la figura 21 y 22 se indican los pasos a seguir para importar el proyecto existente en la nueva estación de control, donde además de las pantallas de la planta, se agregan las nuevas pantallas del sistema de filtrado de fosfato dicálcico.

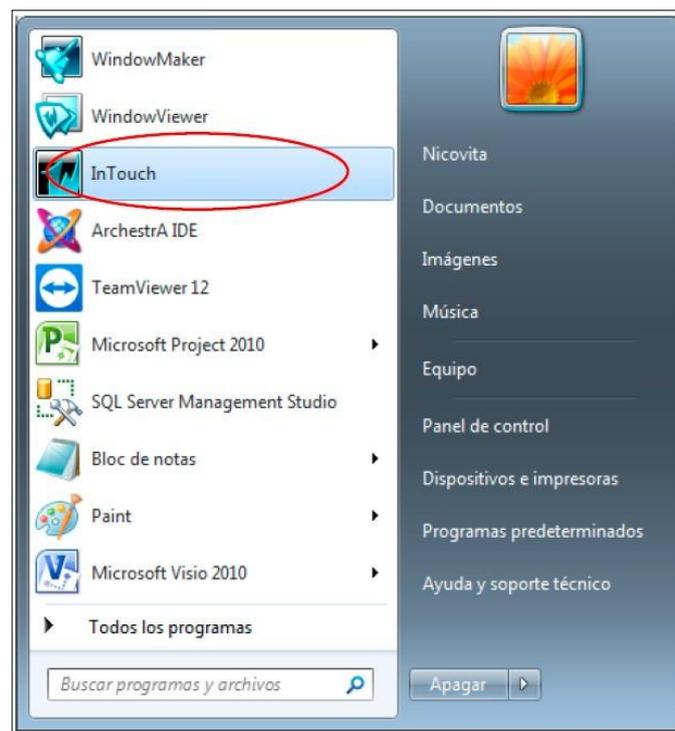


Figura 21: Apertura de programa WONDERWARE INTOUCH.

Fuente: Elaboración propia utilizando el software WONDERWARE INTOUCH.

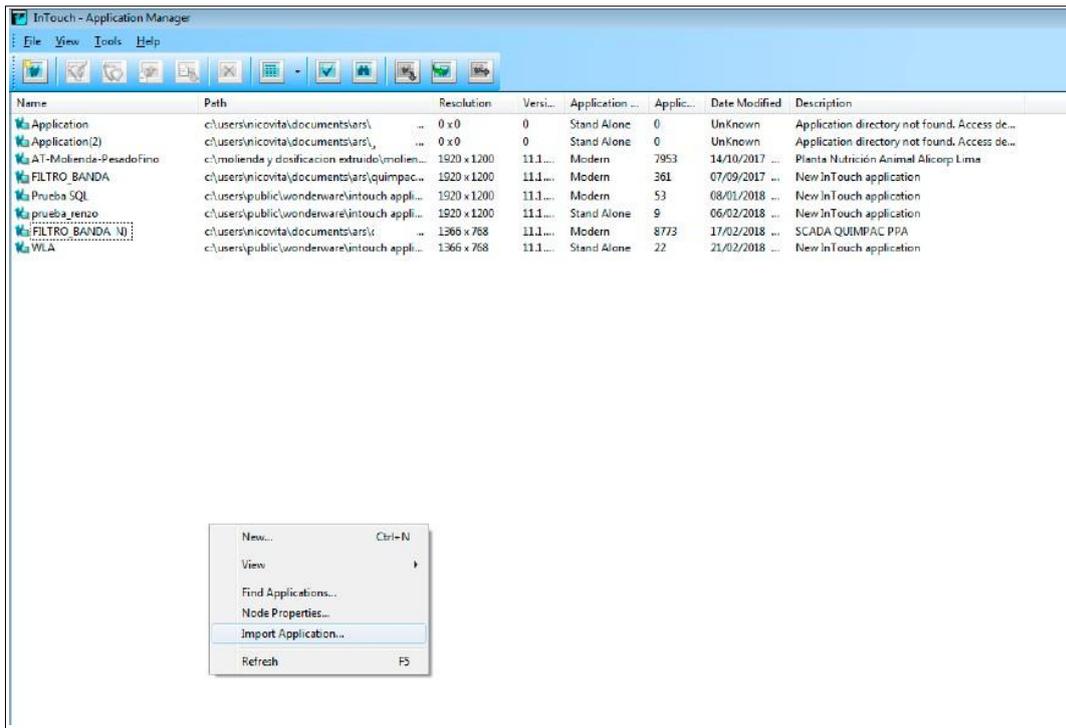


Figura 22: Selección de proyecto a importar en nuevo sistema SCADA.

Fuente: Elaboración propia utilizando el software WONDERWARE INTOUCH.

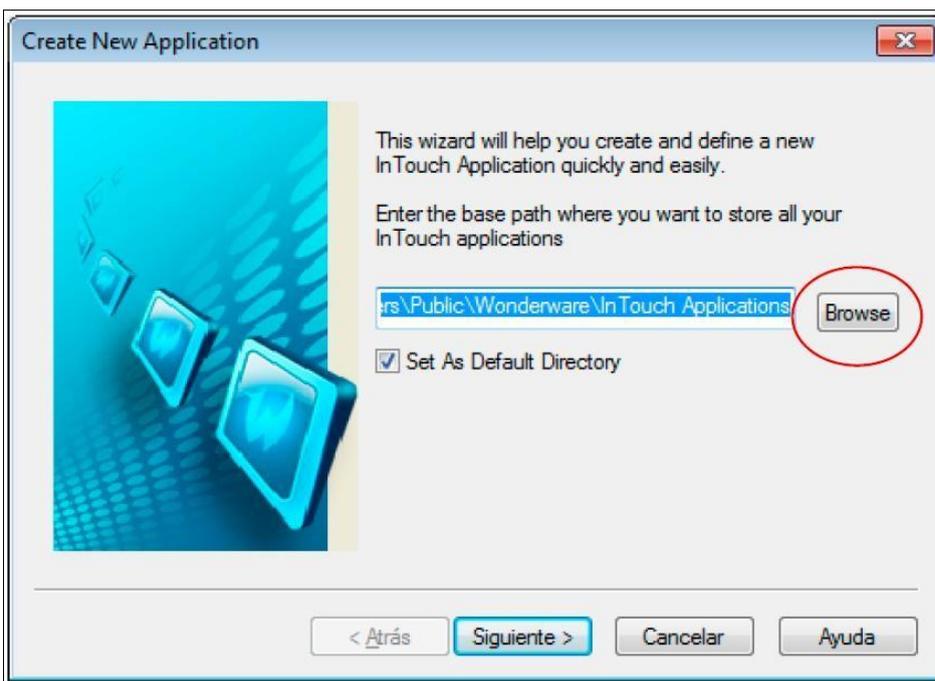


Figura 23: Selección de archivo a exportar.

Fuente: Elaboración propia utilizando el software WONDERWARE INTOUCH.

La figura 23 y 24 consiste en seleccionar la nueva ubicación para el proyecto a exportar. Una vez seleccionado el archivo se le asigna un nombre y una descripción, el tiempo que carga el programa en cargar dependiendo el tamaño del archivo o la cantidad de variables del programa.

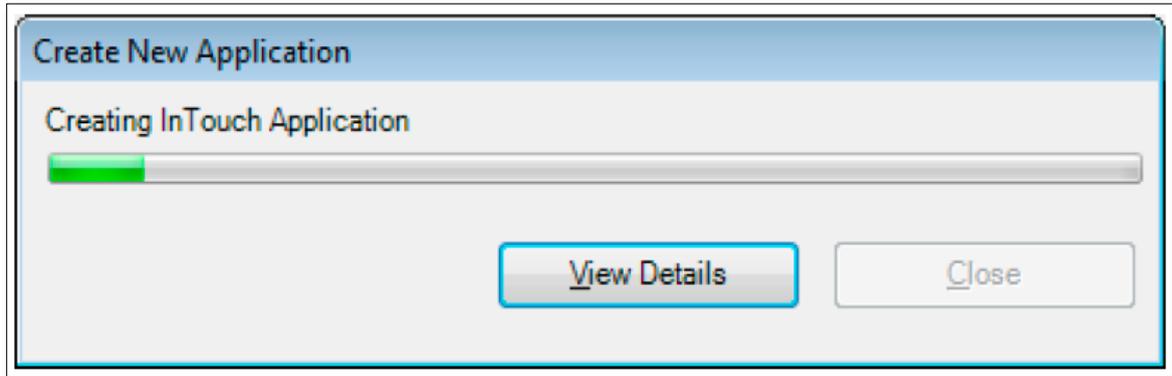


Figura 24: Ventana de creación de aplicativo INTOUCH.

Fuente: Elaboración propia utilizando el software WONDERWARE INTOUCH

En la figura 25, se muestra como ejemplo una lista de señales con su respectiva descripción, etiqueta en diagrama de procesos y direcciones en el PLC.

SEÑAL	TAGS DCS	SIGNAL DCS	TIPO	VALOR	VARIABLE	DIR DELTA V	DIR PLC S7-300
Nivel V112 Modulante	LIA116	SER_AO_1	AI	32/STATUS	DS08	702	702
Nivel H113A Modulante	LICA1139	SER_AO_2	AI	32/STATUS	DS08	703	704
Nivel H113B Modulante	LICA1140	SER_AO_3	AI	32/STATUS	DS08	704	706
Transmisor Temperatura 1107	TI1117	SER_AO_4	AI	32/STATUS	DS08	705	708
Transmisor Flujo 1114	FIA1114	SER_AO_5	AI	32/STATUS	DS08	706	710
Transmisor Presión 1105	QI1105	SER_AO_6	AI	32/STATUS	DS08	707	712
Nivel V112 Alto	LIA116_HI	BIT_0	DO	16/STATUS	DS10	716	715
Nivel V112 Bajo	LIA116_LO	BIT_1					
Nivel H113A Alto	LICA1139_HI	BIT_2					
Nivel H113A Bajo	LICA1139_LO	BIT_3					
Nivel H113B Alto	LICA1140_HI	BIT_4					
Nivel H113B Bajo	LICA1140_LO	BIT_5					
Run_P-126A	Run_P-126A	BIT_0	DO	16/STATUS	DS11	717	716
Stop_P-126A	Stop_P-126A	BIT_1					
Fail_P-126A	Fail_P-126A	BIT_2					
Run_P-126B	Run_P-126B	BIT_3					
Stop_P-126B	Stop_P-126B	BIT_4					

Figura 25: Lista de señales identificadas del DETAL V.

Fuente: Elaboración propia en base a la Ingeniería de Detalle (2018).

En la figura 26 se observa el panel de edición InTouch, como evidencia del trabajo realizado por el Ingeniero de Proyectos, que utilizó para crear las pantallas de animación y realizar la validación del automatismo. Las pantallas del SCADA se observan en la pestaña al lado izquierdo, estas son las pantallas secundarias que contienen las animaciones que se muestran según sea necesario.

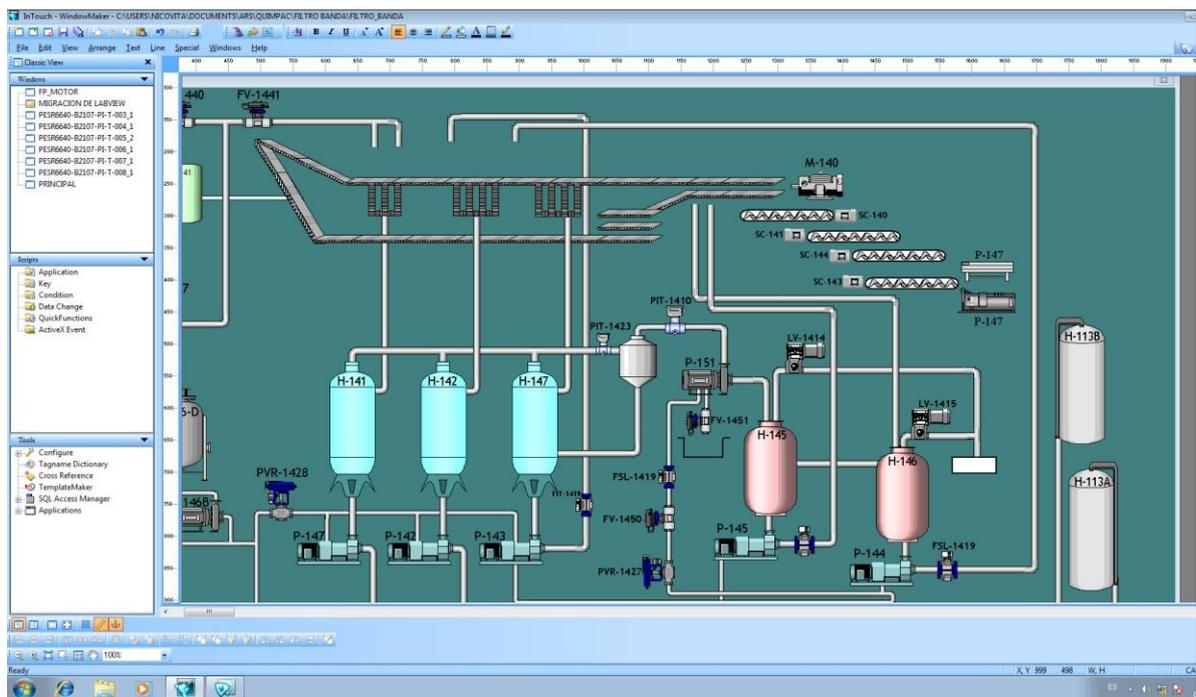


Figura 26: Proceso de edición de elementos de sistema de control en INTOUCH.

Fuente: Elaboración propia utilizando el software WONDERWARE INTOUCH.

En la figura 27 se observa las señales a través del programa STEP 7 – SIEMENES, este programa permitió observar la lista de señales indicada en la documentación de Ingeniería de Detalle, que se muestra en figura 29.

En la figura 28, se muestra una sección de la lista de las señales de entradas y salidas, en este documento se identifican y se detallan su ubicación en las borneras de PLC que corresponden a señales de los instrumentos de campo.

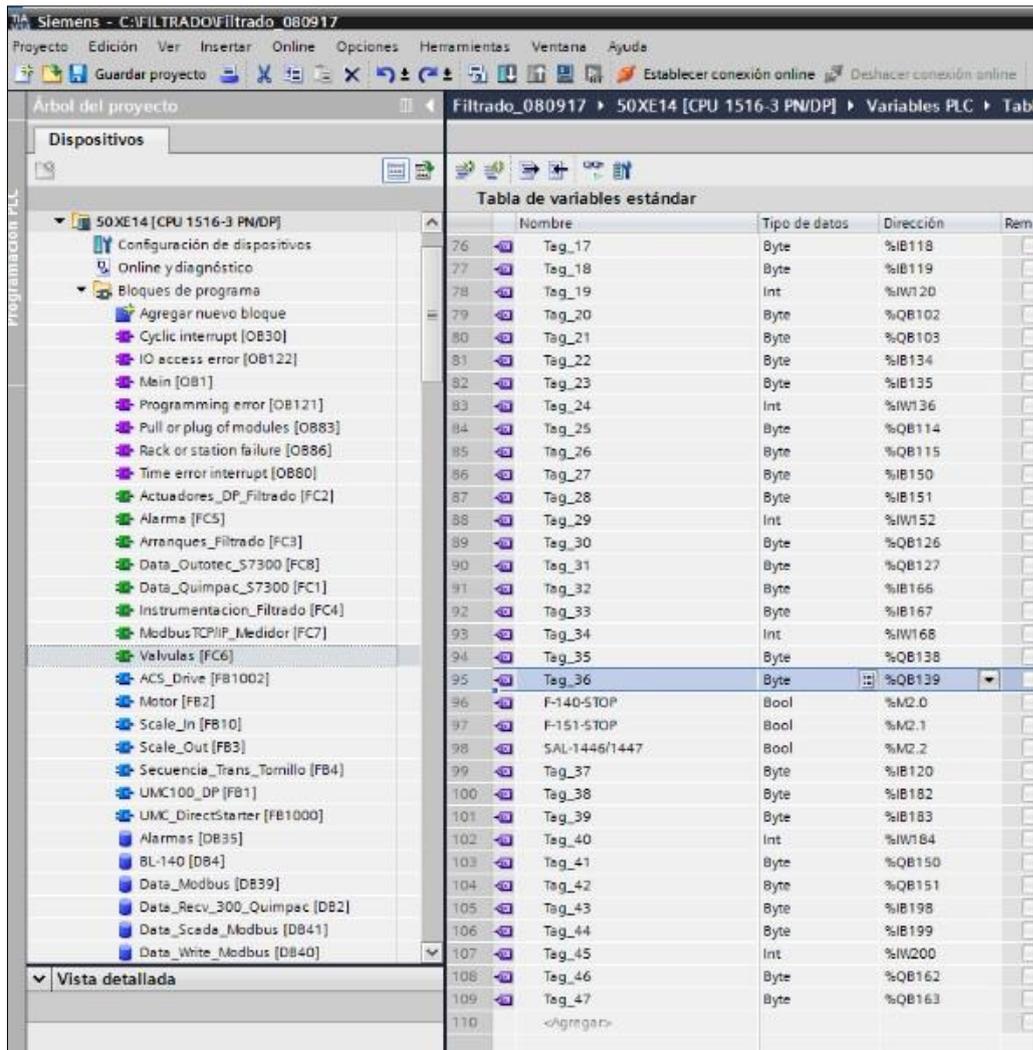


Figura 27: Proceso validación y verificación de señales de la lista de señales.

Fuente: Elaboración propia utilizando el software TIA PORTAL V.12.

GABINETE : 50XE14		CONTROLADOR: 02				
ÁREA : FILTRADO MCP/DCP		POSICIÓN : 07				
MÓDULO : SALIDAS DIGITALES AISLADAS 8x24 VDC						
MARCA : SIEMENS						
MODELO : 6ES7322-1BF01-0AA0						
Canal	Código de Señal	Bornera Intermedia	Borne en Módulo	Dirección	Descripción	P&ID
1	FV/FY - 1440	TS 02 07 : 2	3	O: 02 07 / 00	Comando abrir / cerrar. HV/HY-1440	RESR6640-B2107-PI-T-003
		TS 02 07 : 3				
		TS 02 07 : 4				
2	FV/FY - 1441	TS 02 07 : 5	5	O: 02 07 / 01	Comando abrir / cerrar. HV/HY-1441	RESR6640-B2107-PI-T-003
		TS 02 07 : 6				
		TS 02 07 : 7				
3	FV/FY - 1450	TS 02 07 : 8	7	O: 02 07 / 02	Comando abrir / cerrar. HV/HY-1450	RESR6640-B2107-PI-T-004
		TS 02 07 : 9				
		TS 02 07 : 10				
4	FV/FY - 1451	TS 02 07 : 11	9	O: 02 07 / 03	Comando abrir / cerrar. HV/HY-1451	RESR6640-B2107-PI-T-004
		TS 02 07 : 12				
		TS 02 07 : 13				

Figura 28: Sección de lista de señales de los documentos de Ingeniería de Detalle.

Fuente: Ingeniería de Detalle (2018).

Para finalizar esta sección, concluimos que la simulación permitió evidenciar falta de información en la filosofía de control, tecnología específica y propia para desarrollar este proyecto, en la revisión “Rev_0”, el Ingeniero de Proyectos realizó las observaciones al documento de Filosofía de Control (ver figura 29), por ende la empresa desarrolladora de la Ingeniería de Detalle acepta las observaciones realizadas por el Ingeniero de Proyectos para terminar en una tercera revisión REV_3, esta versión incluye mayores detalles en las secuencias. El simulador ayudó a sustentar apropiadamente las observaciones a los documentos de Ingeniería de Detalle, con lo cual, se pudo calificar mejor los documentos que describen el funcionamiento del automatismo, de esta forma se mejoró el monitoreo y el control del proceso de gestión de ingeniería, como parte de la gestión de proyectos.

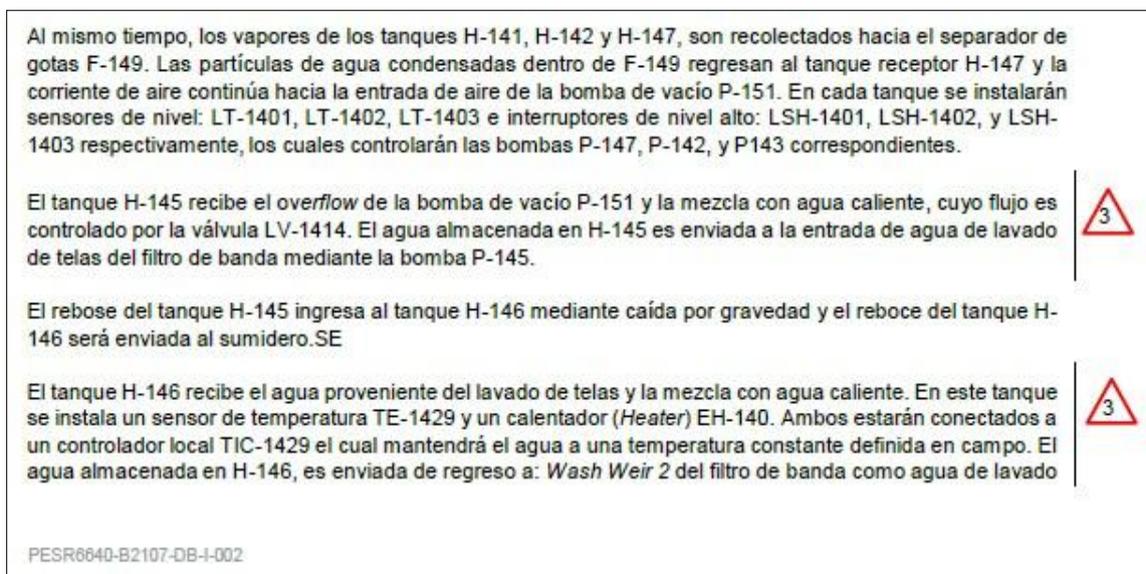


Figura 29: Sección de filosofía de control de control de nivel tanques con correcciones de REV_3.

Fuente: Ingeniería de Detalle (2018).

Por ejemplo, en la figura 30, el Ingeniero de Proyectos observó que faltó integrar señales del PLC S7-300 propio del sistema de filtrado de fosfato dicalcico, el PLC vendor contiene señales que deben ser interpretadas por el PLC S7-1500. Se solicitó integrar estas señales en la filosofía de control (REV_03) para que la empresa que suministra el PLC pueda realizar la integración de sistemas automatizados basados en la información completa de la filosofía de control.

Según información histórica de proyecto, se considera que toda acotación, consideración u observación debe quedar por escrito, puesto que las empresas contratistas no están obligadas a hacer algo que no está escrito en los documentos entregados para la cotización de servicios.

5.2 Secuencia de Arranque/Parada de los Transportadores de Tornillo

A continuación, se describe la secuencia de arranque/parada de los transportadores de tornillo. Las secuencias automáticas serán realizadas por el PLC principal 50XE14.

Es importante resaltar que la secuencia de arranque/parada de los componentes internos del filtro de banda, es realizada por el PLC *vendor* 50XE42 y explicada en la "*Functional Description – Outotec RT Filter*", elaborada por Outotec.

Secuencia de Arranque en Condiciones Normales de los Transportadores de Tornillo

La secuencia de arranque se realiza en el sentido inverso al flujo del material transportado y corresponde al siguiente orden:

- Confirmar que el calentador RD-501 (existente) esté operando correctamente.
- Encender el transportador de tornillo SC-143



Figura 30: Sección de filosofía de control de secuencia de arranque/parada corrección. Corregida Rev_3

Fuente: Ingeniería de Detalle (2018).

2.3.4 Supervisión de la implementación de las especificaciones técnicas de detalle en la construcción de la planta.

En esta etapa, el Ingeniero de Proyectos supervisó la implementación del nuevo módulo de filtrado de fosfato dicálcico basados en la filosofía de control y en los documentos que contienen las especificaciones constructivas, se supervisó y validó: la programación y la edición del sistema SCADA, el funcionamiento de cada uno de los procesos del sistema SCADA, la transmisión de señales de campo hacia la estación de control con el programa InTouch, las animaciones y la activación en los actuadores de campo. Con la finalidad de transmitir mediante animaciones la información de los estados de la planta a los operadores que la controlaran desde la estación de control, para el funcionamiento de los sub procesos se esquematizó cada bloque de control de forma independiente

automatismo según las especificaciones de los documentos de Ingeniería de Detalle.

De la figura 31. Se indica la ubicación de los sub procesos descritos en la filosofía de control, cada sub procesos está separado en sub programas dentro de la programación del PLC de control.

1. Sistema de agua de sellos.
2. Tanque de recirculación.
3. Tanques de lavado.
4. Tornillos transportadores.
5. Bomba de vacío.
6. Filtro banda.
7. Sistema de ingreso de producto.
8. Sistema Totalizador.
9. Sistema de modos de operación.
10. Opción de botones para control del sistema.
11. Opción de botones de navegación de SCADA.

En la figura 32. Se muestra una sección de filosofía de control que servirá para implementar el sistema de automatizado de “agua de sellos”, la descripción del funcionamiento de cada proceso sirve como guía para para que el contratista realice la implementación de la planta del sistema en el SCADA de la planta.

El tanque H-148 capta agua de procesos que será utilizada como agua de sellos. El flujo de entrada al tanque es regulado por el sistema de control utilizando la válvula LV-1430 usando la medición del sensor de nivel LT-1430. El agua almacenada en H-148 es bombeada por P-146A y P-146B (*Stand-by*) hacia la línea de agua de sellos, a una presión de 7.5 bar alimentando el sello de la bomba P-145. La presión de 7.5 bar es mantenida por la válvula de contra-presión PRV-1428. Aguas abajo de la válvula PRV-1428, la presión de la línea es mantenida en 2.5 bar, por la válvula de contra-presión PRV-1427, para alimentar los sellos de las bombas P-142, P-143, P-144 y P-147. El flujo de agua de sello residual por debajo de la válvula contra-presión PRV-1427 es dirigido para ingresar a la bomba de vacío P-151 que es requerida para su óptimo funcionamiento, y el *overflow* del agua de sello de la bomba de vacío P-151 culmina en el tanque H-145, comenzando una secuencia de recirculación del fluido.

Figura 32: Extracto de Ingeniería de Detalle del “sistema de agua de sellos”.

Fuente: Ingeniería de Detalle (2018).

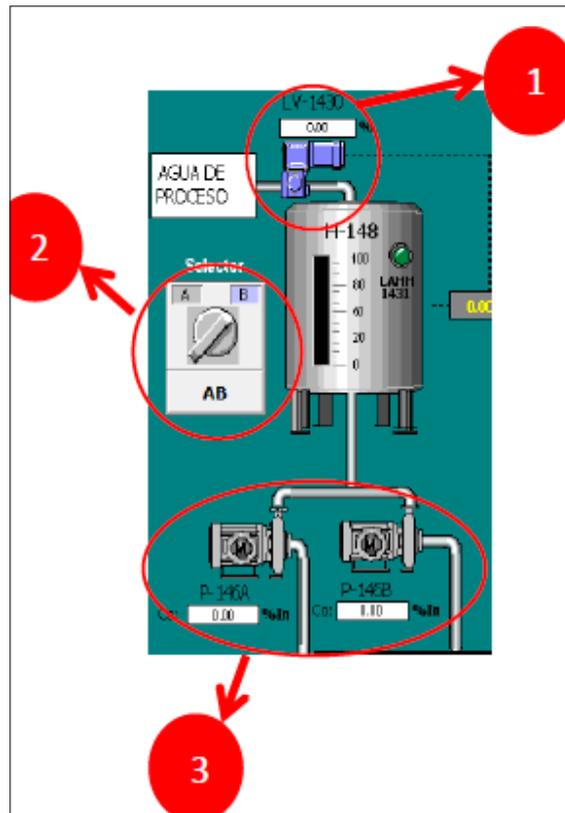


Figura 33: Control del sistema de agua de sellos en la pantalla SCADA.

Fuente: Elaboración propia utilizando el software WONDERWARE INTOUCH.

El Ingeniero de Proyectos, supervisa el montaje, comisionamiento y configuración de los instrumentos, válvulas y motores para el funcionamiento del sistema de agua de sellos. El automatismo del sistema de agua de sellos se valida en función de la filosofía de control (extracto en la Figura 40), que indica cómo va a operar, se aprueba el diseño del SCADA de manera que sea entendible al operador (Figura 33).

Para el sistema de agua de sellos, se valida que:

1. La Válvula modulante pueda realizar el control automático del nivel de agua.
2. Selector de bombas: Con este objeto podremos seleccionar si se trabaja con la bomba A ó B o con ambas.
3. Bombas de agua de sello: Desde este objeto, se podrá colocar el modo de funcionamiento de las bombas, apagarlas, prenderlas, ver el valor de corriente en porcentaje y visualizar su estado actual (RUN, STOP y FAIL). Ver figura 34.

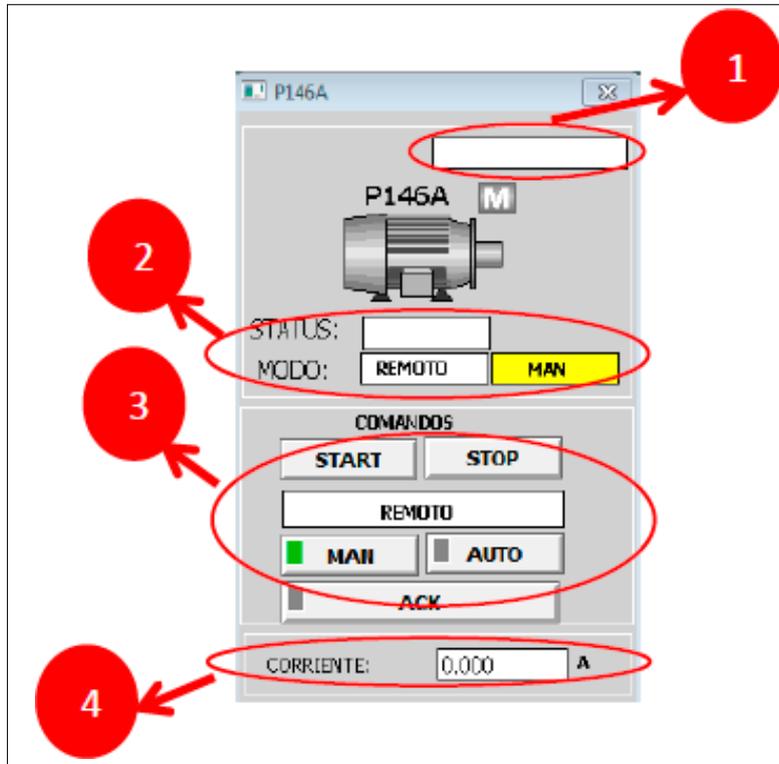


Figura 34: Modo de control para todos los motores en el SCADA.

Fuente: Elaboración propia utilizando el software WONDERWARE INTOUCH.

En la Figura 36. Se observa la distribución de los comandos, en la pantalla scada, para colocar el motor en modo manual o modo automático, en modo manual se puede saltar los enclavamientos de secuencias de encendido automático, pero no se suspenden las condiciones de seguridad para apagar el motor.

Esta configuración fue diseñada en función de la descripción de la filosofía de control, específicamente en la sección de Modos de operación de motores (ver figura 35).

Se contará con 03 modos de operación, los cuales dependerán de la ubicación desde donde se ejecutará los comandos de control, y del grado de automatización que se desea tener.

Dependiendo del grado de automatización, se tendrá 02 opciones:

- Automático (el operador no interviene en el control - control a lazo cerrado);
- Manual (el operador interviene en el control - control a lazo abierto)

Dependiendo de la ubicación, se tendrá 02 opciones:

- Remoto (desde la sala de control);
- Local (desde campo).

Combinando dichas opciones, se tendrá los siguientes modos de operación:

- Automático-Remoto;
- Manual-Remoto;
- Manual-Local.

Figura 35: Modos de operación de motores.

Fuente: Ingeniería de Detalle (2018).

De la configuración de control de motores se supervisa:

1. Tenga campo para visualiza el tipo de falla que tiene el motor.
2. Tenga espacio para ver el estado del motor (RUN, STOP y FAIL), el modo en el que se encuentra (LOCAL/REMOTO/MANUAL/ AUTOMÁTICO).
3. Se implementen botones de control de motor, tales como:
 - a.START: Servirá para poder arrancar al motor en modo MANUAL.
 - b.STOP: Servirá para poder parar al motor en modo MANUAL.
 - c.LOCAL/REMOTO: Mediante este botón podremos seleccionar desde donde se podrá controlar al motor (LOCAL: Botoneras de campo, REMOTO: Desde el sistema SCADA – PLC).
 - d.MAN: Con este botón podremos colocar al motor en modo manual.
 - e.AUTO: Con este botón podremos colocar al motor en modo automático.
 - f.ACK: Sirve para resetear los fallos presentados en el motor
4. Se implemente el valor actual de la corriente en el motor.

Modo Automático-Remoto

En este modo el sistema de control principal tendrá el control de la apertura y cierre de las válvulas, según las secuencias y algoritmos programados.

El modo Automático-Remoto se selecciona a través de un selector virtual implementado mediante software en la estación de supervisión de la sala de control existente.

El modo normal de trabajo de todas las válvulas de control automáticas será Automático-Remoto, los otros modos sólo se utilizarán durante las pruebas, puesta en marcha del proyecto y mantenimiento.

Modo Manual-Remoto

En este modo el operador de sala de control tendrá el control de la apertura y cierre de las válvulas, y podrá operar a través de botoneras virtuales (Open/Close) implementadas mediante software en la estación de supervisión de la sala de control existente.

Figura 36: Descripción de funcionamiento de Válvulas Ingeniería de Detalle.

Fuente: Ingeniería de Detalle (2018).

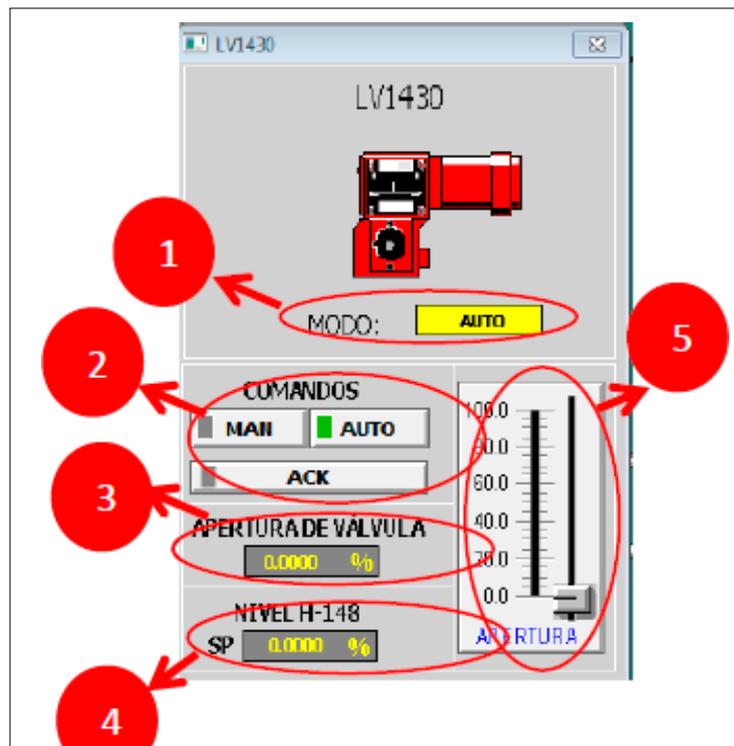


Figura 37: Modo de operación de Válvulas en la pantalla SACADA.

Fuente: Elaboración propia utilizando el software WONDERWARE INTOUCH.

De la configuración de válvulas en la figura 37 se supervisa:

1. El modo de funcionamiento de la válvula (manual/auto).
2. Tenga botones de control del motor:
 - a. MAN: Con este botón podremos colocar a la válvula en modo manual.

- b. AUTO: Con este botón podremos colocar a la v en modo automático.
 - c. ACK: Con este botón se podrá resetear los fallos presentados en la válvula
3. Tenga visualización de apertura de la válvula.
 4. Tenga espacio para el SP en el que se desea mantener el nivel del tanque.
 5. Mediante este SLIDER podremos manipular el % de apertura de la válvula.

El agua proveniente de la segunda etapa (*Wash Filtrate*) es capturada y transferida por gravedad hacia los tanques receptores H-142 y H-147. El agua almacenada en H-147, es enviada de regreso a: *Wash Weir 1* del filtro de banda como agua de lavado de torta, mediante la bomba P-143, cuyo flujo es medido en forma continua por el flujómetro FIT-1419 y regulado por el sistema de control. El agua almacenada en H-142 es transferida mediante la bomba P-142 al tanque de almacenamiento de efluentes H-113B (existente).

Al mismo tiempo, los vapores de los tanques H-141, H-142 y H-147, son recolectados hacia el separador de gotas F-149. Las partículas de agua condensadas dentro de F-149 regresan al tanque receptor H-147 y la corriente de aire continúa hacia la entrada de aire de la bomba de vacío P-151. En cada tanque se instalarán sensores de nivel: LT-1401, LT-1402, LT-1403 e interruptores de nivel alto: LSH-1401, LSH-1402, y LSH-1403 respectivamente, los cuales controlarán las bombas P-147, P-142, y P143 correspondientes.

El tanque H-145 recibe el *overflow* de la bomba de vacío P-151 y la mezcla con agua caliente, cuyo flujo es controlado por la válvula LV-1414. El agua almacenada en H-145 es enviada a la entrada de agua de lavado de telas del filtro de banda mediante la bomba P-145.



Figura 38: Descripción de operación de tanques de lavado.

Fuente: Ingeniería de Detalle (2018).

Para el diseño de los controles en las pantallas se tiene en cuenta la selección de animaciones acorde a los equipos e instrumentación para una interpretación grafica rápida del proceso de industria química y dentro de los cuales tenemos sensores de nivel, flujo, temperatura y presión, equipos como bombas y válvulas, elementos de control de proceso PLC, sistema SCADA y su programación. Todos estos elementos deben ser de fácil entendimiento para los operadores de la planta, pues ellos trabajarán las 24 horas del día con esta interfaz.

Tal y como se muestra en la figura 39, para edición del SCADA se tiene cuenta que el proceso debe ser un sistema confiable, seguro con el cual se optimiza el proceso de lavado y que garantice entandares de calidad del lavado sin poner en riesgo al personal que allí opera, de forma que represente una inversión rentable para la empresa.

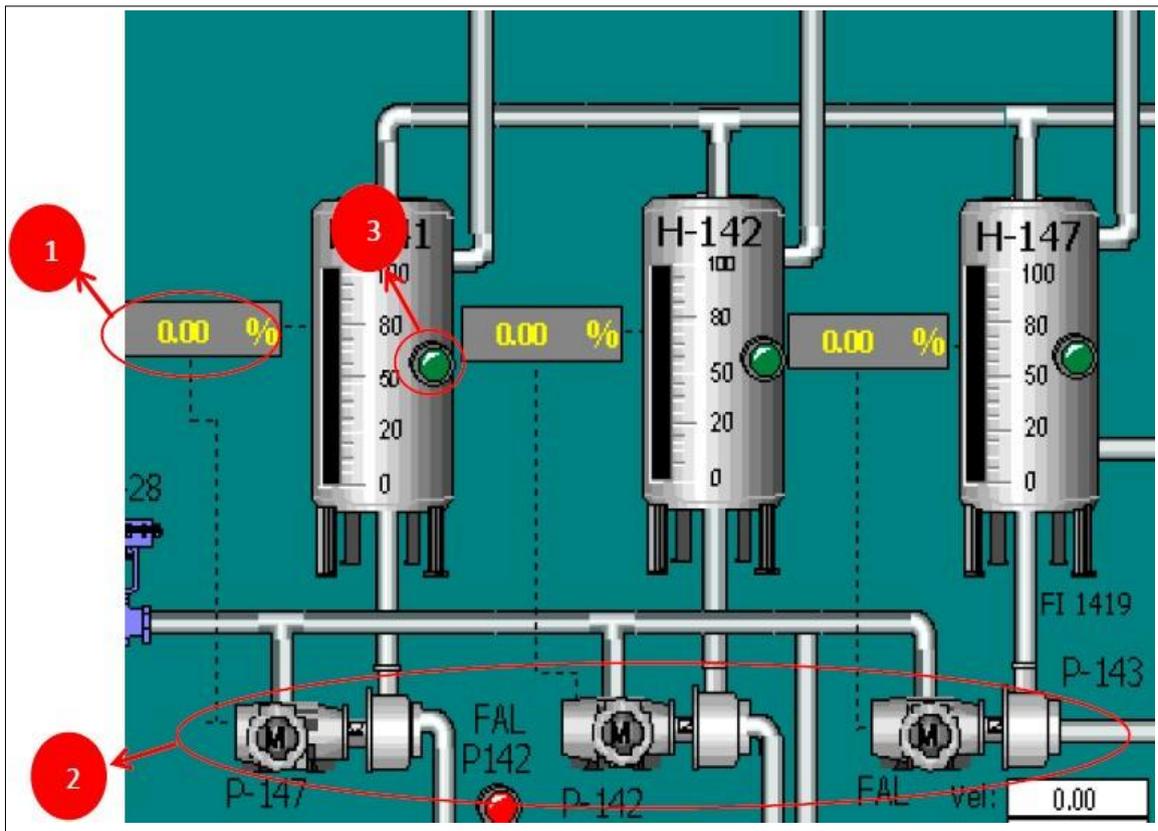


Figura 39: Sección de pantalla para control de tanques de recirculación.

Fuente: Elaboración propia utilizando el software WONDERWARE INTOUCH.

De la configuración de control tanques de la figura 39, se verifica:

1. Visualización adecuada del valor actual de nivel del tanque.
2. Se visualice el estado de los motores.
3. Visualizaciones de los indicadores de nivel alto (switch de nivel).

Tal y como se observa en la figura 39, los tanques de agua de rebose, aprovechan el agua residual del agua de lavado y del agua de sellos para aprovecharla e ingresarla al sistema y optimizar el agua para lavado. Recordar que el agua filtra limpia el Fosfato dicálcico con 20% de humedad, arrastrando los cloruros, una vez que el agua se ha saturado de cloruros, se envían a tanques de efluentes para su posterior tratamiento en una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales (PTARI).

El rebose del tanque H-145 ingresa al tanque H-146 mediante caída por gravedad y el reboce del tanque H-146 será enviada al sumidero.SE

El tanque H-146 recibe el agua proveniente del lavado de telas y la mezcla con agua caliente. En este tanque se instala un sensor de temperatura TE-1429 y un calentador (*Heater*) EH-140. Ambos estarán conectados a un controlador local TIC-1429 el cual mantendrá el agua a una temperatura constante definida en campo. El agua almacenada en H-146, es enviada de regreso a: *Wash Weir 2* del filtro de banda como agua de lavado



Figura 40: Descripción de operación de tanques agua de lavado.

Fuente: Ingeniería de Detalle (2018).

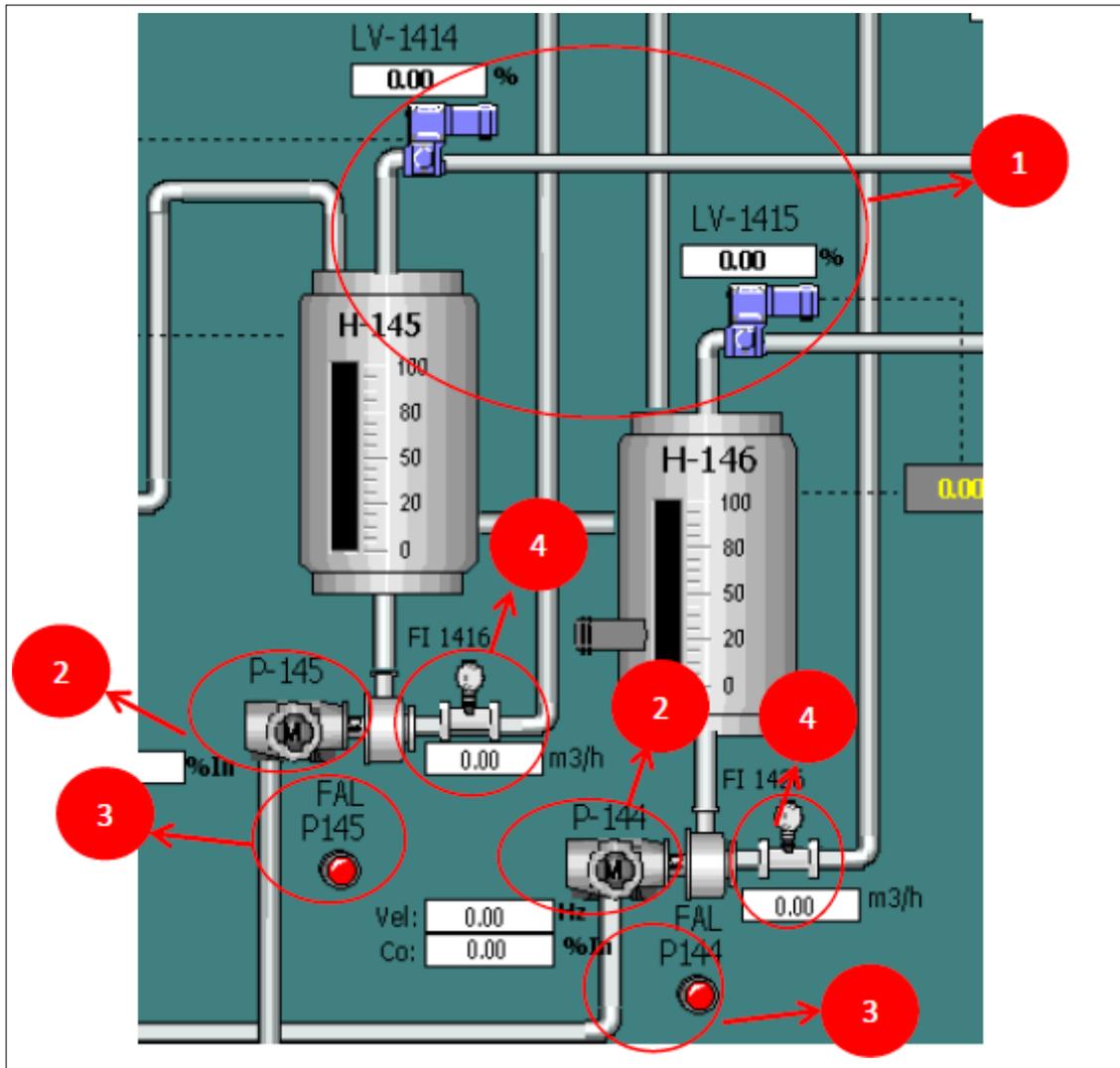


Figura 41: Pantalla de tanques de agua lavado.

Fuente: Elaboración propia utilizando el software WONDERWARE INTOUCH.

De la configuración de control tanques de agua de lavado (figura 41), se supervisó que:

1. Las válvulas modulantes operen de acuerdo al control automático del nivel en los tanques.
2. Las bombas de agua de lavado se controlan para apagarlas, prenderlas, ver el valor de corriente en porcentaje y visualizar su estado actual (RUN, STOP y FAIL).
3. Los Indicadores de flujo funcionen para que el agua de sellos proteja la bomba.
4. Los indicadores de flujo muestren el valor actual del flujo.

En la figura 42 se observa un fragmento de la descripción de las secuencias para la operación de los tornillos transportadores, esta sección se encuentra en la filosofía de control (Ingeniería de Detalle), el automatismo utiliza la lógica descrita en este documento en la programación del PLC sobre el bloque de control de tornillos, para su monitoreo en el sistema SCADA. También se observa que se agregó mayor detalle en la VER_3, debido a las observaciones realizadas gracias a la implementación del simulador.

<p>5.2 Secuencia de Arranque/Parada de los Transportadores de Tornillo</p> <p>A continuación, se describe la secuencia de arranque/parada de los transportadores de tornillo. Las secuencias automáticas serán realizadas por el PLC principal 50XE14.</p> <p>Es importante resaltar que la secuencia de arranque/parada de los componentes internos del filtro de banda, es realizada por el PLC <i>vendor</i> 50XE42 y explicada en la “<i>Functional Description – Outotec RT Filter</i>”, elaborada por Outotec.</p> <p>Secuencia de Arranque en Condiciones Normales de los Transportadores de Tornillo</p> <p>La secuencia de arranque se realiza en el sentido inverso al flujo del material transportado y corresponde al siguiente orden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Confirmar que el calentador RD-501 (existente) esté operando correctamente. • Encender el transportador de tornillo SC-143 	
--	---

Figura 42: Descripción de operación de tornillos transportadores.

Fuente: Ingeniería de Detalle (2018).

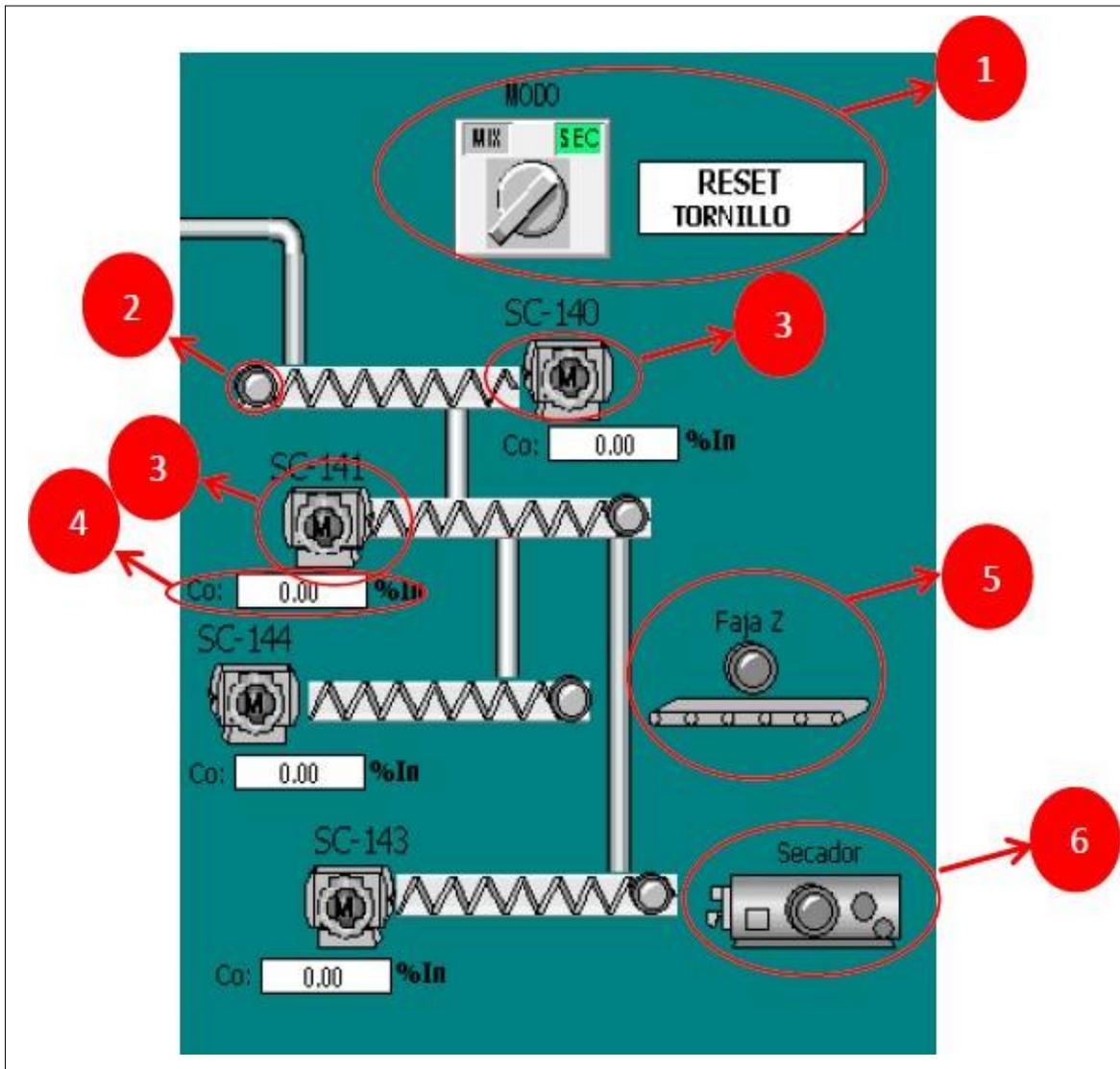


Figura 43: Pantalla visualización de operación de torillos transportadores.

Fuente: Elaboración propia utilizando el software WONDERWARE INTOUCH.

De la configuración de control para tornillos transportadores (Figura 43) se supervisó:

1. El Switch para seleccionar dirección de la producción hacia el mixer o hacia el secador funcione adecuadamente. Así como también el botón reset de tornillos para reiniciar la secuencia de los tornillos.
2. El funcionamiento del monitoreo de estado de los sensores de movimiento de los tornillos.
3. Funcionamiento de los estados de motores (RUN, STOP, FAIL Y SOBRECARGA).

4. Se visualice el valor actual de la corriente de cada motor.
5. Se enlace el sistema de un PLC S7-300 para el monitoreo del estado de la faja Z. se tiene en cuenta que mientras la faja Z esté detenida, no será posible activar el tornillo SC 144. Mientras estén funcionando los tornillos con dirección a la faja Z y esta se apaga, entonces los tornillos se tendrán que apagar aguas arriba y el sistema entrará a modo recirculación.
6. Se enlace un sistema de PLC S7-300 para visualizar el estado del secador. Se tiene en cuenta que mientras el secador esté detenido, no será posible activar el tornillo SC 143. Mientras estén funcionando los tornillos con dirección al secador y este se apaga, entonces los tornillos se tendrán que apagar aguas arriba y el sistema entrará a modo recirculación.

En la figura 44 se observa un fragmento de la descripción de las secuencias para la operación del sistema de bomba de vacío, la bomba de vacío sirve para crear una succión debajo de la tela filtrante del sistema de filtrado de fosfato dicalcico para succionar el agua a lo largo de la tela transportadora, esta sección se encuentra en la filosofía de control (Ingeniería de Detalle), el automatismo utiliza la lógica descrita en este documento para operar la bomba de vacío desde el PLC y su posterior monitoreo en el sistema SCADA.

La bomba de vacío P-151 se encarga de crear un circuito de extracción de gases por presión negativa (crea vacío por presión negativa) requerida por el circuito del Filtro de Banda y el mismo Filtro Banda (F-140) para poder obtener una torta del producto con la menor humedad posible. Para que esta bomba tenga un óptimo funcionamiento deberá ser alimentado por una línea de agua limpia con características como; un caudal (controlado por FSL-1411) y temperatura (supervisado por TIT-1413) según requerimiento del fabricante de la bomba de. La apertura de la válvula FV-1450 permite el flujo de entrada a la bomba, pero esta deberá ser aperturada antes de encender la bomba P-151 y deberá ser cerrada una vez apagada la bomba. Los instrumentos FSL-1411, TI-1408 y PI-1409 se encargan de medir caudal, temperatura y presión a la entrada de la bomba. El instrumento TIT-1413 se encarga de medir la temperatura a la salida de la bomba. El instrumento PIT-1410 se encarga de medir la presión en la entrada de aire de la bomba. La válvula FV/FY-1451 permitirá el drenaje del agua de sello, según requerimiento del equipo *vendor*.

El aire de instrumentación a ser utilizado en el filtro banda proviene del tanque V-141.

Figura 44: Descripción de operación de bomba de vacío.

Fuente: Ingeniería de Detalle (2018).

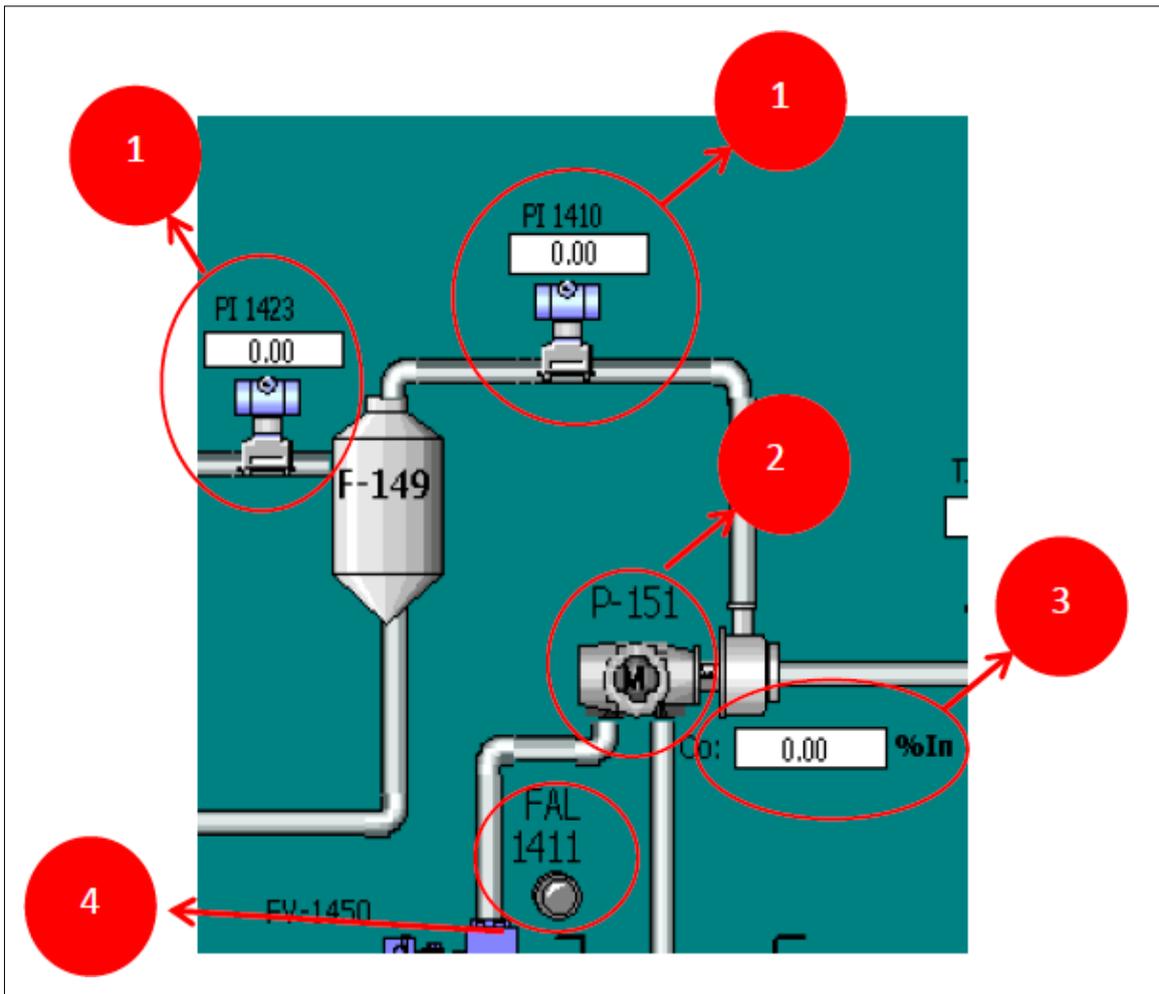


Figura 45: Pantalla de sistema de bomba de vacío.

Fuente: Elaboración propia utilizando el software WONDERWARE INTOUCH.

De las animaciones para el control del sistema de bomba de vacío (figura 45) se verifica:

1. Funcionamiento de Indicadores de presión.
2. Se pueda configurar la Bomba de vacío de acuerdo a lo requerido, como detenerla, arrancarla, ver el valor de corriente en porcentaje y visualizar su estado actual (RUN, STOP y FAIL).
3. Se visualice el valor actual de la corriente
4. El SWITCH de flujo cense si existe flujo en la tubería que va hacia la bomba de vacío.

En la figura 46 se observa un fragmento de la descripción de las precondiciones para la operación del sistema de filtrado de fosfato dicálcico, básicamente se explican las condiciones necesarias para que el operador de la sala de control debe verificar antes de dar inicio a la secuencia de arranque, resaltado se ha colocado las consideraciones agregadas en la filosofía Rev_03.

5.3.1 Paso inicial: Precondiciones

- Debe haber por lo menos un operador en la sala de control y un operador en campo, comunicados vía radio. El procedimiento de operación completo deberá ser implementado por Quimpac.
- Deberán estar programadas las curvas de arranque de todos los motores que tienen variador de velocidad (VFD). Para la programación de la curva de arranque de las bombas que tienen variador de velocidad (VFD), se deberán revisar los requerimientos establecidos por los fabricantes de los motores y las bombas. Las bombas que tienen variador de velocidad son las siguientes: P-126, P-142, P-143, P-144, P-147. De manera similar, se deberá consultar a Outotec para la programación de la curva de arranque del variador de velocidad del motor M140.
- Todos los motores y válvulas deben ser configurados en modo "Automático-Remoto".
- La válvula FV-1441 debe estar cerrada, mientras que la válvula FV-1440 permanecerá abierta.
- La bomba P-126D debe estar recirculando constantemente el slurry del tanque V-112. El flujo de recirculación deberá ser seteado desde el panel de control, según lo requiera operación.

Figura 46: Descripción de operación para el sistema de alimentación de pulpa.

Fuente: Ingeniería de Detalle en base a la Ingeniería de Detalle (2018).

De la descripción para la configuración del control del sistema de alimentación al sistema de filtrado de fosfato dicálcico (Figura 46) se supervisó que el SCADA de la figura 49 cumpla las siguientes condiciones:

1. Funcionamiento del valor mínimo del nivel para que la bomba P126D se apague.
2. Correcto funcionamiento del valor del sensor de nivel en buffer V-112.
3. El valor de flujo de pulpa que se enlaza a la bomba.
4. Interruptor de agua de sello de la bomba para el control de seguridad.
5. Se muestre el estado del motor (RUN, STOP y FAIL), el modo en el que se encuentra (LOCAL, REMOTO, MANUAL y AUTOMÁTICO).
6. Se muestre el valor de la frecuencia (en Hz) y corriente actual.

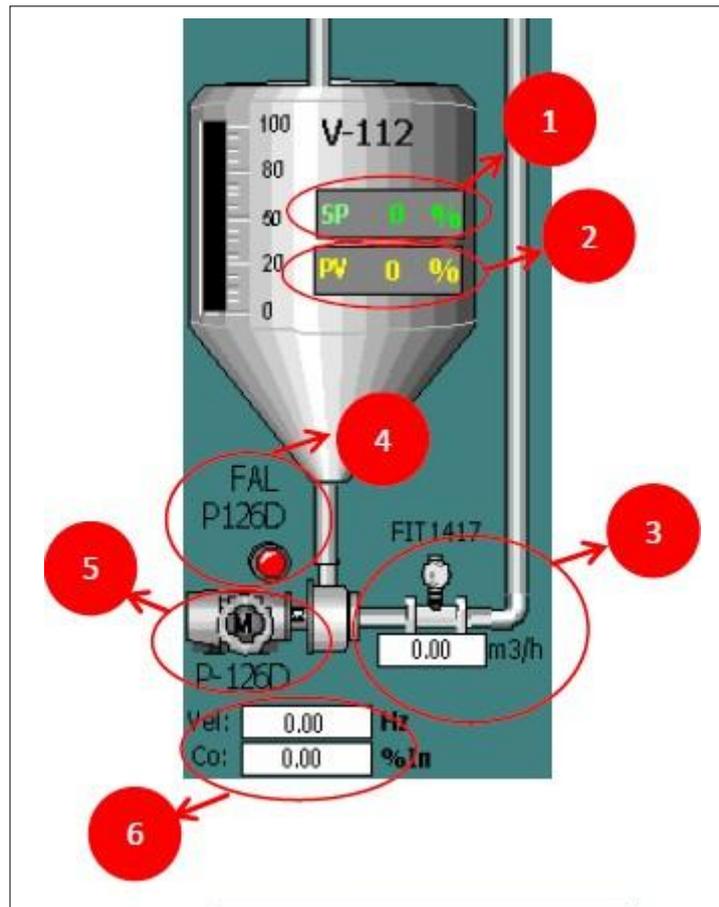


Figura 47: Pantalla para la operación del sistema de alimentación de pulpa.

Fuente: Elaboración propia utilizando el software WONDERWARE INTOUCH.

En la figura 48 y 50 se observa un esquema eléctrico para el control de motores (se revisaron los esquemas eléctricos de los 15 motores) estos esquemas pertenecen a la disciplina Electricidad, dentro de la documentación entregada, los esquemas eléctricos son denominados diagramas eléctricos. La instalación, puesta en servicio e integración con el automatismo fueron responsabilidad del Ingeniero de Proyectos. El diagrama eléctrico (también conocido como un esquema eléctrico o esquemático es una representación pictórica de un circuito eléctrico). Muestra los diferentes componentes del circuito de manera que los pulsadores de arranque, parada, y parada de emergencia se interrelacionen con los variadores de velocidad.

Estos diagramas eléctricos corresponden al CCM, dentro del CCM cada cubículo tiene un arrancador o un variador de velocidad, los diagramas eléctricos, básicamente sirven para el control local de los motores, no obstante, todo el

funcionamiento del CCM se puede realizar remotamente a través del sistema SCADA por medio de la comunicación Profibus DP.

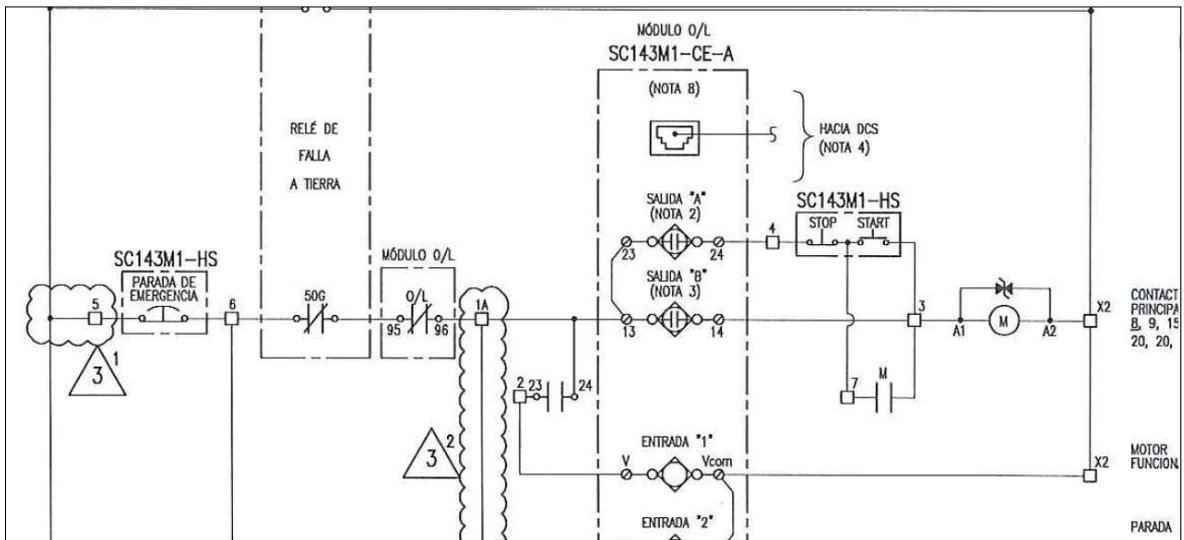


Figura 48: Diagrama eléctrico para control de motores.

Fuente: Ingeniería de Detalle (2018).

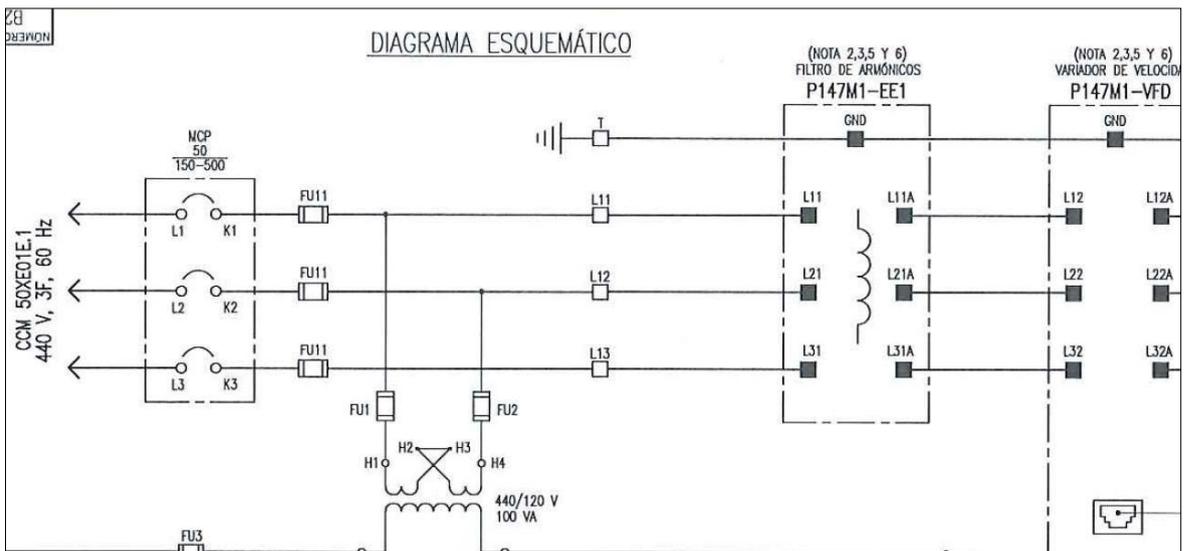


Figura 49: Borneras de cubículo de motor en CCM.

Fuente: Ingeniería de Detalle (2018).

En las figuras 50, 51, 52 y 53, se observa cómo se realiza el montaje del CCM, la supervisión del montaje eléctrico y de los equipos que componen los controles de fuerza requiere que el Ingeniero de Proyectos sea especializado en tareas como:

- Asistir en la programación y planificación, así como en el cumplimiento de los hitos comprometidos (montaje, comisionamiento y puesta en marcha del sistema de filtrado de fosfato dicalcico).
- Ser la persona de contacto entre los vendedores, montajistas, integradores de los automatismos y los distintos proveedores, aclarando y coordinando las distintas documentaciones involucradas.
- Velar por que los métodos de instalación de los equipos de los distintos proveedores sean los adecuados.
- Supervisar la colocación de bandejas, cables y ductos para el correcto tendido de los distintos niveles de cableado: potencia, control, medida, comunicación, etc.
- Supervisar el cableado de los distintos equipos.
- Asumir la responsabilidad de la instalación eléctrica, coordinando los distintos actores: vendor (ABB), empresa de montaje local, integradores de centro PLC, responsables de producción etc.



Figura 50: Supervisión de montaje de CCM.

Fuente: Elaboración propia (2018).



Figura 51: Supervisión de montaje de CCM.

Fuente: Elaboración propia (2018).

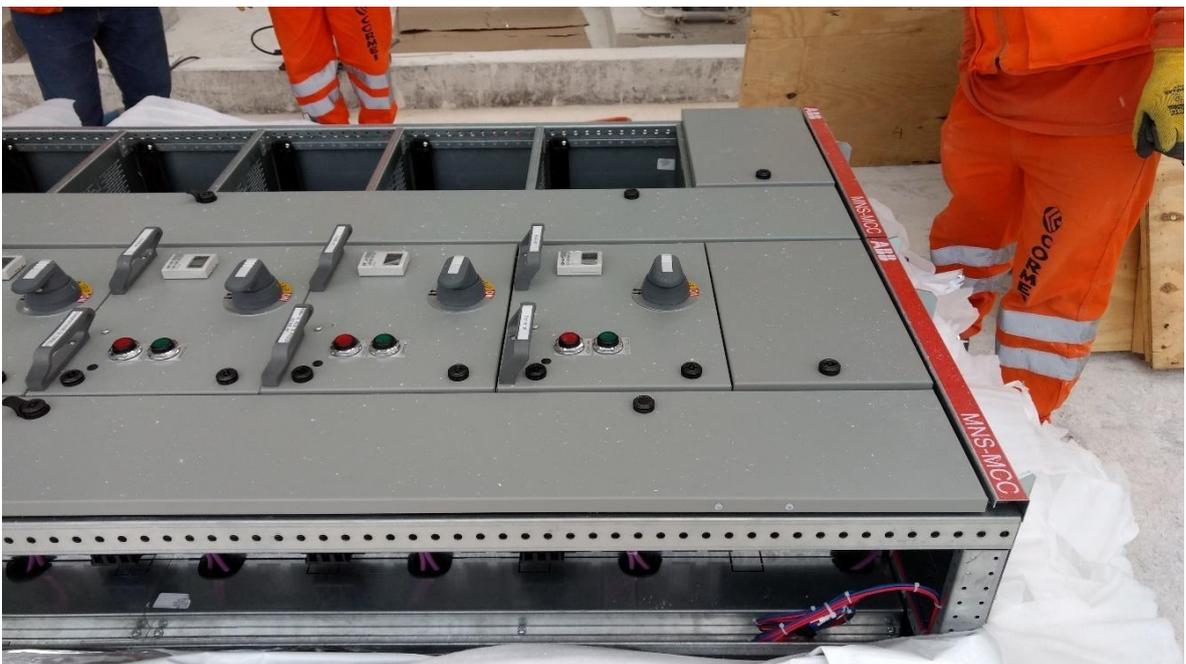


Figura 52: Supervisión de montaje de CCM 4 cuerpos.

Fuente: Elaboración propia (2018).



Figura 53: CCM instalado.

Fuente: Elaboración propia (2018).

Una vez instalado el CCM, los instrumentos de campo, realizado las interconexiones de los PLC's y supervisado la programación del sistema SCADA, se procede a la puesta en marcha de la planta, misma que fue inmediato por la alta precisión de las instrucciones en la Ingeniería de Detalle.

2.3.5 Análisis de contribución.

El análisis de la contribución al centro laboral, como egresado de ingeniería electrónica y telecomunicaciones, en términos de las competencias y habilidades adquiridas durante la formación profesional comprende los conocimientos que los curso relacionados a la automatización y la electrónica han suministrado al estudiante para poder realizar funciones de Ingeniero de Proyectos.

A continuación, se indican los conocimientos adquiridos durante la formación académica que permitieron adquirir las habilidades para afrontar este reto laboral:

- a) Los cursos de lenguajes de programación han permitido comprender, validar y supervisar los programas que empresas terceras han realizado en los PLC's de la automatización para el proyecto "sistema de filtrado para fosfato dicalcico".
- b) En el curso de dibujo para ingeniería se aprendió sobre las diferentes vistas de planta y cortes en los planos que ha permitido comprender e interpretar los diseños estructurales, ubicación de equipos y vistas de arquitectura de la planta.
- c) Los cursos de dispositivos electrónicos, circuitos digitales, circuitos eléctricos permitieron validar el funcionamiento de los instrumentos, dimensionar las capacidades de las fuentes de alimentación, testear instrumentos o elementos electrónicos, y tableros eléctricos.
- d) Análisis de señales, transmisión de datos y arquitectura de redes y protocolos, permitió tener los conocimientos para comprender, validar y diseñar las redes de transmisión de datos entre los PLC's, los equipos de campo y los instrumentos, comprender como las señales se transmiten a través de la red y se interpretan en controladores y estaciones de control.
- e) Maquinas eléctricas y electrónica de potencia, permitió comprender el funcionamiento de los motores, interpretar las hojas de datos de transformadores y motores, también como se realiza la transmisión de energía a través de las líneas de media y alta tensión.
- f) Los cursos de Control han permitieron comprender como funciona de forma automática los controles PID, por ejemplo, como un controlador procesa de forma automática el control de temperatura a un nivel de grados centígrados estable, los operadores pueden setear un nivel en los tanques que tiene configurado un control PID para mantener el nivel constante.
- g) El conocimiento del curso de Automatización industrial, son los mas usados en las actividades laborales, entre las actividades que estos conocimientos han sido útiles para: diseñar, programar, supervisar, elementos de los sistemas automatizados como válvulas neumáticas, actuadores e instrumentos. También

interpretar los diagramas de piping e instrumentos (P&ID), supervisar el montaje de PLC's, controladores de campo.

Estos conocimientos aportaron el conocimiento necesario para ser un profesional competente, para tener las habilidades necesarias que el puesto de trabajo requiere como Ingeniero de Proyectos en la disciplina de automatización.

La propuesta de implementación de un simulador de procesos es posible gracias a los conocimientos adquiridos en la universidad, en la siguiente tabla se analizan los cursos aportaron los conocimientos necesarios durante la formación del profesional para tener las competencias y habilidades necesarias para el desempeño de las actividades del Ingeniero de Proyectos en la disciplina de automatización.

Tabla 2: Asignaturas de la carrera Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

El curso aporto los conocimientos necesarios para realizar la siguiente actividad o afrontar la responsabilidad.	
Asignatura de IET	Actividad / Responsabilidad
Programación para ingeniería.	Programar líneas de programación dentro del simulador. Comprender, validar y supervisar la programación que se realiza los PLC's.
Dispositivos eléctricos.	Supervisar, entender y autorizar la compra de equipos de comunicación en función de las hojas de datos.
Dibujo para ingeniería.	Comprender e interpretar los diseños estructurales, ubicación de equipos, vistas arquitectónicas.
Circuitos eléctricos.	Validar el funcionamiento de instrumentos, alimentar controladores, testear un instrumento o elemento eléctrico/ digital de campo. Inspección de tableros eléctricos.
Circuitos digitales 1 y 2.	Validar el funcionamiento de instrumentos, alimentar controladores, testear un instrumento o elemento eléctrico/ digital de campo.
Circuitos electrónicos 1.	Validar el funcionamiento de instrumentos, alimentar controladores, testear un instrumento o elemento eléctrico/ digital de campo.
Maquinas eléctricas.	Comprender e interpretar las hojas de datos de los motores eléctricos y transformadores de campo.
Análisis de señales y sistemas.	Comprender y diseñar las redes de transmisión de datos entre los PLC's, los equipos de campo y los instrumentos. Comprender como las señales se transmiten a través de la red.
Transmisión de datos.	Comprender y diseñar las redes de transmisión de datos entre los PLC's, los equipos de campo y los instrumentos. Comprender como las señales se transmiten a través de la red.
Control automático 1 y 2 3.	Diseñar, programar, supervisar, elementos de los sistemas automatizados, interpretar los tipos de controles por ejemplo PID.
Microprocesadores.	Comprender el funcionamiento de los controladores de campo (PLC's, Controladores locales, instrumentos inteligentes, etc).
Electrónica de potencia.	Comprender las redes de media y alta tensión a los cuales se alimentarán los proyectos.
Electrónica de comunicaciones.	Comprender y diseñar las redes de transmisión de datos entre los PLC's, los equipos de campo y los instrumentos. Comprender como las señales se transmiten a través de la red.
Procesamiento digital de señales.	Comprender como los PLC's o los sistemas SCADA interpretan las señales de los periféricos de campo.
Arquitectura de redes y protocolos.	Comprender y diseñar las redes de transmisión de datos entre los PLC's, los equipos de campo y los instrumentos. Comprender como las señales se transmiten a través de la red.
Arquitectura de computadores.	Comprender como los PLC's o los sistemas SCADA interpretan las señales de los periféricos de campo.
Automatización industrial.	Diseñar, programar, supervisar, elementos de los sistemas automatizados, Valvulas, interpretar diagramas P&ID, supervisar de motnajes de PLC'S, controladores, instrumentos y actuadores.

Fuente: Elaboración propia en base a la maya curricular UNTELS (2015).

2.4 Resultados

Las contribuciones al centro laboral fueron:

- Se evidenciaron los errores y omisiones que tuvo la documentación para implementar el automatismo.
- Se evitaron problemas relacionados a tiempos muertos en parada de planta.
- El sistema de filtrado de fosfato dicalcico se puso en operación sin contra tiempos y sin observaciones a la automatización.
- Sin un simulador para la validación de la automatización los errores hubieran perjudicado al cronograma del proyecto y extendido el tiempo de parada de planta.
- Debido a que la puesta en marcha del sistema automatizado no tuvo retrasos se logró integrar el nuevo sistema durante una parada de planta de 8 horas, cuando en el cronograma se estimó una parada de planta de 24 horas.

La contribución del profesional a la empresa donde labora, consistió en la implementación de un simulador que permitió detectar errores en la filosofía de control del Sistema Automatizado de Filtrado de Fosfato Dicalcico, la problemática de no haber corregido una filosofía de control sería la no operatividad de la planta, la relevancia radica en el siguiente concepto:

“Se han invertido 4 millones de dólares en el proyecto, se inicia con las obras civiles, luego el estructural metal metálico, el montaje de equipos, montaje de líneas eléctricas, montaje de instrumentos, el comisionamiento de equipos y finalmente la puesta en marcha del automatismo” ... Gerentes.

Con mucho esfuerzo y gracias a un correcto seguimiento de puesta en marcha, el automatismo del sistema funcionó después de las pruebas iniciales.

CONCLUSIONES

- Se logró validar la documentación de la automatización para identificar los estados de equipos durante las secuencias de automatización, obteniendo como resultado criterios más precisos visualizando los estados de los equipos en el simulador.
- Se logró esquematizar los diagramas P&ID en un simulador Wonderware Intouch de procesos industriales, obteniendo como resultado animaciones que permiten comprender las secuencias automatizadas descritas en la filosofía de control.
- Se logró comprobar y observar el funcionamiento automatizado del sistema de control en el simulador Wonderware Intouch, obteniendo como resultado documentos de Ingeniería de Detalle más precisos para implementar las secuencias de automatización.
- Se logró ejecutar el pre comisionamiento, comisionamiento y puesta en marcha de los equipos del sistema de automatización de la planta química, obtenido como resultado una puesta en marcha de 8 horas para integrar el nuevo sistema de filtrado de fosfato dicálcico. Cada hora representa 5 toneladas de producción, por lo tanto, la buena gestión de proyectos utilizando un simulador para validar las especificaciones contractivas, permitió a la empresa generar 80 toneladas de fosfato, porque que la parada de planta se programó en 24 horas y se concluyó en 8 horas.

RECOMENDACIONES

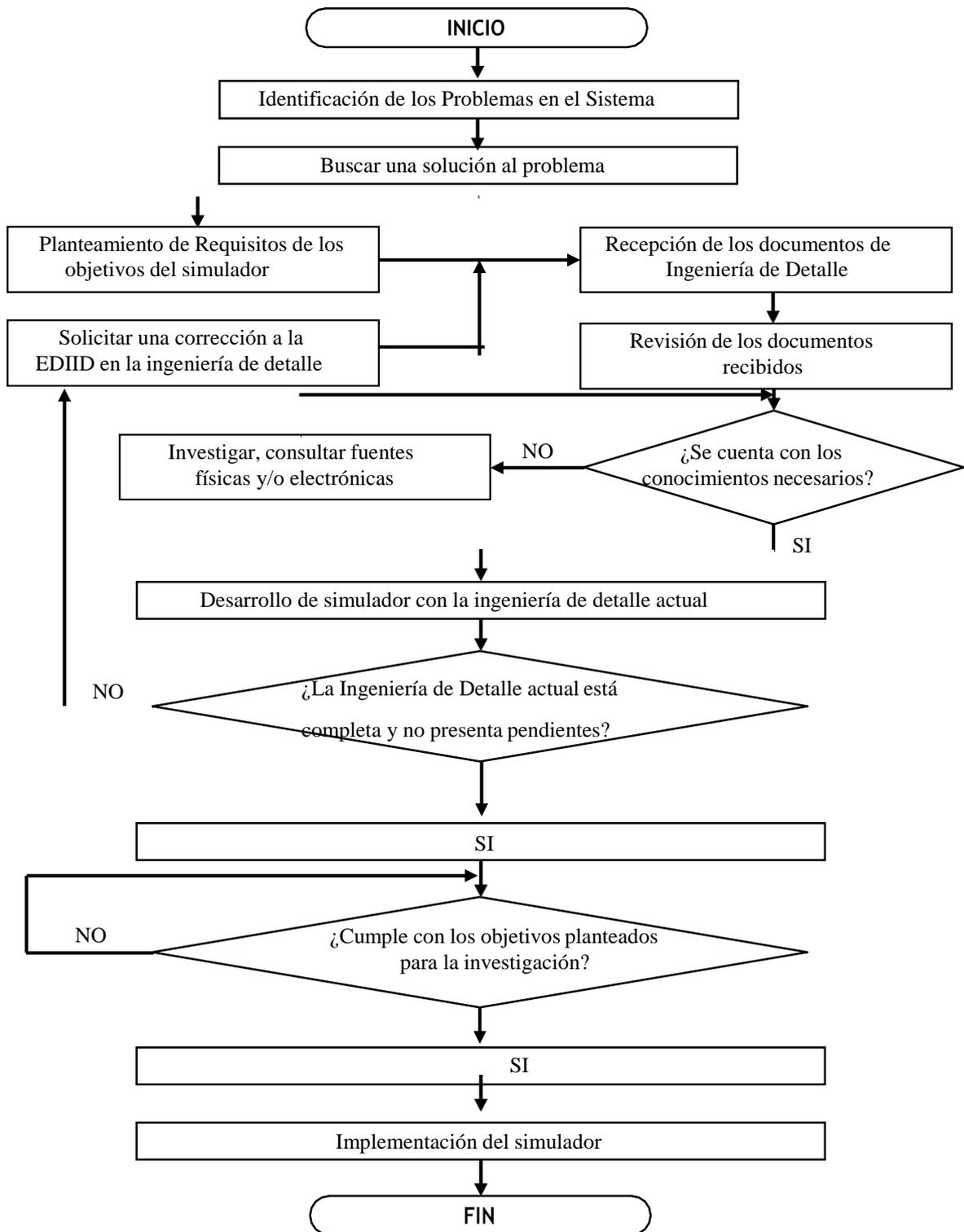
- Dado que un Proyecto de Automatización requiere mejora continua en la metodología para la Dirección y Gestión de Proyectos, se recomienda a futuros ingenieros encargados de Proyectos de Automatización, validar los proyectos de automatización en entornos virtuales de simulación.
- Se recomienda utilizar Normas que permitan implementar herramientas de simulación en la Dirección de Gerencia de Proyectos, para tener una eficiente visión de las secuencias automatizadas y de los elementos que conforman los sistemas de automatización.
- Se recomienda implementar metodologías en la Gestión de Proyectos, para que los sistemas automatizados sean simulados como requerimiento en la Gestión de Proyectos Industriales, y hacer comparaciones entre los resultados obtenidos.
- Se recomienda comprobar los automatismos en entornos virtuales porque eliminan los riesgos y peligros propios de la industria identificados en la norma ISO 45001.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antunez F. (2016). *Puesta en marcha de sistemas de automatización industrial*, Málaga, España. 2016 IC Editorial.
- Aznar H. (2016). *Fase II de un Proyecto: La Ingeniería de Detalle*. Recuperado de: <https://proyectplant.wordpress.com/2016/11/15/fase-iii-de-un-proyecto-la-ingenieria-de-detalle>
- Arnulfo C. (2016). *Normas legales en Seguridad y Salud en el trabajo*, Bogotá, Colombia, Segunda edición. Ediciones de la U, 2016.
- Braginsky, M. Tarakanov, D. Tsapko, S. (2016) *E-network modelling of process industrial control systems in building computer simulators*. doi: 10.1109/SIBCON.2016.7491659. Publisher: IEEE.
- Dominic, C. Nishanth, C. Denn, K. Rafil, E. Chen, C. Rene, D. Elms, H. y otros (2017). *Chemical engineering process simulation*, Cambridge, United States: ELSERVIER.
- ISO 45001 (2018), *Sistemas de Gestrion de la Seguridad y salud en el trabajo – Requisitos con orientación para su uso*, Traducción oficial, Primera edición. Suiza: Fabio Monzón.
- Joaquín, S. Alfredo, J. Pablo, R. (2015). *Tecnologías de Deshidratación de Fangos*, Coruña, España: Universidad de Coruña.
- Moreton, V. (2008). *Filtración de lodos industriales*. Madrid, España: Escuela de negocios SGS.
- Orozco, B. Perez, A. Nieves, G. Francisco, J. Marcos, J. Alfayat, B. (2013). *Contaminación Ambiental*. Madrid, España: Paraninfo.
- Oana, C. Valentin, S. (2016) *The industrial process control simulator with Programmable Logic Control*. doi: 10.1109/SACI.2016.7507385 Publisher: IEEE.
- Pawel, P. Allen, G. (2014) *Process Simulation and optiomization in sustainable logistics and manufacturing*. Mississippi, United States: Springer.

- Pérez, E. (2015). *Los sistemas SCADA en la automatización industrial*. Grecia, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Pruna, E. Bayas, F. Cocha, H. Escobar, I. Gordon, A. Constante, P. (2016) *Implementation of a simulator of industrial processes*. doi: 10.1109/ICA-ACCA.2016.7778494 Publisher:IEEE.
- Raid, A. Edward, J. Onur, M. (2015) *Process simulation using witness*. New Jersey, United States: Wiley.
- Ryabchikov, M. Ryabchikova, E. Grebennikova, V. (2016). doi: 10.1109/ICIEAM.2016.7910909 Publisher: IEEE
- Sainz J, (2007) *Tecnologías para la sostenibilidad*, Madrid España: Fundación EOI.
- Sebastián, P. (2017). *Oficina Técnica y Proyectos*. Madrid España: UNED.
- Siemens (2020). *Revista Digital. Automatización Industrial*. Recuperado de: <https://new.siemens.com/es/es/productos/automatizacion.html>
- Trujillo, L. Ronald, M. Hernando, E. Vargas, Y. Castro, G. (2018) *Experiencias de innovación educativa*. Bogotá, Colombia. Politécnico Gran Colombiano.
- Xavier, E. (2012). *Tratamiento y valorización energética de residuos*. Madrid, España: Días de Santos.
- Xavier, E. (2015). *Reciclaje de residuos industriales Tercera*. Madrid, España: Días de Santos.

ANEXO 1: Diagrama de flujo - Proceso de creación de Simulador.



ANEXO 2: Tabla de documentos ELECTRICOS.

ITEM	DOCUMENTOS ELECTRICOS
1	Hoja de Datos Tecnicos de Centro de Control de Motores
2	Hoja de Datos Tecnicos de Tablero de Servicios Auxiliares
3	Hoja de Datos Tecnicos de Variador de Velocidad de Baja Tension
4	Hoja de Datos Tecnicos de Transformador de Instrumentación Seco
5	Hoja de Datos Tecnicos de Calentador de Inmersión
6	Especificación Técnica de Equipos
7	Especificación Técnica de Montaje
8	Especificación Técnica de Materiales
9	Memoria de Calculo de Malla a Tierra
10	Memoria de Calculo de Iluminación
11	Memoria de Calculo de Conductores
12	Memoria de Calculo de Demanda
13	MR - EQUIPOS ELECTRICOS
15	Listado de TIE-INS
16	Listado de Cables Electricos
17	Listado de Equipos Electricos
18	Listado de Materiales
19	Diagrama Unifilar de SS.AA.
20	Diagrama Unifilar
21	Leyenda y Notas generales
22	Esquemático de Control Bomba de Lavados de Tela
23	Esquemático de Control Bomba de Agua de Proceso
24	Esquemático de Control Bomba de Agua de Proceso Stand By
25	Esquemático de Control Extractor
26	Esquemático de Control Transportador Tornillo SC140
27	Esquemático de Control Transportador Tornillo SC141
28	Esquemático de Control Transportador Tornillo SC143
29	Esquemático de Control Bomba de Filtrado 1
30	Esquemático de Control Bomba de Filtrado 2
31	Esquemático de Control Bomba de Filtrado 3
32	Esquemático de Control Bomba Lavado de Torta
33	Esquemático de Control Bomba Alimentación a Filtros
34	Esquemático de Control Filtro Banda Horizontal
35	Sistema de Puesta a Tierra 1/2
36	Sistema de Alumbrado 1/3
37	Distribución de Fuerza y Control- Arreglo General
38	Sistema de Fuerza y Control 1 de 2
39	Sistema de Puesta a Tierra 2/2
40	Esquemático de Control Bomba de Vacío P151
41	Esquemático de Control Transportador Tornillo SC144
42	Sistema de Alumbrado 2/3
43	Sistema de Alumbrado 3/3
44	Sistema de Fuerza y Control 2 de 2
45	Estandares Constructivos Sistema de Puesta a tierra
46	Estandares Constructivos Sistema de Puesta a tierra
47	Estandares Constructivos Sistema de Fuerza y Control
48	Estandares Constructivos Sistema de Alumbrado

ANEXO 3: Tabla de documentos de PROCESOS e INSTRUMENTACIÓN

ITEM	DOCUMENTOS Instrumentación
1	Filtration System
2	Utilities and Filter Cake Handling
3	Heat and Mass Balance
4	fabricante FILTER
5	FILTRATE RECEIVERS
6	FILTRATE PUMPS
7	CAKE/CLOTH WASH SYSTEM
8	AIR SUPPLY / SEAL WATER SYSTEM
9	FILTER CAKE TRANSFER
10	P&ID - Sistema de Alimentación a Filtro de Banda
11	P&ID - Alimentación a Secador
12	P&ID - Almacenamiento de Agua Filtrada
13	P&ID - Sistema de Aire de Instrumentación
14	P&ID - Sistema de Agua Caliente
15	P&ID - Sistema de Agua de Procesos
16	ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISION
17	DIAGRAMA DE RED DE COMUNICACIONES PROFIBUS DP
18	DIAGRAMA DE RED DE COMUNICACIONES MODBUS / TCP
20	Instrument Data Sheet 64103D1 Pressure Regulator
21	Instrument Data Sheet 64106D1 Magnetic Flow Meter
22	Instrument Data Sheet 64214D1 Level Switch Vibration
23	Instrument Data Sheet 64217D1 Flow Switch
24	Instrument Data Sheet 64301D1 Pressure Gauge
25	Instrument Data Sheet 64308D1 Pressure Transmitter
26	Instrument Data Sheet 64400D1 RTD and Temperature Transmitter
27	Instrument Data Sheet 64702D1 Safety and Relief Valve
28	Instrument Data Sheet 64704D6 Control Valve Ball
29	Instrument Data Sheet 64704D5 Control Valve Plug
30	Instrument Data Sheet 64403D1 Thermometer
31	Hoja de datos - Sistema de Control
33	MR - GABINETE DE CONTROL 50XE14
34	MR - SWITCH DE NIVEL LSH-1431
35	INDICADOR/TRANSMISOR DE PRESIÓN PI-1404/1405/1406/1407/1409/1412/1418/1420 PI-1421/1422/1424/1425/1428A/1428B/1435 PI-1452/1453, PIT-1410/1423, LT-1430
36	Flujómetros y Switch de Flujo FIT-1416/1417/1419/1426 PI-1421/1422/1424/1425/1428A/1428B/1435 FSL-1411
37	VALVULAS HV-1440/1441/1450/1451 LV-1414/1415/1430 PCV-1427/1428, PSV-1436
38	Termómetro, RTD/Termocupla Controlador de Temperatura LV-1414/1415/1430 TI-1408, TIT-1413, TIC-1429

ANEXO 4: Tabla de documentos de INSTRUMENTACIÓN

ITEM	DOCUMENTOS Instrumentación
1	Instrument List
2	Listado de Equipos
3	Lista de Entradas / Salidas al DCS
4	WIRING DIAGRAM WD-001 JB-DC
5	WIRING DIAGRAM WD-002 JB-AC
6	LSH-1431 LOOP DIAGRAM
7	SSL-1442 LOOP DIAGRAM
8	SSL-1445 LOOP DIAGRAM
9	SSL-1446 LOOP DIAGRAM
10	SSL-1447 LOOP DIAGRAM
11	FSL-1411 LOOP DIAGRAM
12	FIT-1416 LOOP DIAGRAM
13	FIT-1417 AND SC-P126D LOOP DIAGRAM
14	FIT-1419 LOOP DIAGRAM
15	FIT-1426 AND SC-P144 LOOP DIAGRAM
16	LSH-1401, LT-1401 AND SC-P147 LOOP DIAGRAM
17	LSH-1402, LT-1402 AND SC-P142 LOOP DIAGRAM
18	LSH-1403, LT-1403 AND SC-P143 LOOP DIAGRAM
20	PIT-1410 LOOP DIAGRAM
21	PIT-1423 LOOP DIAGRAM
22	TIT-1413 LOOP DIAGRAM
23	LT-1414 AND LV-1414 LOOP DIAGRAM
24	LT-1415 AND LV-1415 LOOP DIAGRAM
25	LT-1430 AND LV-1430 LOOP DIAGRAM
26	HV-1440 LOOP DIAGRAM
27	HV-1441 LOOP DIAGRAM
28	HV-1450 LOOP DIAGRAM
29	HV-1451 LOOP DIAGRAM
30	INSTRUMENT LOCATION PLAN F-140 - RT FILTER BUILDING PLAN AT PLATFORM ELEV. 16.060M
31	INSTRUMENT LOCATON PLAN F-140 - RT FILTER BUILDING PLAN AT PLATFORM ELEV. 12.280M AND 13.36M
33	INSTRUMENT LOCATION PLAN F-140 - RT FILTER BUILDING PLAN AT PLATFORM ELEV. 9.4M
34	INSTRUMENT LOCATION PLAN F-140 - RT FILTER BUILDING PLAN AT FINSHED SLAB ELEV. 4.0M
35	INSTRUMENT LOCATION PLAN F-140 - RT FILTER BUILDING ELEVATION LOOKING EAST
36	INSTRUMENT LOCATION PLAN F-140 - RT FILTER BUILDING ELEVATION LOOKING NORTH
37	INSTRUMENT LOCATION PLAN TANK AREA V-112 SECTION
38	DETALLES DE MONTAJE VALVULA BOLA MODULANTE
39	DETALLES DE MONTAJE VALVULA PLUG ON/OFF
40	DETALLES DE MONTAJE TRANSMISOR DE PRESION
41	DETALLES DE MONTAJE MANÓMETRO
42	DETALLES DE MONTAJE TRANSMISOR DE NIVEL DIFERENCIAL

ANEXO 5: Acta de entrega de proyecto a Planta de producción.

ACTA DE ENTREGA Y RECEPCION

Nombre del Proyecto: Nuevo Sistema de Filtrado de DCP

Plazo: 16 meses

En virtud al proyecto de la referencia, el filtro banda entró en producción el día 13 de Febrero del 2018 operando en forma continua 24 horas al día.

Cabe indicar que todas las actividades de construcción han sido completadas de conformidad con los requisitos del proyecto, así como las pruebas de comisionado y calidad de los equipos sin actividades pendientes.

Asimismo, se deja todo los equipos y el edificio en condiciones aceptables de orden y limpieza.

Luego de la inspección realizada con el área de operaciones, se establece que a través de la presente acta sólo existe un listado de trabajos pendientes, los cuales son:

N°	Observación	Nivel	Motivo	Fecha de actividad	Responsable
1	Punto de aire de planta	4to	Realización de limpieza de equipos. Caso contrario, se tendrían que retirar algunos elementos (como polines, raspadores, etc) para realizar dichas intervenciones.	02/03/2018	[Redacted]
2	Pantalla de sala de control	Sala de control	Al utilizar la radio de trabajo (necesario para las comunicaciones entre personal de campo y sala de control, se pierde la visibilidad de la pantalla del módulo)	TBD	[Redacted]/David Yanac
3	Inaccesibilidad a válvulas de alimentación o corte a tanque H-113A	3er	Válvula se encuentra a mas de 03 metros de altura. No se puede aperturar o cerrar válvulas para realizar algún requerimiento de	09/03/2018	[Redacted]
4	Inaccesibilidad a válvulas de alimentación o corte a tanque H-113B	3er	Válvula se encuentra a mas de 03 metros de altura. No se puede aperturar o cerrar válvulas para realizar algún requerimiento de	09/03/2018	[Redacted]
5	Ampliar barandas de seguridad al lado de las escaleras del 2do y 3er nivel	Todos	Seguridad Industrial	09/03/2018	[Redacted]
6	Falta de ventanas de inspección y limpieza para tornillo SC-140	3er	Para realizar limpieza del tornillo SC-140, no tiene puntos de acceso, por lo cual es requerimiento tener unas ventanas de inspección y de limpieza.	09/03/2018	[Redacted]
7	Falta pintar de amarillo el primer escalón de concreto	1ero	Señalización por recomendación del área de seguridad industrial.	02/03/2018	[Redacted]

El día 21 de Febrero se hizo entrega formal de todos los documentos de ingeniería, manuales de operación y manuales de mantenimiento de todos los equipos. El día 22 de Febrero del área que se utilizó durante el proyecto.

Por lo antes señalado, firmamos los representantes del área de proyectos y el área de producción de la Planta Esperanza, como señal de conformidad en original y copia, en el mes de Febrero 2018.

[Redacted Signature]
Gerente de Proyectos

[Redacted Signature]
Supervisor de Producción
[Redacted Signature]

[Redacted Signature]
Superintendente
Planta Esperanza

ANEXO 6: Informe de CCM para aprobación de Ing. Proyectos.



INFORME TECNICO

FECHA : 02 DE ENERO DEL 2018
RELATOR : ~~MARIO ABELLANO~~
INSTALACION : SALA MCC4-PLANTA ~~COMINERG S.A.~~
CLIENTE : ~~BANCO INTER AMERICANO DE FINANZAS QUIMBO S.A.~~
OS ABB : ~~00000000~~
OC CLIENTE : ~~CARTA DE SUPERVISION DE ARRENDAMIENTO FINANCIERO~~
~~LOS OREOS QUIMBO S.A.~~
ASUNTO : ~~SUPERVISION DE ENTREGA EN MARCA DEL CENTRO DE~~
~~CONTROL DE MOTORES ABB MNS-MCC TRC COMINERG~~
~~PROYECTO FILTRO BANDA ~~COMINERG S.A.~~~~

1.- OBJETO DEL SERVICIO

- Supervisar la Puesta en Servicio/Pre-comisionamiento de un (01) nuevo Centro de Control de Motores marca ABB MNS-MCC (según estándar UL-845) en Baja Tensión 440V. con Tag ~~COMINERG~~ ubicado en el interior de la Sala Eléctrica CCM4 .

2.- PRESENTES

- **Por el Cliente: QUIMPAC S.A.**
 - ~~José Espinoza (Ingeniero de Proyectos)~~
 - ~~William Bohanal (Analista de Proyectos)~~
 - David Yanac (Supervisor Instrumentación).
- **Por el Cliente: QUIMPAC S.A.**
 - ~~Mario Abellano (CCM Senior Engineer Responsable del Centro)~~
 - ~~Fredy Salazar (CMDB Senior Engineer Especialista de Rincón)~~

3.- TIEMPO Y MOTIVO DEL SERVICIO

- La Supervisión de la Puesta en Servicio/Pre-Comisionamiento mencionada en el punto 1.- se llevó a cabo en las instalaciones de Planta ~~COMINERG~~

ANEXO 7: Recepción de Informe de CCM para aprobación.

Mover a Categorizar

INFORME TÉCNICO Supervisión Montaje mecánico CCM Filtro Banda.

Mensaje enviado con importancia Alta.

MA Mario Arellano <[redacted]>
Lun 05/02/2018 9:44
Para: David Yanac
CC: [redacted]

 Informe Técnico OS [redacted]
3 MB

Estimado David,

Les envío el Informe Técnico pendiente referido a nuestra Supervisión de la puesta en marcha del CCM Filtro Banda.

Cordiales Saludos.

 **ABB**
EPES Service Engineer
ABB S.A.
Electrification Products
Av. Argentina N° 3120 - Lima 1
LIMA-PERU
Phone: [redacted]
Telefax: [redacted]
RPM Mobile: [redacted]
RPC Mobile: [redacted]
email: [redacted]

...

[Responder](#) | [Responder a todos](#) | [Reenviar](#)

Mensaje enviado con importancia Alta.

MA [redacted]
Vie 02/02/2018 12:19
Para: David Yanac
CC: [redacted]

 Informe Técnico OS [redacted]
1 MB

Estimado David,