

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA:

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO E INGENIERA ELECTRÓNICA

TEMA:

**ESTUDIO Y DISEÑO DE INGENIERÍA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL
PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AGUA DESMINERALIZADA EN LA
CENTRAL TÉRMICA ESMERALDAS I**

AUTORES:

CARLOS ALBERTO GUACHAMIN GARCÍA

KARINA ALEXANDRA PAREDES CAMPOVERDE

TUTOR:

WILLIAM MANUEL MONTALVO LÓPEZ

Quito, junio de 2017

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Carlos Alberto Guachamin García y Karina Alexandra Paredes Campoverde, con documento de identificación N° 0803785211 y N° 2100862180 respectivamente, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: ESTUDIO Y DISEÑO DE INGENIERÍA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AGUA DESMINERALIZADA EN LA CENTRAL TÉRMICA ESMERALDAS I, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Electrónicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....

Carlos Alberto Guachamin García
Cédula: 0803785211



.....

Karina Alexandra Paredes Campoverde
Cédula: 2100862180

Quito, junio 2017

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación ESTUDIO Y DISEÑO DE INGENIERÍA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AGUA DESMINERALIZADA EN LA CENTRAL TÉRMICA ESMERALDAS I realizado por Carlos Alberto Guachamin García y Karina Alexandra Paredes Campoverde, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, junio 2017



William Manuel Montalvo López

Cédula de identidad: 1712789989

DEDICATORIA

Para mis padres, Alba y Víctor, pilares fundamentales en mi vida, por su permanente apoyo en todo momento, por los valores que me han inculcado, por sus enseñanzas, consejos y hacer de mí una mejor persona.

Para Erika, Youri y Maite, mis queridos hermanos por ser mi apoyo incondicional y una de las razones para seguir preparándome.

Para toda mi familia y amigos por el cariño y el amor que me han brindado siempre.

Karina Paredes Campoverde.

A mis padres, Marlis García y Manuel Guachamin por sus esfuerzos y sacrificios que han hecho que culmine con éxitos un paso muy importante como es la carrera universitaria. Por sus consejos que me ayudaron a crecer como persona y hacer una hombre de bien.

A mis hermanas Coraima, Yaritza y Karelis por estar siempre junto a mí brindándome su apoyo y motivándome a salir a adelante cada día.

A mis familiares, que han brindado su apoyo incondicional y han creído en mí.

Carlos Guachamin García

AGRADECIMIENTOS

El Señor es mi roca y mi fortaleza: es mi libertador y es mi Dios; es la roca que me da seguridad; es mi escudo y me da la victoria.

Salmo 18, 3

A Dios, por guiar nuestros pasos a lo largo de nuestra carrera, por ser nuestra fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarnos una vida llena de aprendizajes y experiencias.

A nuestra familia, por ser fuente de apoyo constante e incondicional en todo momento y habernos dado la oportunidad de seguir creciendo profesionalmente.

A la gerencia general, el departamento de ingeniería y departamento químico que conforman Termo Esmeraldas I, por la ayuda brindada y facilitar la información necesaria para desarrollar con éxito este proyecto.

A los maestros que forjaron nuestro conocimiento, nos brindaron su apoyo, tiempo y amistad a lo largo de nuestra vida universitaria.

A nuestros amigos y personas allegadas que de una u otra manera han sabido brindarnos su apoyo para culminar nuestra carrera profesional.

Carlos y Karina.

INDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1	1
ANTECEDENTES.....	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Beneficiarios.....	3
CAPÍTULO 2	4
MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Automatización.....	4
2.2 Controlador Lógico Programable (PLC).....	6
2.3 Sistemas de control	6
2.3.1 Control de lazo abierto	7
2.3.2 Control de lazo cerrado	7
2.4 Regulador o controlador industrial PID	8
2.5 Supervisión de procesos industriales SCADA	9
2.5.1 Arquitectura de un sistema SCADA	10
CAPÍTULO 3	12
DESARROLLO	12
3.1 Descripción general de la Central Térmica Esmeraldas I	12
3.2 Descripción general de la planta de producción de agua desmineralizada.....	13
3.3 Descripción del proceso de producción de agua desmineralizada.....	14
3.4 Descripción de la regeneración de los filtros.....	16
3.4.1 Regeneración del filtro catiónico T1/T2.....	17
3.4.2 Regeneración del filtro anionico T3/T4	17
3.4.3 Regeneración filtro mixto T5/T6	18
3.5 Descripción operativa del proceso de producción	19
3.6 Descripción operativa de la regeneración de los filtros	21
3.6.1 Filtro catiónico T1/T2	22
3.6.2 Regeneración del filtro anionico.....	24
3.6.3 Filtro mixto T5/T6	26
3.6.4 Determinación de los niveles de regeneración.....	31
3.7 Sistema de control, monitoreo, alarmas y protecciones	35

3.7.1	Controles de caudal y nivel.....	35
3.8	Alarmas y protecciones.....	36
3.9	Entradas y salidas del proceso de desmineralización.....	38
3.10	Selección del PLC para la simulación.....	38
3.11	Diagrama funcional del sistema de control.....	39
3.12	Software de programación para la simulación.....	39
3.12.1	Comunicación entre Intouch y el PLC.....	40
3.13	Descripción de la plataforma de desarrollo.....	42
3.13.1	Pantalla Principal.....	42
3.13.2	Proceso de producción.....	43
3.13.3	Proceso de regeneración catiónica y aniónica.....	45
3.13.4	Regeneración lecho mixto.....	47
3.14	Pantalla de alarma.....	49
3.15	Pantalla de Registros.....	50
3.15.1	Registro de regeneración.....	52
3.16	Encendido de válvulas de forma manual.....	53
3.17	Accionamiento manual de bombas.....	54
3.18	Presupuesto de implementación.....	54
CAPITULO 4	.....	56
ANÁLISIS Y RESULTADOS	.....	56
4.1	Costos de la regeneración.....	56
CONCLUSIONES	.....	59
RECOMENDACIONES	.....	62
LISTA DE REFERENCIAS	.....	64
ANEXOS	.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Ubicación de la Termoeléctrica Esmeraldas I	2
Figura 2.1. Sistema de control lazo abierto.....	7
Figura 2.2. Sistema de control el lazo cerrado	7
Figura 2.3. Lazo de control PID.	8
Figura 2.4. Estructura básica de un sistema SCADA.	11
Figura 3.1. Esquema de generación de energía eléctrica.	12
Figura 3.2. Esquema de la producción de agua desmineralizada.	15
Figura 3.3. Diagrama funcional del sistema de control.	39
Figura 3.4. Configuración del SMC.....	40
Figura 3.5. Creación del grupo del dispositivo entre Intouch y DaServer.	41
Figura 3.6. Access Name para el protocolo SuiteLink	41
Figura 3.7. Pantalla principal	42
Figura 3.8. Pantalla de menú de opciones.....	43
Figura 3.9. Selección de bombas de producción.	44
Figura 3.10. Pantalla de inicio de producción	45
Figura 3.11. Pantalla de menú para ingresar a regeneración.....	45
Figura 3.12. Pantalla de bombas de regeneración.	46
Figura 3.13. Pantalla de selección de tren para regeneración.	47
Figura 3.14. Pantalla de selección regeneración filtro mixto.	47
Figura 3.15. Pantalla de selección de bombas.....	48
Figura 3.16. Regeneración del lecho mixto.....	48
Figura 3.17. Pantalla de alarmas.....	49
Figura 3.18. Registro de alarma.....	50
Figura 3.19. Registro de producción y regeneración.	51
Figura 3.20. Registro de producción: caudales	51
Figura 3.21. Registro de producción: conductividad.....	52
Figura 3.22. Registro de regeneración.	52
Figura 3.23. Pantalla selección manual de válvulas.	53
Figura 3.24. Pantalla de accionamiento manual de válvulas.....	53
Figura 3.25. Pantalla de accionamiento manual de bomba.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Características de los filtros iónicos	16
Tabla 3.2. Señales de entrada y salida.	38
Tabla 3.3. Presupuesto para la implementación	55
Tabla 4.1. Consumo y costos de ácido sulfúrico y sosa cáustica del año 2015	56
Tabla 4.2. Consumo y costos de ácido sulfúrico y sosa cáustica para el diseño propuesto.	57
Tabla 4.3. Costo anual del sistema actual y el propuesto	58

RESUMEN

El presente estudio nace de la necesidad de mejorar el proceso de producción de agua desmineralizada de la Central Térmica Esmeraldas I, tomando como punto de partida el modelo original de la planta, para realizar un análisis general y en detalle del funcionamiento de la misma, mediante el cual se generan las bases de la automatización de las líneas de producción y regeneración. A través de este se elabora un diseño de automatización tomando en cuenta los parámetros de control y las condiciones para el funcionamiento, obteniendo como resultado un sistema en el cual se integra cada elemento de la planta y mediante un Controlador Lógico Programable y un sistema SCADA controlar, registrar y monitorear el funcionamiento en tiempo real de la misma. Para la elaboración del estudio se hace uso del software Intouch mediante el cual se realiza el sistema SCADA en el cual se tiene varias pantallas y entre ellas la pantalla principal donde el operador visualiza en forma macro la planta de agua desmineralizada. Igualmente, se observa el estado de las variables del proceso sean estas conductividad, nivel temperatura, caudal, volumen, densidad y tiempo, también se tiene reconocimiento, reposición y registro de las alarmas y eventos que han ocurrido en el mismo, además un registro en Excel de las horas de producción y de regeneración de los filtros de ambos trenes.

ABSTRACT

The present study was born from the need to improve the process of production of demineralized water from the Esmeraldas I Thermal Central Plant, taking as its starting point the original model of the plant, to perform a general analysis and the detail of the operation of the same, El Which is the basis for the automation of the production and regeneration lines. Through this design an automation design taking into account the control parameters and the conditions for the operation, resulting in a system in which the entire element of the plant is integrated and by means of a Programmable Logic Controller and a SCADA that control, Register and monitor the real-time operation of the same. For the elaboration of the study it makes use of the Intouch software through which it performs the SCADA system in which there are several screens and between them the main screen where the operator visualizes in macro form the demineralized water plant. Likewise, we observe the state of the process variables are these conductivity, temperature level, flow, volume, density and time, there is also recognition, reset and recording of alarms and events that have occurred in the same Excel of the hours of Production and regeneration of the filters of two trains.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Planteamiento del problema

La Central Térmica Esmeraldas I, es una planta para la generación de energía termoeléctrica mediante vapor, con capacidad máxima de 132,5MW. Está ubicada en la provincia de Esmeraldas, vía Atacames km 7 1/2 frente a la Refinería Esmeraldas.

El proceso de generación de energía eléctrica se realiza mediante la producción de vapor en una caldera que requiere agua desmineralizada, la cual es suministrada por la Planta de Tratamiento de Agua Desmineralizada.

La Planta de Tratamiento de Agua Desmineralizada cuenta con un control que no permite tener una reacción rápida ante las fallas presentadas en el proceso, llevar un control más confiable del consumo de los productos químicos empleados en la regeneración de los filtros y el monitoreo de las variables de control en tiempo real.

Además, se sigue haciendo uso del tablero original, provocando así una acumulación de cables por doquier, lo que ocasiona que las tareas de mantenimiento no se realicen apropiadamente.

Es por esto que se ve la necesidad de realizar un estudio y diseño para la automatización del proceso de producción de agua desmineralizada en la Central Térmica Esmeraldas I.

1.2 Justificación

La planta de producción de agua desmineralizada, requiere entregar agua altamente pura al caldero para la generación de vapor, razón por la cual nace la necesidad de mejorar el proceso de producción de agua desmineralizada, mediante la elaboración de un nuevo diseño de automatización, tomando en cuenta los parámetros de control y las condiciones de funcionamiento del diseño original.

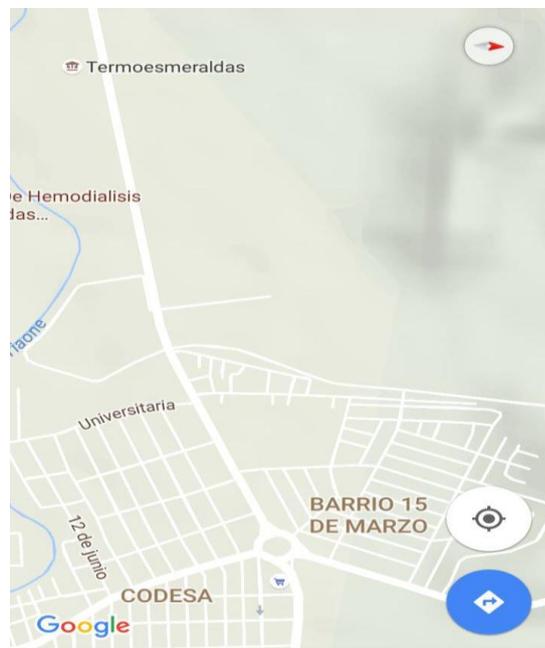
El nuevo diseño permite diagnosticar posibles fallas y monitorear en tiempo real el funcionamiento del proceso y las variables de control que intervienen en el mismo.

Otra de las ventajas que brinda el nuevo diseño es el registro automático del estado en el que se encuentran los parámetros de control que intervienen en el proceso de producción y regeneración de los filtros.

Con un sistema de procesamiento de agua desmineralizado automatizado se logra tener un proceso más óptimo, incrementando los índices de producción y además, garantizando la confiabilidad del proceso, con sistemas de adquisición de datos en tiempo real.

Este proyecto se realiza para la Central Térmica a vapor de Esmeraldas I perteneciente a CELEC (Corporación Eléctrica del Ecuador), se encuentra ubicada en la provincia del mismo nombre, vía Atacames km 7 1/2 frente a la Refinería Esmeraldas.

Figura 0.1. Ubicación de la Termoeléctrica Esmeraldas I



Fuente: Google, 2016

En este proyecto se va a realizar un estudio teórico y diseño de ingeniería para la planta de producción de agua desmineralizada de la Central Térmica de Esmeraldas I.

Toda la documentación será entregada al personal asignado por el gerente para respectiva verificación, aprobación y finalización del proyecto.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Analizar y diseñar un sistema de automatización para el proceso de producción de agua desmineralizada en la Central Térmica Esmeraldas I.

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el funcionamiento actual de la planta del proceso de agua desmineralizada dentro de la Central Térmica para arribar a conclusiones particulares a partir de la hipótesis y que después se pueda comprobar experimentalmente.
- Diseñar un sistema de automatización que se adapte a las necesidades de funcionamiento del proceso de producción de agua desmineralizada para establecer una explicación tentativa que puede ser sometida a prueba.
- Analizar el costo beneficio del sistema diseñado versus el sistema anterior mediante los tiempos de para de la planta para establecer sus similitudes y diferencias y de ello sacar conclusiones que establezcan caminos futuros para mejorar el proceso.

1.4 Beneficiarios

El presente proyecto está destinado para la Central Térmica Esmeraldas I, perteneciente a CELEC (Corporación Eléctrica del Ecuador), que entrega energía eléctrica a la red interconectada nacional, de la cual se beneficia la población ecuatoriana.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

En este capítulo, se presentan los conceptos analíticos para el desarrollo del proyecto. Se realiza una descripción general de los elementos, dispositivos y variables de control que intervienen en el proceso de producción de agua desmineralizada.

2.1 Automatización

La Real Academia de las Ciencias Físicas y Exactas define la automática como un conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas. A partir de esta definición surge la de automatización como la aplicación de la automática al control de procesos industriales.

Los procesos industriales se conocen como procesos continuos, procesos discretos y procesos batch. Los procesos continuos, se caracterizan porque la materia prima está continuamente ingresando por un extremo del sistema y al mismo tiempo sale por el otro, un gran ejemplo de ello es la desmineralización y purificación de agua o la generación de electricidad.

El control para los procesos industriales, abarca la teoría de control básica de realimentación y acción PID, la instrumentación de control (sensores, actuadores, dispositivos electrónicos, etc.), diversas arquitecturas de control (centralizado, distribuido) y la teoría de control avanzada (Asensio & Arbos, 2005).

Entre uno de los proyectos de automatización de sistemas de agua desmineralizada está la “Actualización y Monitoreo del Sistema de Agua Desmineralizada del Centro de Tecnología Global de Colgate-Palmolive México”, realizado por estudiantes del Instituto Politécnico Nacional en el año 2009.

El propósito del proyecto es reducir el tiempo en la prueba de agua, obtener mediciones con un margen de error mínimo, disminuir la cantidad de agua de rechazo y monitorear las variables para mantener la calidad del agua dentro de los parámetros requeridos para la manufactura de los productos desarrollados en el

centro de tecnología global de Colgate- Palmolive. Para ello, mediante una red de comunicación con el uso del protocolo DeviceNet para el enlace de dispositivos de monitoreo de dureza, ozono y conductividad, y con la plataforma Visual Basic, la cual permite tener configuradas las alarmas en la PC y así mantenerlas en los rangos de operación establecidos por dicho Centro Tecnológico (Selvin, 2010).

Otro de los proyectos de automatización de agua de desmineralizada es el “Estudio e implementación de sistema de control de una planta de tratamiento de agua, para uso en calderas de alta presión, en generación de energía eléctrica”, realizados por estudiantes de Universidad de San Carlos de Guatemala en el año 2010.

Este proyecto tiene como objetivo un control distribuido para el control de la planta utilizando un controlador. Para mostrar las variables del sistema en tiempo real se tiene una consola que permita a los usuarios: Operar, diagnosticar, visualizar, interactuar, ver alarmas, reportar las distintas variables involucradas para un buen funcionamiento de la planta de tratamiento de agua (Carmen, 2009).

Entre las empresas dedicadas a la automatización de las plantas de tratamiento de agua se encuentra **MF Técnica**, ubicada en Barcelona – España, la cual es una empresa de Ingeniería - Consultoría, fundada en el año 1997 con un claro objetivo: ofrecer a las empresas un servicio integral y personalizado para resolver, de forma efectiva y profesional, los problemas derivados de su actividad y proporcionar asesoramiento técnico y legal en aspectos relacionados con el medio ambiente.

Para ello la empresa dispone de cuatro departamentos:

- Ingeniería
- Laboratorio
- Gestión
- Explotación

En el de ingeniería se encuentra el campo de la automatización y telecontrol de los diferentes procesos de una planta de tratamiento de aguas, el cual ha evolucionado de una manera vertiginosa desde el clásico cuadro de control con botoneras, hasta los modernos sistemas de gestión integral controlados por ordenador.

En esa evolución, MF Técnica se ha especializado en la automatización y telecontrol de los procesos de trabajo mediante sistemas de controladores programables. Siemens, Schenider Electric, Telemecanique, Omron, Allen-Bradley y ABB, por ejemplo, son sólo una muestra de las marcas con las que habitualmente se desarrollan los diferentes proyectos de funcionamiento. MF Técnica se adapta a las necesidades del cliente para unificar los controladores existentes en la línea de proceso, disminuyendo así los costes de recambios y mantenimientos preventivos posteriores.

Los sistemas de control remoto vía PC-SCADA, acceso 3G a pantallas HMI, iPhone, Android etc. permiten una interacción total sobre el funcionamiento de los equipos de la planta y facilitan su gestión, optimizando así los recursos disponibles y minimizando los costes de explotación.

MF Técnica desarrolla a medida cada planta, para ajustar a las necesidades reales del cliente el funcionamiento de los equipos que formaran la planta de tratamiento de aguas (mftecnima, 2017).

2.2 Controlador Lógico Programable (PLC)

El Controladores Lógicos Programables (PLC), es definido por Bolton como un dispositivo electrónico que usa una memoria programable y lleva a cabo funciones lógicas, para el control de maquinaria y procesos en tiempo real, con características específicas.

Al PLC se conectan las entradas (sensores) por una parte y las salidas (actuadores) por otra, y sobre la base de las entradas, se efectúa acciones sobre las salidas de acuerdo al programa diseñado por el operador (Bolton, 2001).

2.3 Sistemas de control

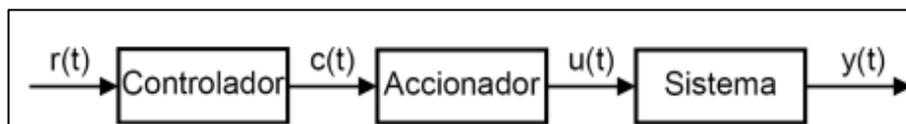
Mediante el avance de la ingeniería y la ciencia que se tiene actualmente, el control automático, según Ogata, se ha vuelto esencial en los procesos modernos industriales y de manufactura, debido a que mejora la productividad, reduce la carga de muchas operaciones manuales rutinarias, elimina errores y le da seguridad al proceso (Ogata, 1998).

Según Bolton, el principio de todo sistema de control automático, es la aplicación del concepto de realimentación o feedback que tiene como característica principal mantener al controlador central informado sobre el estado actual de las variables que se desean controlar para generar acciones correctivas si es el caso. Los sistemas de control pueden ser en lazo o bucle abierto y en lazo o bucle cerrado.

2.3.1 Control de lazo abierto

Es aquel donde la salida del sistema no tiene efecto en la señal de entrada, es decir, la salida no se mide ni se realimenta para compararla con la entrada y ejercer alguna acción sobre la diferencia de las dos, estos lazos de control son imprecisos debido a que no tiene corrección de errores, un ejemplo de este lazo de control se ve en la Figura 2.1 (Bolton, 2001).

Figura 0.1. Sistema de control lazo abierto

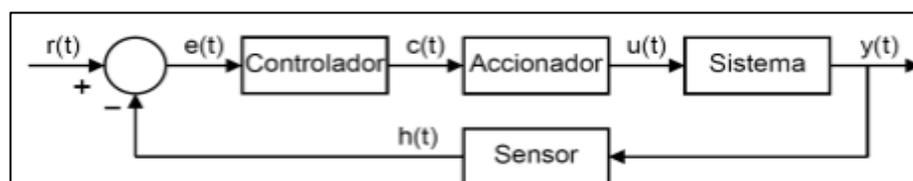


Fuente: (Picuino, 2017)

2.3.2 Control de lazo cerrado

El sistema de lazo de control cerrado también se denomina sistema de control realimentado, es un tipo de control donde la salida si tiene efecto sobre la señal de entrada, modificándola para mantener la señal de salida en el valor requerido, es decir, el sistema mantiene una relación entre la señal de salida y una entrada de referencia, las compara y la diferencia (señal de error) sirve como la medida de control, como se ve en la Figura 2.3. Este tipo de lazos de control tiene mayor exactitud por lo que son los más empleados en la actualidad (Bolton, 2001).

Figura 0.2. Sistema de control el lazo cerrado



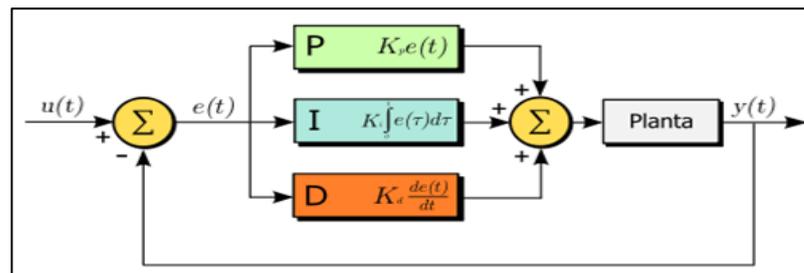
Fuente: (Picuino, 2017)

Los elementos que conforman un sistema de control en lazo cerrado son el sistema o planta que es aquello que se desea controlar, el elemento final de control o accionador, el controlador que suministra la señal sobre el sistema para que actúe según sea necesario y el sensor que mide el estado de la variable a controlar.

2.4 Regulador o controlador industrial PID

Asensio y Arbos, definen los reguladores industriales como dispositivos que sirven para la regulación continua de las variables. El objetivo del regulador o controlador PID, es mantener un valor deseado dentro de una cantidad o condición, midiendo el valor existente, comparándolo con el valor deseado y a la diferencia (señal de error) proceder aplicarle tres acciones distintas: Acción Proporcional (P), acción Integral (I) y acción Derivativa (D) (Asensio & Arbos, 2005).

Figura 0.3. Lazo de control PID



Fuente: (Álvarez & Ingrid, 2013)

Dependiendo de las acciones que se le aplica a la señal, se pueden tener comúnmente los siguientes tipos de reguladores:

- Proporcional (P).
- Proporcional-Integral (PI).
- Proporcional-Derivativo (PD).
- Proporcional Integral Derivativo (PID).

Los controladores PID se utilizan en la mayoría de los sistemas de control continuo que existen en la industria, ya que presentan características importantes como simplicidad, robustez y además permiten realizar un procedimiento de prueba y error para seleccionar la mejor proporción para cada una de las acciones, sin que el usuario tenga que tener un conocimiento profundo de la teoría de control.

En particular el control PID es muy usado cuando no se conoce el modelo matemático de la planta y por ende no es posible emplear métodos de diseño analíticos, tal es el caso que ha demostrado su utilidad en el campo de los procesos industriales, aportando un control satisfactorio.

2.5 Supervisión de procesos industriales SCADA

“La labor de un supervisor representa una tarea delicada y esencial desde el punto de vista normativo y operativo; de ésta acción depende en gran medida garantizar la calidad y eficiencia del proceso que se desarrolla. En el supervisor descansa la responsabilidad de orientar o corregir las acciones que se desarrollan” (Redondo, 2008).

La supervisión de los procesos automáticos en la actualidad busca ser completo y claro, debido a que de ello depende el éxito y las perspectivas futuras de muchas empresas. Para el cumplimiento de aquello existe software industrial para la implementación de sistemas de supervisión también llamados SCADA.

EL nombre SCADA viene de las siglas “Supervisory Control And Data Acquisition”, es decir, Control con Supervisión y Adquisición de Datos. Se define a un SCADA como el sistema que permite supervisar una planta o proceso por medio de una estación central donde se hace adquisición de datos hacia/desde el campo (Corrales, 2007).

Según Corrales, las principales características de los sistemas SCADAS son los siguientes:

- La adquisición de datos materializa la posibilidad de obtener datos de un proceso, almacenarlos y presentarlos de manera clara para un usuario no especializado.
- Procura hacer que la relación entre el usuario y el proceso sea lo más amigable posible.
- Presenta datos en tiempo real de las variables del proceso a los operadores de planta. Se puede vigilar a muchos kilómetros de distancias como está funcionando el proceso.

- Supervisión, mando y adquisición de datos de un proceso y herramientas de gestión para la toma de decisiones. Tiene la capacidad de poder modificar los parámetros de control establecido bajo ciertas condiciones. Evita una continua inspección del hombre.
- Permite guardar o almacenar los valores de control obtenidos durante el proceso, con el fin de evaluar o analizar estos resultados en un futuro.
- Permite el reconocimiento de eventos que están fuera de los parámetros de control de la planta y su inmediata puesta en conocimiento a los operadores para efectuar una acción correctora pertinente. Además, las pantallas de alamar pueden exigir un reconocimiento por parte del operario, de forma que quede registrado el evento o incidencia.
- Control para modificar la evolución del proceso, actuando bien sobre los reguladores autónomos básicos (consignas, alarmas, menús, etc.), bien directamente sobre el proceso mediante las salidas conectadas.

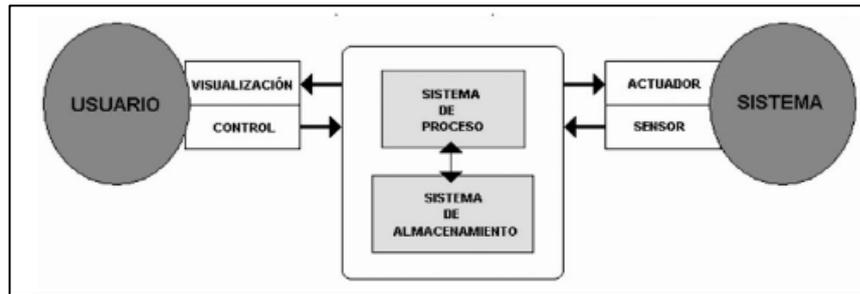
Algunos de los requerimientos de un sistema SCADA para aprovechar su máxima capacidad son las siguientes:

- Debe ser un sistema que pueda expandirse o cambiar de acuerdo a las necesidades de la empresa, es decir, un sistema de arquitectura abierta.
- Debe ser amigable y claro para los usuarios que conforman la planta y para el resto de la planta.
- El software a utilizar debe ser fácil de instalar, sin muchas exigencias y fácil de usar.

2.5.1 Arquitectura de un sistema SCADA

Las primeras incursiones en el campo de la automatización industrial se localizaban todo el control en una PC, y tendían progresivamente la distribución del control de la planta. De esta manera, el sistema se divide en tres bloques principales, como se ve en la Figura 2.4.

Figura 0.4. Estructura básica de un sistema SCADA



Fuente: (Rodríguez, 2007)

El usuario, mediante la visualización y el control, tiene acceso al sistema de proceso y a su vez al sistema de almacenamiento donde se encuentra la aplicación de control y supervisión (servidor). La comunicación entre estos dos sistemas por lo general se realiza mediante protocolos de comunicación Ethernet.

El sistema de proceso recibe del sistema o planta mediante los sensores el estado de la misma, y así, generar una acción hacia el sistema mediante los elementos actuadores.

El transmisión entre los dispositivos de campo, sean estos sensores o actuadores se realizan mediante bus de campo como Ethernet industrial. Todas las acciones ejecutadas en la supervisión y control son almacenadas para posterior análisis (Rodríguez, 2007).

CAPÍTULO 3

DESARROLLO

En este capítulo se detalla el proceso de producción de Agua Desmineralizada que requiere la Central Térmica Esmeraldas I para generar energía eléctrica. Para ellos se describe de forma general de planta de producción de agua desmineralizada, es decir cómo está compuesta, cuales son los dispositivos electrónicos, tanto para medición como toma de datos en línea. Además se describe la forma operativa de la planta, ya sea, en producción como en generación.

Los tags o marquillas de los equipos y elementos que intervienen en el proceso son referenciados en el plano PI&D que se encuentra como Anexo 4.

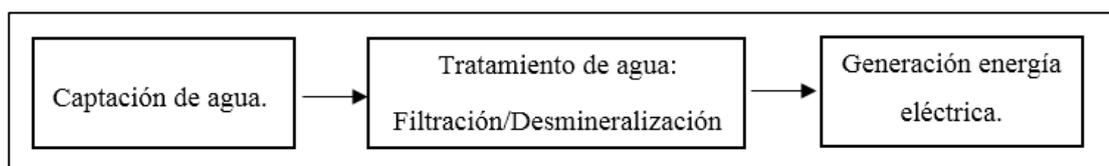
3.1 Descripción general de la Central Térmica Esmeraldas I

La central Térmica Esmeraldas I, es una planta para la generación de energía termoeléctrica mediante vapor, con capacidad máxima de 132,5MW. Está ubicada en la provincia de Esmeraldas, vía Atacames km 7 1/2 frente a la Refinería Esmeraldas.

El proceso de generación de energía eléctrica se realiza mediante la producción de vapor en una caldera, vapor que mueve una turbina y respectivo generador eléctrico acoplado a la misma. Para este propósito el vapor generado en la caldera debe ser de alta calidad para la protección de la turbina.

El vapor que es generado en el caldero, requiere de agua desmineralizada, la cual es suministrada por la planta de tratamiento de agua desmineralizada, según se describe en el siguiente esquema del proceso.

Figura 0.1. Esquema de generación de energía eléctrica



3.2 Descripción general de la planta de producción de agua desmineralizada

Dentro del proceso generación de energía eléctrica, la central Térmica Esmeraldas cuenta con unas instalaciones o planta dedicada para la producción de agua desmineralizada, la misma que será convertida en vapor en el caldero diseñado para los propósitos en el contexto de obtener la potencia y energía requerida conforme su capacidad de diseño.

La planta de agua desmineralizada, se compone de dos trenes de producción denominados tren A y tren B, con capacidad de 18m³/h cada uno y con idénticas características.

Cada tren consta de un filtro o cambiador catiónico, un filtro o cambiador anionico y un filtro o cambiador de lecho mixto, denominados T1 (catiónico)- T3 (anionico) -T5 (lecho mixto) para el tren A y T2 (catiónico)-T4 (anionico)-T6 (lecho mixto) para el tren B.

Cada uno de los filtros está constituido por una envoltura metálica cilíndrica en forma vertical, con válvulas ON/OFF y tuberías de entrada y salida.

Existen dos bombas que sirven para enviar a través de cañerías el agua filtrada hacia los filtros catiónicos de ambos trenes.

Al ingreso de los filtros catiónicos (T1-T2) y anionicos (T3-T4), se sitúan válvulas de control de caudal de agua, que efectúan la regulación según lo detallado en el procedimiento operativo.

Entre la salida del filtro catiónico y la entrada al filtro anionico, se tiene un descarbonatador común para ambos trenes, el cual consta de un ventilador que envía una corriente de aire para eliminar el CO₂ que posee el agua proveniente del filtro catiónico.

El descarbonatador para mantener su nivel según los caudales requeridos de agua, lo hace a través de una válvula reguladora de nivel, que es mostrado en una regleta ubicada al costado del mismo.

El agua que sale del descarbonatador es impulsada por bombas centrifugas hacia los filtros anionicos. Seguidamente, el agua pasa por el filtro de lecho mixto para finalmente ser almacenada en el tanque de agua desmineralizada.

A la salida de los filtros anionicos y mixtos existen sensores de conductividad, que sirven para medir el nivel de conductividad que posee el agua en el proceso de producción.

El caudal de agua es medido e indicado a través de un transmisor indicador, el cual está situado a la entrada de cada filtro catiónico y anionico, en ambos trenes; de igual manera, se tiene a la entrada del tanque de agua desmineralizada.

Para la regeneración de los filtros catiónico y lecho mixto, se tiene un sistema dual de bombas de dosificación de ácido sulfúrico con capacidad de entrega de 159 l/h cada una.

De igual manera, existen dos bombas de dosificación de sosa caustica con capacidad de entrega de 530 l/h cada una, para los filtro anionicos y lecho mixto.

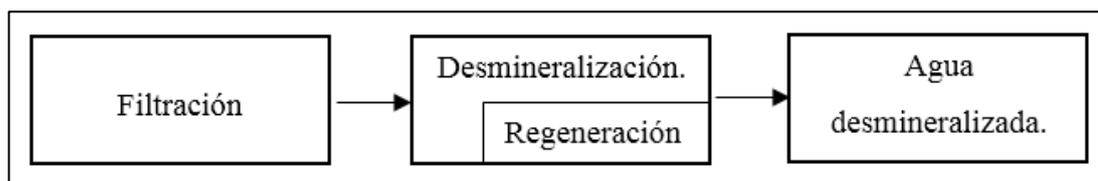
Además, se tiene dos diluidores (uno para H_2SO_4 y otro para $(NaOH)$ donde se realiza la mezcla del soluto con el agua para obtener la solución para la regeneración de los filtros catiónicos, anionicos y mixtos.

Al ingreso de los diluidores, se sitúan válvulas de control de caudal de agua que efectúan la regulación según lo detallado en el esquema operativo.

3.3 Descripción del proceso de producción de agua desmineralizada

Para la producción de agua desmineralizada, la Central Térmica Esmeraldas I, compra agua potable a la Empresa EAPA San Mateo, la misma que es filtrada y posteriormente desmineraliza, como se visualiza en el siguiente diagrama.

Figura 0.2. Esquema de la producción de agua desmineralizada



El agua filtrada es enviada mediante bombas al filtro catiónico, ingresando por la parte superior del mismo y distribuida uniformemente, de tal manera que pasa a través de las resinas de intercambio catiónico para retener los cationes (iones positivos) de magnesio (Mg), calcio (Ca) y potasio (K).

A continuación, el agua que sale por la parte inferior del filtro catiónico, toma el nombre de agua descationizada y pasa a la torre de descarbonatación.

El agua descationizada entra por la parte alta de la torre y cae en forma de cortina, mientras una corriente de aire proveniente de un ventilador eléctrico la atraviesa de forma perpendicular, desprendiendo el CO₂ que contiene.

Una vez que el agua, llega al fondo de la torre, se recoge en un depósito situado debajo de la misma, adquiere el nombre de agua descarbonatada.

Posteriormente, el agua descarbonatada es enviada mediante bombas al filtro anionico, esta ingresa por la parte superior del mismo y es distribuida uniformemente, de tal manera que al pasar a través de las resinas de intercambio anionico, se retienen los aniones (iones negativos) de cloruro (Cl), sulfato (SO₄) y bicarbonato (HCO₃) que tiene el agua.

Luego, el agua que sale del filtro anionico ingresa por la parte superior del filtro de lecho mixto, que actúa como pulidor (elimina cualquier anión o catión que se haya pasado de los filtros anteriores), entregando una agua altamente pura, es decir, con conductividad menor a 0.1uS/cm y sílice menor a 0.02 ppm. Esta agua es almacenada en un tanque de 1100m³, desde donde se abastece al caldero.

Para iniciar el presente estudio se realizó un cuadro comparativo entre el diseño original y el funcionamiento actual de la planta, que se describe en el Anexo 1.

3.4 Descripción de la regeneración de los filtros

En la planta de tratamiento de agua, se utilizan dos tipos de resinas, para el filtro catiónico la resina IRA 200 y para el filtro anionico la resina IR 900, el filtro de lecho mixto tiene de los dos tipos de resina como se observa en la Tabla 1.1.

Cada tipo de resina tiene su propio regenerante para recuperar su capacidad de intercambio iónico a diferentes niveles de concentración.

La resina catiónica usa ácido sulfúrico (H₂SO₄), diluido al 98% de concentración y la resina anionica usa sosa caustica (NaOH), diluido al 50% de concentración.

Tabla 0.1. Características de los filtros iónicos

Filtro	Volumen (l)	Tipo de resina	Regenerante	Tiempo (min)
Catiónico	2200	IR 200	Ácido sulfúrico.	60
Anionico	2275	IRA 900	Sosa caustica	72
Lecho mixto	325	IR 200	Ácido sulfúrico.	20
	525	IRA 900	Sosa caustica	25

Cuando los filtros tanto catiónicos como anionicos, han perdido su capacidad de retener los iones, debido a los altos niveles de sílice y conductividad presentes en el agua, se debe poner fuera de servicio todo el tren y proceder a regenerarlos.

Las fases de regeneración de los filtros tanto anionico como catiónico son:

- Fase I: Lavado contracorriente.
- Fase II: Regeneración de resina.
- Fase III: Lavado de regeneración.
- Fase IV: Lavado final.

Los filtros de lecho mixto tienen 10 fases de regeneración, éstas son las mismas que se hacen al catiónico y anionico, debido a que por el hecho de ser mixto consta de resina catiónica y anionica, más tres fases:

- Disminución de nivel.
- Soplado de resinas.
- Llenado del filtro.

3.4.1 Regeneración del filtro catiónico T1/T2

Se empieza con la Fase I (lavado contracorriente), para lo cual, el agua bruta o filtrada, es enviada mediante las bombas denominadas de “agua filtrada” al filtro catiónico, ingresando por la parte inferior y saliendo por la parte superior del mismo hacia el drenaje, esto, con la finalidad de remover los sedimentos que se encuentran mezclados con la resina. Esta fase tiene una duración de 15 minutos.

Después de este tiempo, empieza la Fase II (regeneración de resina), la misma que se la realiza con ácido sulfúrico a una concentración del 98%, para lo cual, el caudal de agua es enviado mediante las bombas denominadas de “agua filtrada” hacia el diluidor, al mismo instante que la bomba dosificadora de ácido sulfúrico envía este producto hasta el mismo recipiente, con la finalidad de mezclarlos para obtener la solución regeneradora a concentraciones establecidas para recuperar la capacidad de intercambio iónico de la resina.

La solución regeneradora ingresa al filtro catiónico por la línea de regeneración y es distribuida homogéneamente, de tal forma que atraviesa la resina para quitar las partículas (iones positivos) de magnesio (Mg), potasio(K) y calcio (Ca) retenidos en el proceso de producción y enviarlos por el drenaje.

Después haber terminado la Fase II de regeneración, se inicia la fase III (lavado de regeneración), la cual consiste en eliminar los residuos de la solución regeneradora que quedaron en la línea de regeneración y en el filtro.

Finalmente, se realiza la Fase IV (lavado final), la misma que consiste en hacer un último lavado para asegurar que no existan residuos de solución regeneradora en el filtro.

3.4.2 Regeneración del filtro anionico T3/T4

Para dar inicio a la regeneración anionica, se debe tener en servicio el filtro catiónico con el descarbonatador.

Se empieza con la Fase I (lavado contracorriente), para lo cual, el caudal de agua es enviada mediante las bombas denominadas de “agua descarbonatada” al filtro anionico, ingresando por la parte inferior y saliendo por la parte superior del mismo hacia el drenaje, con la finalidad de remover los sedimentos que se encuentran mezclados con la resina. Esta fase tiene una duración de 15 minutos.

Antes de ingresar a la Fase II, se abre la válvula manual FV01 de entrada de vapor al diluidor y se drena el condensado entrampado.

Después de este tiempo, empieza la Fase II (regeneración de resina), la misma que se la realiza con sosa caustica a una concentración del 50%, para lo cual, el caudal de agua es enviado mediante las bombas de agua descarbonatada hacia el diluidor/calentador, al mismo instante que la bomba dosificadora de sosa caustica envía este producto hasta el mismo recipiente y se regula el paso del vapor para mantener una temperatura (42-45 °C) constante de la mezcla.

La solución regeneradora ingresa al filtro anionico por la línea de regeneración y es distribuida homogéneamente, de tal forma que atraviesa la resina para quitar los iones de sulfato, bicarbonato y cloruro retenidos en el proceso de producción y enviarlos por el drenaje.

Después haber terminado la Fase II, se inicia la Fase III (lavado de regeneración), la cual consiste en eliminar los residuos de la solución regeneradora que quedaron en la línea de regeneración y en el filtro.

Finalmente, se realiza la Fase IV (lavado final), la misma que consiste en hacer un último lavado para asegurar que no se hayan quedado residuos de la solución regeneradora en el filtro.

3.4.3 Regeneración filtro mixto T5/T6

La regeneración del filtro mixto empieza por la regeneración anionica y luego la regeneración catiónica debido a que contiene los dos tipos de resina, cumpliendo las mismas fases de regeneración que se tiene para el filtro catiónico y anionico.

La regeneración de este filtro se la realiza con agua desmineralizada enviada desde el tanque de almacenamiento de agua desmineralizada mediante bombas.

Terminadas estas fases que corresponden a regenerar la parte catiónica y anionica del mixto se procede a realizar las dos últimas fases:

- **Fase de disminución de nivel:** El agua que contiene el filtro de lecho mixto es drenada durante 10 minutos hacia el desagüe.
- **Fase de soplado de resinas:** Concluida la fase anterior, se inyecta aire comprimido durante 15 minutos por la parte inferior, con la finalidad de mezclar las resinas.
- **Fase de llenado:** Concluida la fase anterior, el filtro empieza a llenarse de agua desmineralizada durante 25 minutos.

3.5 Descripción operativa del proceso de producción

Para iniciar el proceso de producción de agua desmineralizada, es necesario que uno de los trenes A o B, este predispuesto, para lo cual, se deben cumplir las siguientes condiciones:

Condiciones previas realizadas por el operador:

- Que el contenido sílice a la salida del lecho mixto, sea menor a 0.020ppm (medido en laboratorio).
- Que las bombas MKP1/MKP2/MKP3/MKP4/MKP17 estén predispuestas para su puesta en servicio.
- Que la válvula de ingreso de agua bruta FV06 esté abierta.

Condiciones de control:

- Que los filtros T1/T2, T3/4 y T5/6 hayan sido regenerados. (señal de la última fase de regeneración se cumplió).
- Que la conductividad sea menor a 20us/cm en el filtro T3/4 y 0.25us/cm en el filtro T5/6.
- Que todas las válvulas de los filtros T1/T2, T3/4 y T5/6 estén en posición cerradas.
- Que se haya seleccionado el tren A o B.
- Que no esté activado el bloqueo de emergencia.

Con las condiciones previas y de control ejecutadas, se puede dar inicio a la producción, realizando las siguientes selecciones en el sistema SCADA.

- Seleccionar producción.
- Selección de bombas (MKP1/2 y MKP3/4).
- Selección del tren (A o B).
- Selección inicio de producción.

Una vez que se da inicio, las válvulas que intervienen en el proceso (FV07A/B-FV08A/B) se abren de forma automática y la bomba MKP1/2 impulsan el agua filtrada desde el tanque MY-S12 pasando por la válvula FV06 hasta llegar al filtro catiónico.

El agua filtrada que ingresa al filtro catiónico es regulada a un caudal de 18m³/h por la válvula FCV-01A/B, caudal con el que ingresa al filtro por la válvula FV-07 A/B y sale por la válvula FV-08 A/B hacia el descarbonatador.

Continuando con el proceso de desmineralización, el agua que sale del filtro catiónico ingresa por medio de la válvula de control LCV05 al descarbonatador, para eliminar el dióxido de carbono mediante una corriente de aire generada por el ventilador MK-P17.

Seguidamente, el agua que sale del descarbonatador es impulsada por medio de la bomba MK-P3/P4 hacia la válvula FCV-02A/B que regula el caudal a 18m³/h con el que ingresa a la válvula FV-14A del filtro anionico y sale por la válvula FV-15A. Luego, el agua ingresa por la válvula FV-21 A/B del filtro de lecho mixto y sale por medio de la válvula FV-22A/B.

Finalmente, el agua que sale del filtro de lecho mixto es altamente pura, es decir, con conductividad menor a 0.1uS/cm y sílice menor a 0.02 ppm. Esta agua es almacenada en un tanque denominado MK-S2 de 1100m³, desde donde se abastece al caldero.

Cuando están los dos trenes en producción, se tiene el mismo procedimiento y cumplimiento de las condiciones, con la diferencia que se deben poner en servicio las 4 bombas desde MKP1 hasta MKP4.

3.6 Descripción operativa de la regeneración de los filtros

Para que un filtro ingrese al proceso de regeneración este debe haber perdido su capacidad de intercambio, por lo que para recuperarla se pone las resinas en contacto con soluciones regeneradoras lo suficientemente concentradas. Los regeneradores usados generalmente son:

- Ácido sulfúrico, para la resina catiónica.
- Sosa caustica, para la resina aniónica.

Las fases que se requieren para regenerar el filtro son las siguientes:

- Fase I: Lavado contracorriente.
- Fase II: Regeneración de resina.
- Fase III: Lavado de regeneración.
- Fase IV: Lavado final.

Los filtros catiónicos y anionicos son regenerados de manera secuencial, es decir primero el filtro catiónico y seguido el filtro anionico.

Para iniciar la regeneración se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Que los filtros catiónicos y anionico no hayan sido regenerados.
- Que la válvula FV 06 manual este abierta.
- Que no se tenga bloqueo de emergencia.
- Que el tren no esté en proceso de producción.
- Que se haya seleccionado el tren.
- Que no haya baja presión de agua bruta.
- Que no haya baja presión de agua descarbonatada.

Con las condiciones anteriormente cumplidas se tiene consenso para iniciar el proceso de regeneración realizando las siguientes selecciones en el SCADA.

- Selección de proceso de regeneración.
- Selección de bombas MKP1/2, MKP3/4, MKP5/6 y MKP11/12.

- Selección del tren A o B.
- Selección de funcionamiento en secuencial.
- Selección de inicio de regeneración.

3.6.1 Filtro catiónico T1/T2

Fase I: Lavado con contracorriente

Una vez que se pulsa el botón de inicio, la bomba MKP1/2 inicia su puesta en servicio e impulsa el caudal de agua filtrada a través de tuberías desde el tanque MY-S12, el caudal pasa por la válvula FV06 de apertura manual.

Con la bomba MKP1/2 en funcionamiento y las válvulas del filtro catiónico cerradas se activa el mando de válvulas para la Fase I, abriendo automáticamente las válvulas FV09A/B y FV10A/B.

Seguidamente, se activa un temporizador por 15 minutos y la válvula FCV01A/B regula el caudal a $32\text{m}^3/\text{h}$ iniciando la Fase I. Al mismo tiempo el agua ingresa al filtro por la válvula FV09A/B y sale por la FV10A/B al desagüe.

Al terminar la fase, se cierran las válvulas FV09A/B y FV10A/B, dando fin a la Fase I y consenso para la siguiente.

Fase II: Regeneración de la resina

Esta fase está compuesta por tres etapas:

- Etapa 1: Regeneración al 1% por 20 minutos a $18.5\text{m}^3/\text{h}$.
- Etapa 2: Regeneración al 2% por 20 minutos a $9\text{m}^3/\text{h}$.
- Etapa 3: Regeneración al 4% por 20 minutos a $4.5\text{m}^3/\text{h}$.

Una vez que termina la Fase I, da consenso a la Fase II, activando de esta manera la apertura de las válvulas FV11A/B, FV12A/B y FV31.

Posteriormente, las bombas dosificadoras de ácido sulfúrico MKP11 o MKP12 (una a la vez según preselección) de carrera fija al 86.8%, inician su puesta en servicio.

Luego, se activa un temporizador ON DELAY por 20 minutos y la válvula FV03 regula el caudal a $18.5m^3/h$, iniciando la etapa 1.

Una vez, que el flujo de ácido sulfúrico (soluto) y el flujo de agua filtrada (soluble) llegan al diluidor, estos se mezclan formando la solución regeneradora al 1% de concentración.

La solución regeneradora ingresa al filtro catiónico por la línea de regeneración pasando por la válvula FV12A/B y es distribuida homogéneamente, de tal forma que atraviesa la resina para quitar las partículas (iones positivos) de magnesio (Mg), potasio (K) y calcio (Ca) retenidos en el proceso de producción y enviarlos por el drenaje a través de la válvula FV11A/B.

Secuencialmente, ocurre lo mismo en la etapa dos y tres, con una variación en el caudal de agua filtrada de $9m^3/h$ para la etapa dos y $4.5m^3/h$ para la etapa 3, modificándose de esta manera las concentraciones al 2% y 4% respectivamente.

Al finalizar todas las etapas de la Fase II, automáticamente las válvulas FV11A/B, FV12A/B y FV31, se cierran y queda fuera de servicio la bomba MKP11 o MKP12, y se da paso para iniciar la fase III.

Fase III: Lavado de regeneración

Una vez que termina la Fase II, se da consenso al inicio de la fase III, activando la apertura de las válvulas FV11A/B, FV12A/B y FV31.

Seguidamente, se activa un temporizador ON DELAY por 30 minutos y la válvula FV03 regula el caudal a $5m^3/h$, iniciando la Fase tres.

En ese mismo instante, el caudal de agua filtrada ingresa al diluidor, por medio de la válvula FV31 y sigue su recorrida por la línea de regeneración hasta ingresar al filtro por la FV 12A/B y sale por la válvula FV11A/B al drenaje.

Al finalizar la Fase III, automáticamente se cierran las válvulas FV11A/B, FV12A/B y FV31, dando consenso para la Fase IV.

Fase IV: Lavado final

Con el consenso de la fase anterior y las válvulas del filtro cerradas, se activa el mando de válvulas de la fase IV, abriendo automáticamente las válvulas FV11A/B y FV07A/B.

Seguidamente, se activa un temporizador ON DELAY por 60 minutos y la válvula FCV01A/B regula el caudal a $18m^3/h$, iniciando la última fase de regeneración.

En ese mismo instante, el caudal de agua ingresa al filtro por medio de la válvula FV07A/B y sale por la válvula FV11A/B al drenaje.

Al finalizar la Fase IV, automáticamente se cierran las válvulas FV11A/B y FV07A/B, finalizando la regeneración del filtro catiónico.

Con el fin de la Fase IV, se activa la memoria de filtro T1/T2 regenerado y se da consenso para el inicio de la regeneración del filtro anionico y se pone en servicio la bomba MKP3/4.

Posteriormente, el filtro catiónico entra en servicio conjuntamente con el descarbonatador y se inicia la regeneración del filtro anionico.

3.6.2 Regeneración del filtro anionico

Fase I: Lavado contracorriente

Una vez activado el inicio de regeneración anionica, da consenso a la fase I, activando la apertura de las válvulas FV16A/B y FV17A/B.

Seguidamente, se activa un temporizador ON DELAY por 15 minutos y la válvula FCV02A/B regula el caudal de agua descationizada a $7m^3/h$, iniciando la fase I de regeneración.

En el mismo instante, el caudal de agua ingresa al filtro por medio de la válvula FV16A/B y sale por la válvula FV17A/B al drenaje.

Al finalizar la fase I, automáticamente se cierran las válvulas FV16A/B y FV17A/B y se da consenso para la siguiente fase.

Fase II: Regeneración de la resina

Antes de terminar la Fase I, el operador abre la válvula manual FV01 de entrada de vapor al diluidor y drena el condensado entrampado.

Una vez que termina la Fase I y se ha drenado el vapor condensado, se da consenso al inicio de la Fase II, activando la apertura de las válvulas FV13A/B, FV18A/B, FV19A/B y FV34.

Posteriormente, las bombas dosificadoras de sosa caústica MKP5 o MKP6 (una a la vez según preselección) con carrera fija de 37.6%, se ponen en servicio.

Luego, se activa un temporizador ON DELAY por 72 minutos y la válvula FCV02A/B regula el caudal de agua descarbonatada a $5.3m^3/h$, iniciando la Fase II.

Una vez que el flujo de sosa caustica (soluto), el flujo de agua descarbonatada (soluble) y el vapor llegan al diluidor, éstos se mezclan formando la solución regeneradora al 4% de concentración alcanzando una temperatura entre 42-45°C, esta temperatura no debe sobrepasar los 48°C para no dañar las resinas del filtro.

Para mantener la temperatura en el rango referido se debe maniobrar la válvula de entrada de vapor FV01.

La solución regeneradora ingresa al filtro anionico por la línea de regeneración pasando por la válvula FV19A/B y es distribuida homogéneamente, de tal forma que atraviesa la resina para quitar los iones de sulfato, bicarbonato y cloruro retenidos en el proceso de producción y enviarlos por el drenaje a través de la válvula FV18A/B.

Al finalizar la Fase II, de manera automática las válvulas FV18A/B y FV19A/B, se cierran y queda fuera de servicio la bomba MKP5 o MKP6, dando inicio a la Fase III.

Fase III: Lavado de regeneración

Después que termina la Fase II, da consenso a la Fase III, activando de esta manera la apertura de las válvulas, FV13A/B, FV18A/B, FV19A/B y FV34.

Seguidamente, se activa un temporizador ON DELAY por 30 minutos y la válvula FCV02A/B regula el caudal a $5.3m^3/h$, iniciando la Fase III.

Una vez que el flujo de agua descarbonatada y el vapor llegan al diluidor, estos se mezclan y salen del mismo a una temperatura 42-45°C.

La mezcla agua-vapor sigue su recorrido por la línea de regeneración hasta ingresar al filtro por la FV 19A/B y sale por la válvula FV18A/B al drenaje. Al finalizar la Fase II se cierran las válvulas, dando consenso para la siguiente fase.

Fase IV: Lavado final

Con el consenso de la fase anterior y las válvulas de filtro cerradas, se activa el mando de válvulas de la Fase IV abriendo automáticamente las válvulas FV-14A/B, FV-18A/B. Seguidamente se activa un temporizador ON DELAY por 60 minutos y la válvula FCV02A/B regula el caudal a $18m^3/h$, iniciando la Fase IV.

En el mismo instante, el caudal de agua ingresa al filtro por la válvula FV14A/B y sale por la válvula FV18A/B al desagüe.

Con el fin de la Fase IV, se termina la regeneración del filtro anionico y se activa la memoria de filtros T3/T4 regenerado, reseteando el sistema a condiciones iniciales si no se tiene un tren en producción.

3.6.3 Filtro mixto T5/T6

El lecho mixto actúa como un pulidor del proceso de desmineralización de agua por lo que su regeneración se realiza en promedio 2 veces al año utilizando agua desmineralizada.

Para poder realizar la regeneración del filtro se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Que las válvulas del filtro estén cerradas.
- Que se haya seleccionado el tren A o B.
- Que la válvula FV06 de accionamiento manual este abierta.
- Que no se tenga activado el bloqueo de emergencia.
- Que no se tenga bloqueo de bombas.
- Que el filtro este fuera de los parámetros de conductividad.

Con las condiciones cumplidas en el sistema se realiza la siguiente selección:

- Selección de regeneración filtro T5/T6.
- Selección de las bombas MKP9/10, MKP5/6 y MKP11/12.
- Selección del tren A o B.
- Selección de inicio.

Cuando se pulsa el botón inicio y con las condiciones cumplidas se da inicio a las fases de regeneración del filtro.

Fase I: Lavado con contracorriente

Con el cumplimiento de las condiciones anteriores y las válvulas del filtro cerradas, se da apertura automática de las válvulas FV20A/B, FV23A/B, FV24A/B y se pone en servicio la bomba MKP9/P10.

Seguidamente, la bomba de agua desmineralizada MKP9/10 entra en servicio, se activa un temporizador ON DELAY por 20 minutos y la válvula de control FV04 regula el caudal a 3m³/h, para iniciar la Fase I.

Al mismo tiempo el caudal de agua desmineralizada pasa por la válvula FV20A/B e ingresa al filtro de lecho mixto por la FV23A/B y sale por la válvula FV24A/B al drenaje.

Finalizada la Fase I, automáticamente las válvulas FV20A/B, FV23A/B, FV24A/B se cierran, dando consenso a la siguiente fase.

Fase II: Regeneración de resina anionica

Antes de terminar la Fase I, el operador abre la válvula manual FV01 de entrada de vapor al diluidor y drena el condensado entrampado.

Una vez que termina la Fase I y se ha drenado el vapor condensado, se activa la apertura de las válvulas FV27A/B, FV29A/B, FV32, FV34.

Posteriormente, las bombas dosificadoras de sosa cáustica MKP5 o MKP6 (una a la vez según preselección) con carrera fija de 37.6%, inicia su puesta en servicio.

Luego, se activa un temporizador ON DELAY por 25 minutos y la válvula FV04 regula el caudal a 2.7m³/h, iniciando la Fase II.

Una vez, que el flujo de sosa caustica (soluto), el flujo de agua descarbonatada (soluble) y el vapor llegan al diluidor, estos se mezclan formando la solución regeneradora al 4% de concentración a una temperatura entre 42-45°C.

Para mantener la temperatura en el rango referido se debe maniobrar la válvula de entrada de vapor FV01.

La solución regeneradora ingresa al filtro anionico por la línea de regeneración pasando por la válvula FV27A/B y es distribuida homogéneamente, de tal forma que atraviesa la resina para quitar los iones de sulfato, bicarbonato y cloruro retenidos en el proceso de producción y enviarlos por el drenaje a través de la válvula FV29A/B.

Al finalizar la Fase II, las válvulas se cierran y queda fuera de servicio la bomba MKP5 o MKP6, y se da paso para iniciar la Fase III.

Fase III: Lavado de regeneración

Con el consenso de la fase anterior y las válvulas del filtro cerradas, se activa el mando de válvulas para la Fase III y se abren automáticamente las válvulas, FV27A/B, FV29A/B, FV32, FV34.

Posteriormente, la bomba de agua desmineralizada MKP9/10 se ponen en servicio, se activa un temporizador ON DELAY por 40 minutos y la válvula FV04 regula el caudal a 2.7m³/h.

Al mismo tiempo, en el diluidor ingresa agua desmineralizada través de la válvula FV32 regulado por la válvula FCV04 y vapor entre 42-45°C por la FV34.

La mezcla agua-vapor es enviada por la línea de regeneración e ingresa al filtro por la válvula FV27A/B atraviesa la resina y sale por la FV29A/B al drenaje.

Al finalizar el tiempo de la Fase III se cierran las válvulas, dando consenso para la siguiente fase.

Fase IV: Lavado de final

Una vez que termina la Fase III, se da consenso al inicio de la Fase IV, activando la apertura de las válvulas FV27A/B, FV29A/B, FV32, FV34.

Seguidamente, se activa un temporizador ON DELAY por 40 minutos y la válvula FCV04 regula el caudal a 5.3 m³/h, iniciando la Fase IV.

Una vez, que el caudal de agua desmineralizada y el vapor llegan al diluidor, estos se mezclan y salen del mismo a una temperatura 42-45°C.

La mezcla agua-vapor sigue su recorrido por la línea de regeneración hasta ingresar al filtro por la FV 27A/B y sale por la válvula FV29A/B al drenaje.

Al finalizar la Fase III, automáticamente se cierran las válvulas FV27A/B, FV29A/B, FV32, FV34, dando consenso para la siguiente fase.

Fase V: Regeneración catiónica

Una vez que termina la Fase IV, se da consenso a la Fase V, activando la apertura de las válvulas FV25A/B, FV28A/B, FV 33.

Posteriormente, las bombas dosificadoras de ácido sulfúrico MKP11 y MKP12 (una a la vez según preselección) de carrera fija a 86.8%, se ponen en servicio.

Luego, se activa un temporizador ON DELAY por 20 minutos y la válvula FCV04 regula el caudal a 4.8 m³/h, iniciando la fase.

Una vez teniendo flujo de ácido sulfúrico (soluto) y de agua (soluble) hacia el diluidor, estas se mezclan formando la solución regeneradora al 1% de concentración.

La solución regeneradora ingresa al filtro catiónico por la línea de regeneración pasando por la válvula FV28A/B y es distribuida homogéneamente, de tal forma que atraviesa la resina para quitar las partículas (iones positivos) de magnesio (Mg), potasio (K) y calcio (Ca) retenidos en el proceso de producción y enviarlos por el drenaje a través de la válvula FV25A/B.

Al finalizar la Fase V, automáticamente las válvulas FV25A/B, FV28A/B, FV 33 se cierran y queda fuera de servicio la bomba MKP11 o MKP12. Luego, se da paso para iniciar la Fase VI.

Fase VI: Lavado de regeneración

Una vez que termina la fase V, se da consenso a la Fase VI, activando la apertura de las válvulas FV25A/B, FV28A/B y FV33.

Seguidamente, se activa un temporizador ON DELAY por 30 minutos y la válvula FCV04 regula el caudal a 4.8 m³/h, iniciando la Fase VI.

En ese mismo instante, el caudal de agua filtrada ingresa al diluidor, por medio de la válvula FV33 y sigue su recorrida por la línea de regeneración hasta ingresar al filtro por la FV 28A/B y sale por la válvula FV25A/B al drenaje.

Al finalizar la Fase VI, se cierran las válvulas FV25A/B, FV28A/B y FV33, dando consenso para la siguiente fase.

Fase VII: Lavado final

Con el consenso de la fase anterior y las válvulas del filtro cerradas, se activa el mando de válvulas de la Fase VII, abriendo automáticamente las válvulas FV20A/B, FV21A/B y FV25A/B.

Seguidamente entra en servicio la bomba MKP9/10, activa un temporizador ON DELAY por 60 minutos y la válvula FCV04 regula el caudal a 4 m³/h, dando inicio a la Fase VII.

Al mismo tiempo, el caudal de agua pasa por la válvula FV20A/B e ingresa al filtro por la válvula FV21A/B y sale por la válvula FV25A/B al drenaje.

Al finalizar el tiempo de la Fase VII se cierran las válvulas FV20A/B, FV21A/B y FV25A/B, dando consenso para la siguiente fase.

Fase VIII: Disminución de nivel

Con el consenso dado por la fase anterior y las válvulas cerradas, se activa el mando de válvulas de la Fase VIII abriendo automáticamente las válvulas FV25A/B y FV26A/B. En ese instante, se activa un temporizador ON DELAY por 10 minutos, iniciando la Fase VIII. Finalizada la Fase VIII, se cierran las válvulas FV25A/B y FV26A/B y se da consenso a la siguiente fase.

Fase IX: Mezcla de resina

Con el consenso de la fase anterior y las válvulas cerradas, se activa el mando de válvulas de la Fase IX abriendo automáticamente las válvulas FV26A/B y FV30A/B. Seguidamente, se activa un temporizador ON DELAY por 15 minutos.

Al finalizar la Fase IX, se cierran las válvulas FV26A/B y FV30A/B y se activa el comienzo de la siguiente fase.

Fase X: Llenado del filtro

Con el consenso de la fase anterior y las válvulas cerradas, se activa el mando de válvulas de la Fase X abriendo automáticamente las válvulas FV26A/B, FV20A/B y FV21A/B y la bomba MKP9/10, se pone en servicio. Seguidamente, se activa un temporizador ON DELAY por 25 minutos.

Al finalizar la Fase IX, se cierran las válvulas FV26A/B y FV30A/B y se activa la memoria de filtro T5/T6 regenerado.

3.6.4 Determinación de los niveles de regeneración

Para la regeneración de los filtros anionicos, catiónicos y mixtos se debe mantener una concentración establecida de la solución regeneradora con ácido sulfúrico o sosa cáustica dependiendo la resina del filtro. Las concentraciones de acuerdo a la resina del filtro son las siguientes:

- Filtro catiónico: 1%, 2% y 4%.
- Filtro anionico: 4%.
- Filtro de lecho mixto: catiónica y anionica al 4%.

Consumo de ácido sulfúrico

Para calcular los kg de ácido sulfúrico a dosificar, en la regeneración del filtro catiónico, se lo realiza sobre la base del manual del fabricante y se mantienen los caudales anteriormente descritos en la descripción operativa del proceso de regeneración (Tosi, 1980).

Las etapas de regeneración catiónica son las siguientes:

- Etapa I: Concentración al 1% y caudal de 18.5 m³/h.
- Etapa II: Concentración al 2% y caudal de 9 m³/h
- Etapa III: Concentración al 4% y caudal a 4.5 m³/h

Se detalla el cálculo para la etapa I al 1%.

- Para esta etapa se obtiene el 1% del caudal, es decir de 18.5m³/h.

$$18.5 * 0.01 = 0.185\text{m}^3/\text{h} \quad (3.1)$$

Los 0.185m³/h, se lo transforma a kg/h.

$$\frac{0.185\text{m}^3}{\text{h}} * \frac{1000\text{l}}{1\text{m}^3} = \frac{185\text{l}}{\text{h}} * \frac{1\text{kg}}{1\text{l}} = \frac{185\text{kg}}{\text{h}} \quad (3.2)$$

Una vez que se tiene los kg/h de ácido sulfúrico, se multiplica por el tiempo de duración de la Etapa, que el mismo es 20 minutos.

$$\frac{185\text{kg}}{\text{h}} * \frac{20}{60} = 61.66\text{kg} \quad (3.3)$$

Los mismos cálculos se realizan para la etapa II y III, quedando el siguiente consumo por etapa:

- Etapa I: 61.66kg.
- Etapa II: 61.66kg
- Etapa III: 61.66kg

Con los kg de regenerante para cada una de las etapas, se calcula el porcentaje de la carrera de la bomba dosificadora de ácido sulfúrico.

Las ecuaciones para calcular la carrera de la bomba son tomadas del manual del fabricante de la planta de agua desmineralizada (Tosi, 1980).

Se tiene bombas dosificadoras con capacidad de entrega de 159l/h por lo que la carrera de dosificación será la siguiente:

$$P = 100 * \frac{G}{\rho * C} * \frac{60}{T} \quad (3.4)$$

$$CR = \frac{P}{159l/h} * 100 \quad (3.5)$$

Donde:

P: Caudal de regeneración en l/h.

G: kg de regenerante.

ρ : Densidad del regenerante.

C: Concentración del regenerante en %.

T: Duración de la dosificación en minutos.

CR: Carrera de la bomba.

Por lo tanto:

$$P = 100 * \frac{61.66kg}{1.84 * 98} * 3 = \frac{102.58l}{h} \quad (3.6)$$

$$CR = \frac{102.58l/h}{159l/h} * 100 = 64.52\% \quad (3.7)$$

Para la regeneración catiónica de los lechos mixtos, el porcentaje de la carrera de la bomba de dosificación permanece igual que en el caso anterior, debido a que el

tiempo de dosificación y el caudal de agua es el mismo en comparación para la regeneración del filtro catiónico.

3.6.4.1 Consumo de sosa cáustica

En la regeneración del filtro anionico se tiene una sola etapa y se lo realiza con sosa cáustica al 50% de concentración y 1.52kg/l de densidad.

Para calcular los kg de sosa cáustica a dosificar, en la regeneración del filtro anionico, se lo realiza sobre la base del manual del fabricante y se mantienen los caudales anteriormente descritos en la descripción operativa del proceso de regeneración (Tosi, 1980).

- Fase II: Concentración del 4% y caudal de 5.3m³/h.
Se obtiene el 4% del caudal de agua para la Fase II.

$$\frac{5.3\text{m}^3/\text{h}}{\text{h}} * 0.04 = 0.212\text{m}^3/\text{h} \quad (3.8)$$

Los 0.212m³/h, se lo transforman a kg/h.

$$\frac{0.212\text{m}^3}{\text{h}} * \frac{1000\text{l}}{1\text{m}^3} = \frac{212\text{l}}{\text{h}} * \frac{1\text{kg}}{1\text{l}} = \frac{212\text{kg}}{\text{h}} \quad (3.9)$$

Una vez que se tiene los kg/h de sosa cáustica, se multiplica por 72 minutos que es la duración de la fase.

$$\frac{212\text{kg}/\text{h}}{60\text{min}} * 72\text{min} = 254.4\text{kg} \quad (3.10)$$

Para el cálculo del caudal de dosificación, se realiza el mismo procedimiento del filtro catiónico.

$$P = 100 * \frac{254.4\text{kg}}{1.52 * 50} * \frac{60}{72} = 278.94\text{l}/\text{h} \quad (3.11)$$

$$\text{CR} = \frac{278.94\text{l}/\text{h}}{530\text{l}/\text{h}} * 100 = 52.63\% \quad (3.12)$$

3.7 Sistema de control, monitoreo, alarmas y protecciones

A continuación, se detallan los controles para la realización de la automatización del proceso.

3.7.1 Controles de caudal y nivel

Para el control de estas variables se determinó utilizar un controlador Proporcional, Integral (PI) en un sistema de lazo cerrado realimentado, el mismo que ayuda a reducir el tiempo de establecimiento y el margen de error del proceso.

Se consideró conveniente utilizar un PI, dado que los caudales de agua en cada etapa de regeneración son diferentes, es necesario tener un tiempo de respuesta con el menor error posible, para obtener así la concentración deseada de la solución regeneradora en cada una de las referidas etapas.

- Control del nivel de agua en el descarbonatador: Se lleva a cabo, mediante un control PI en lazo cerrado, un transmisor de nivel (colocado en la parte lateral del mismo), una válvula accionamiento neumática LCV05 y la función de transferencia del proceso.
- El control PI mantiene el nivel de agua en el descarbonatador a 0.9 m, realizando la comparación entre el nivel medido (señal del transmisor) y el valor de nivel deseado (setpoint), generando un error, el cual, regula el porcentaje de apertura o cierre de la válvula LCV05.
- Control de caudal para los filtros catiónicos y aniónicos: Se lleva a cabo, mediante un control PI en lazo cerrado, un transmisor-indicador de caudal (colocado al ingreso de cada filtro), una válvula de control de accionamiento neumático FCV01-2A/B y la función de transferencia del proceso.
- El controlador PI hace la comparación entre el caudal medido (señal del transmisor) y el deseado (setpoint), a partir del error obtenido, ejerce una acción de apertura o cierre en la válvula de control FCV01-2A/B.

El mismo control se realiza para la regulación de caudal en las fases de regeneración de los filtros catiónicos, aniónicos y lecho mixto.

- Control del accionamiento de las válvulas de los filtros: Las válvulas que tienen los filtros catiónicos, aniónicos y de lecho mixto, son accionadas mediante un control on/off.

3.8 Alarmas y protecciones

A continuación, se detallan las alarmas y protecciones para la realización de la automatización de la planta de producción de agua desmineralizada.

- **Alarma por alta conductividad en los filtros aniónicos:** Cuando el nivel de conductividad en los filtros aniónicos sobrepasa el parámetro permisible, es decir, conductividad mayor a 10uS/cm, se activa una alarma visual y sonora por alta conductividad del filtro T3 y T5.
- **Bloqueo por alta conductividad de los filtros aniónicos:** Cuando el nivel de la conductividad en los filtros aniónicos sobrepasa el parámetro permisible, es decir, conductividad mayor a 15uS/cm, se pone fuera de servicio el tren A o B.
- **Alarma y bloqueo por alta conductividad en el filtro mixto del tren A:** Cuando el nivel de conductividad en los filtros de lecho mixto sobrepasa el parámetro permisible, es decir, conductividad mayor a 0,25uS/cm se activa una alarma visual y sonora por alta conductividad del filtro T5, se pone fuera de servicio al tren.

Además, se bloquean las dos bombas que estén alimentando al tren respectivo, estas pueden ser MKP1 con MKP3, MKP1 con MKP4, MKP2 con MKP3, MKP2 con MKP4.

- **Alarma y bloqueo por alta conductividad en el filtro mixto del tren B:** Cuando el nivel de conductividad en los filtros de lecho mixto sobrepasa el parámetro permisible, es decir, conductividad mayor a 0,25uS/cm se activa una alarma visual y sonora por alta conductividad del filtro T6, se pone fuera de servicio al tren.

Además, se bloquean las dos bombas que estén alimentando al tren respectivo, estas pueden ser MKP1 con MKP3, MKP1 con MKP4, MKP2 con MKP3, MKP2 con MKP4.

- **Alarma y bloqueo por baja presión de agua filtrada:** Cuando se tiene una caída de presión de agua filtrada, detectada por el presóstato (PSL_18),

ubicado a la salida de las bombas MKP1 y MKP2, se activa una alarma visual y sonora boqueando las bombas y poniendo fuera de servicio los filtros catiónicos T1 y T2.

- **Alarma y boqueo por baja presión de agua descarbonatada:** Cuando se tiene una caída de presión de agua descarbonatada, detectada por el presóstato (PSL_19), ubicado a la salida de las bombas MKP3 y MKP4, se activa una alarma visual y sonora boqueando las bombas y poniendo fuera de servicio los filtros anionicos T3, T4, T5 y T6.
- **Alarma y boqueo por baja presión de agua desmineralizada:** Cuando se tiene una caída de presión de agua desmineralizada, detectada por el presóstato (PSL_20), ubicado a la salida de las bombas MKP9 y MKP10, se activa una alarma visual y sonora boqueando las bombas y poniendo fuera de servicio los filtros anionicos T5 y T6.
- **Alarma y bloqueo por baja presión de aire de instrumento:** Salen fuera de servicio las bombas MKP1 hasta la MKP4, impidiendo iniciar el proceso de producción o regeneración.
- **Alarma y bloqueo por alta temperatura en la regeneración NaOH:** Se activa una alarma visual y sonora, cerrando el paso de vapor por la válvula FV34.
- **Alarma y bloqueo por alto nivel de agua desmineralizada:** Cuando se tiene un alto nivel de agua desmineralizada en el tanque de almacenamiento MK-S2 y los trenes están en producción, se activa una alarma visual y sonora, boqueando las bombas desde MKP1 hasta MKP4 y poniendo fuera de servicio los filtros T1-T2-T3-T4-T5-T6.
- **Alarma y bloqueo por bajo nivel de agua filtrada:** Se activa una alarma visual y sonora cuando el nivel de agua filtrada en el tanque MK-S12 está en 0.5m, entonces las bombas MKP1 y MKP2 salen fuera de servicio.
- **Alarma y bloqueo por alto nivel de la torre descarbonatada:** Se activa una alarma visual y sonora cuando el nivel de agua descarbonatada en la torre de des carbonatación está en 1.2m, entonces las bombas MKP1 y MKP2 salen fuera de servicio.
- **Alarma y bloqueo por bajo nivel de la torre descarbonatada:** Se activa una alarma visual y sonora cuando el nivel de agua descarbonatada en la torre

de des carbonatación está en 0.5m, entonces las bombas MKP3 y MKP4 salen fuera de servicio.

3.9 Entradas y salidas del proceso de desmineralización

En la planta de producción de agua desmineralizada, tanto para su proceso de producción como de regeneración, intervienen diferentes elementos de señales analógicas y digitales.

Para determinar el número de entradas y salidas, tanto digitales como analógicas, se realizó un levantamiento de los sensores y actuadores con los que cuenta la planta, información que se encuentra en el Anexo 2.

En la Tabla 3.2, se resumen las cantidades totales de entradas y salidas, tanto analógicas como digitales que se consideran dentro de este proyecto.

Tabla 0.2. Señales de entrada y salida

Tipo de señal.	Señales de entrada.	Señales de salida.
Digital	128	64
Analógica	18	10
TOTAL	146	74

Sobre la base de los valores de la Tabla 3.2, se realiza la selección del controlador lógico programable, que se detalla en el siguiente apartado.

3.10 Selección del PLC para la simulación

Una de las opciones para la automatización de la planta de agua desmineralizada, era utilizar un PLC Honeywell (HC900-C50), con el que dispone la Central Térmica Esmeraldas I, pero debido a inconvenientes en la obtención del software de programación, se decidió utilizar para la simulación el PLC Modicon M340 de Schneider, que cumple con los requerimientos para el control de la planta, decisión que se tomó conjuntamente con los responsables a cargo de este estudio y diseño.

De acuerdo al número de entradas y salidas de la Tabla 3.2, se utilizan los módulos siguientes:

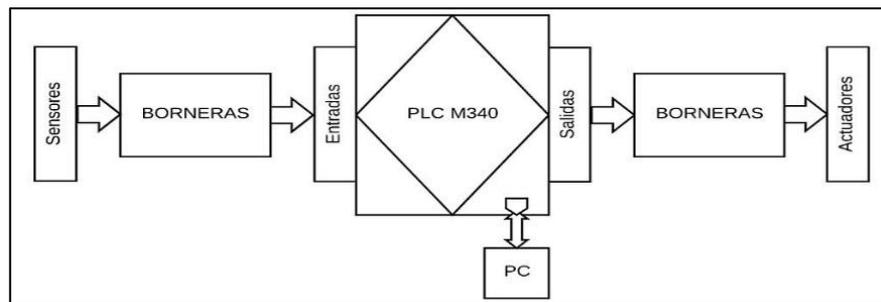
- Dos módulos de entradas digitales BMX DDI 6402K.

- Un módulo de salidas digitales BMX DDO.
- Dos módulos de entradas analógicas BMX AMI 0810.
- Dos módulos de salidas analógicas BMX AM0 0410.
- Un módulo mixto de entradas y salidas analógicas BMX AM0 0410.

3.11 Diagrama funcional del sistema de control

En el diagrama funcional, se describe las señales de los elementos que ingresan al PLC y a su vez las señales de salidas hacia los actuadores, de igual forma en el Anexo 4, se muestran los planos funcionales del diseño propuesto.

Figura 0.3. Diagrama funcional del sistema de control



3.12 Software de programación para la simulación

Para este proyecto se utilizaron dos paquetes de software industrial. Por un lado, el UNITY PRO, de la marca Schneider, permite programar el PLC en cinco lenguajes de programación diferentes, dispone de un simulador que reproduce fielmente el comportamiento del programa y configurar la red PLC-PC. Por otro lado, Intouch, de la marca WONDERWARE, permite realizar la interfaz del sistema SCADA mediante programación orientada a objetos y también el enlace de comunicación PC-PLC.

En el algoritmo de control programado en el PLC, se utilizaron los siguientes lenguajes:

- En el lenguaje Ladder (LD), se ha programado el accionamiento de válvulas, bombas, lectura del estado de los finales de carrera, alarmas y bloqueos.
- En el lenguaje de Diagrama de Bloques Funcionales (FBD), se ha programado los lazos de control PI, para los diferentes caudales que intervienen en los procesos de producción o regeneración.
- En el lenguaje de Texto Estructurado (ST), se ha programado los diferentes set-point de caudal que ingresan al control PI.

En el Anexo 3, se encuentran los flujogramas del control de producción y regeneración, de la planta de producción de agua desmineralizada.

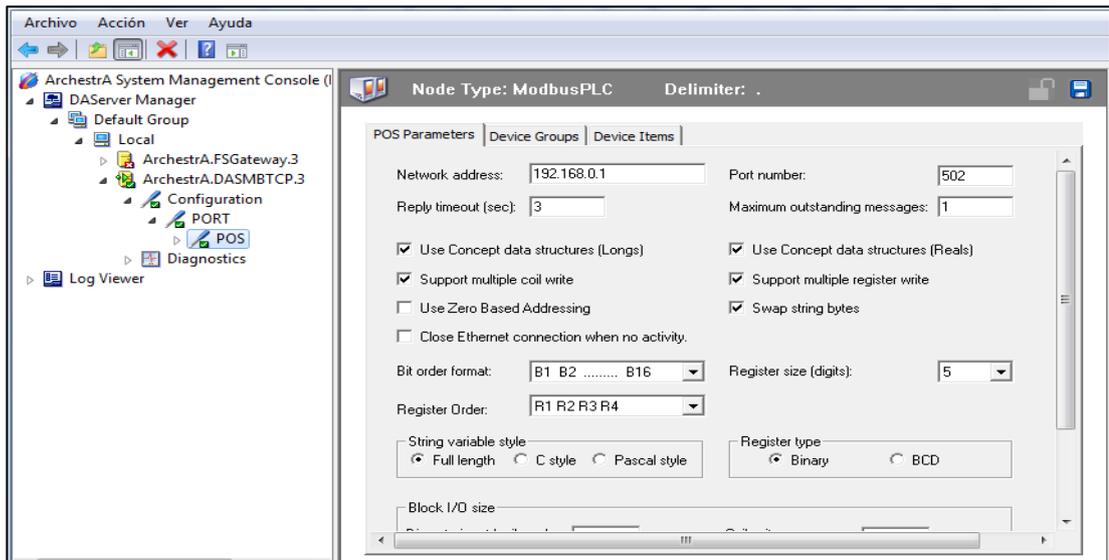
3.12.1 Comunicación entre Intouch y el PLC

Intouch permite enviar y/o recibir datos desde el PLC mediante el protocolo TCP/IP, para ello se requiere una DaServer, Access Name y el puerto Ethernet de las PCs.

La DaServer utilizada para la comunicación es el servidor SMC (System Management Console) de Archestra, el cual se debe configurar como se ve en la Figura 3.4.

Para la simulación de todo el sistema propuesto, se utilizaron dos PCs comunicadas mediante un cable de red. Una PC sirve como PLC y otra para el sistema SCADA, en esta última la dirección de red del SMC es la dirección IP de la PC que se utiliza como PLC.

Figura 0.4. Configuración del SMC



Luego, se crea el grupo del dispositivo con el que se va a comunicar Intouch y el DaServer, como se muestra en la Figura 3.5.

En Intouch, se crea el Access Name, el cual utiliza el protocolo SuiteLink para la comunicación TCP/IP. La configuración del protocolo SuiteLink, se realiza igual que la del protocolo DDE con la diferencia que en el nombre tópico, se escribe el nombre creado en el grupo del dispositivo del DaServer, como se ve en la Figura 3.6.

Figura 0.5. Creación del grupo del dispositivo entre Intouch y DaServer

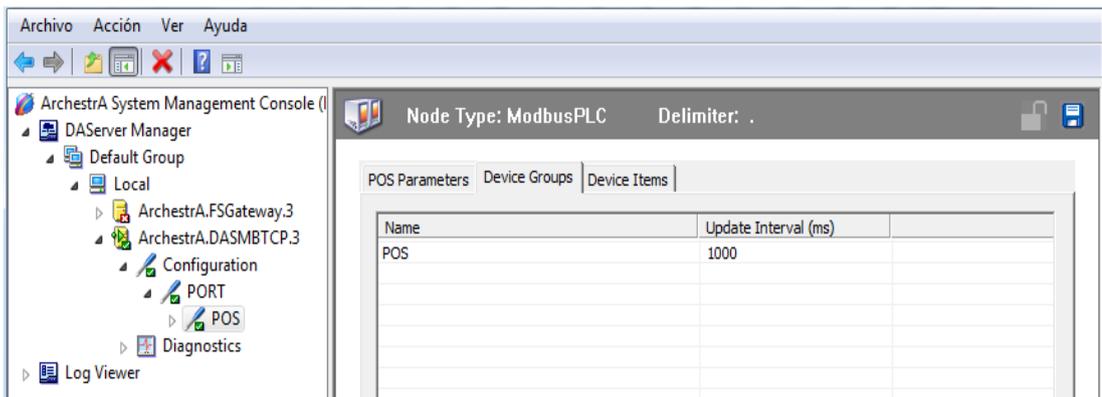
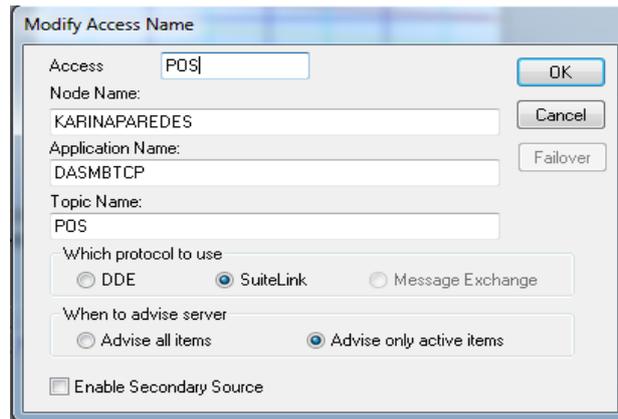


Figura 0.6. Access Name para el protocolo SuiteLink



3.13 Descripción de la plataforma de desarrollo

Para el desarrollo de la Interfaz Hombre-Máquina, se hace uso del software Intouch en el que se establece un diseño de pantallas que permite el monitoreo del proceso en tiempo real y el registro de variables de todo el sistema. Para realizar estas pantallas se escogió el software SCADA Intouch de Wonderware.

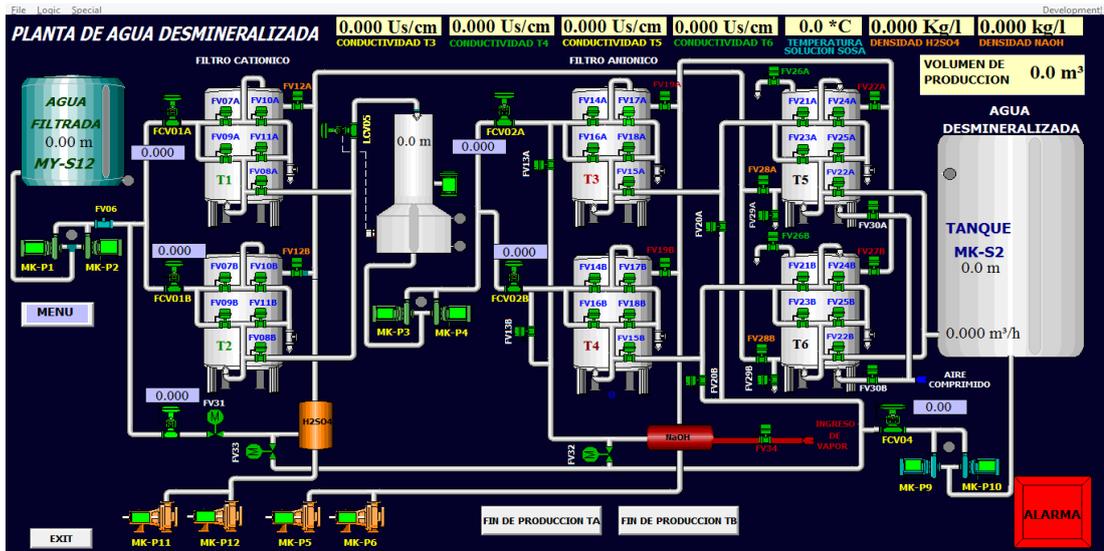
El sistema SCADA está compuesto por 3 pantallas principales:

- Principal.
- Alarma.
- Registro.

3.13.1 Pantalla Principal

En esta pantalla se encuentra los elementos y dispositivos que forman parte de la producción de agua desmineralizada de la planta: Filtros catiónico, anionicos y mixtos; válvulas de control, tanques de almacenamiento, diluidores, bombas de agua y bombas de dosificación. En la parte superior de la pantalla principal se muestran los valores en tiempo real de conductividad de los filtros T3-T4-T5-T6, temperatura de la solución con sosa, densidad de las soluciones regenerantes, tiempo y volumen total de producción, nivel del tanque MK-S2 y MY-S12, caudal de ingreso a los filtros. Además, se tienen dos botones de fin de fase de producción tanto para el tren A como para el tren B como se observa en la Figura 3.7.

Figura 0.7. Pantalla principal



En la misma pantalla se tiene un menú, mediante el cual se puede seleccionar:

- Proceso de producción.
- Regeneración catiónica, anionico.
- Regeneración de lecho mixto.
- Alarmas.
- Registros.
- Accionamiento manual de válvulas.

3.13.2 Proceso de producción

Para iniciar con en este proceso, se da clic el botón menú, que despliega una pantalla con una lista de botones, entre ellos el botón de producción como se ve en la Figura 3.8.

Cuando se da clic en el botón de producción, se muestra una pantalla de nombre “Bombas de Producción”. Estas bombas son MKP1, MKP2 MKP3 Y MKP4.

Figura 0.8. Pantalla de menú de opciones

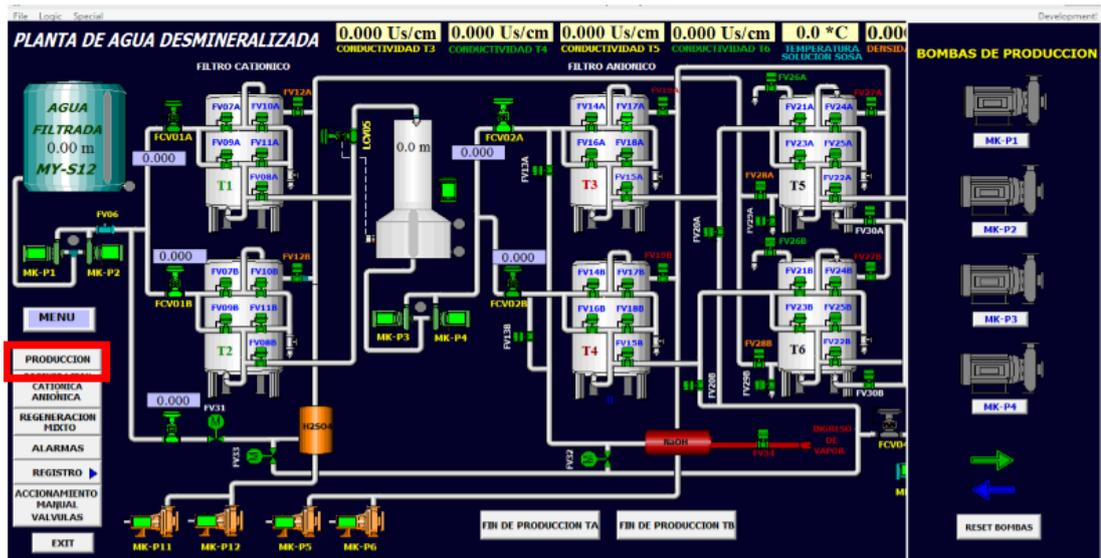
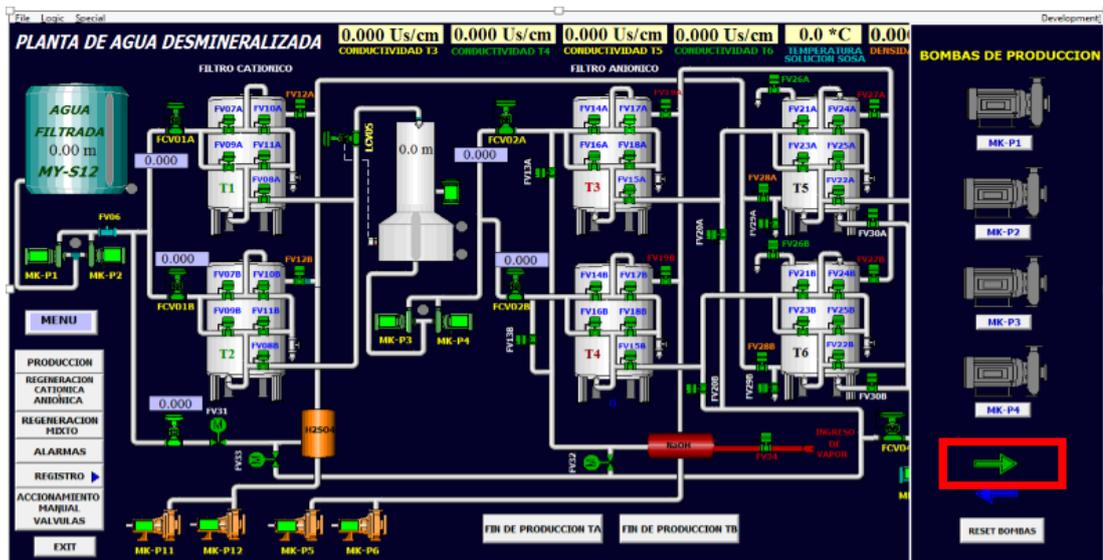


Figura 0.9. Selección de bombas de producción

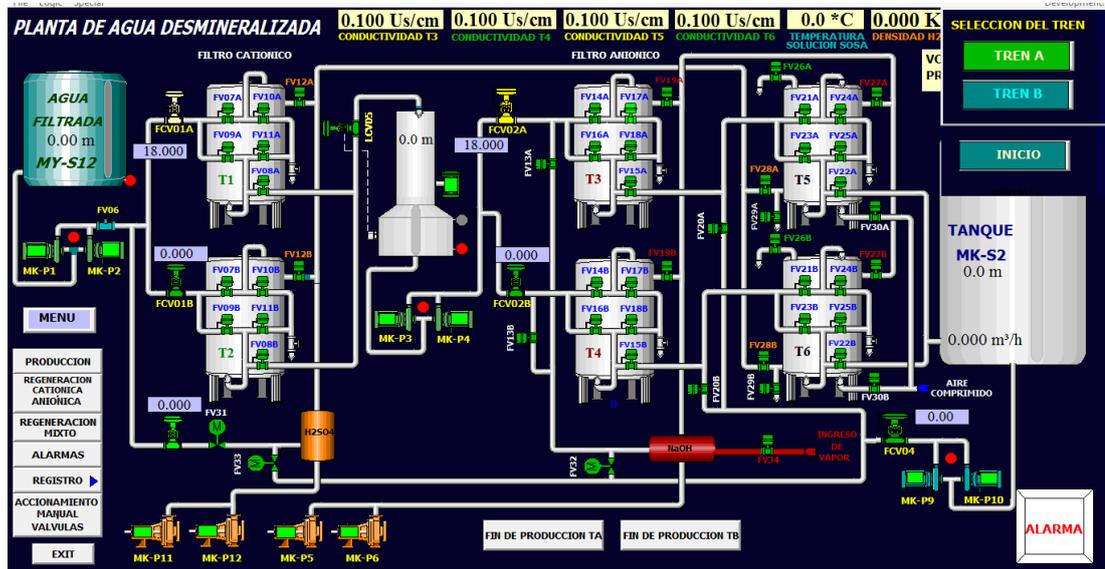


Las bombas que se pueden elegir para el proceso de producción de un tren, sea para el tren A o para el tren B son MKP1 y MKP3 o MKP1 y MKP4 o MKP2 y MKP3 o MKP2 y MKP4. Si una de estas bombas no está inserida se pone de color roja y parpadea, es decir esta bomba no puede ser utilizada hasta que este el breaker de protección este en ON.

Luego, se da clic en la flecha hacia adelante (ver Figura 3.9) y se muestra una pantalla llamada “Selección de tren”. En esta se selecciona el tren que se desea producir, sea tren A o tren B, ver Figura 3.10.

Una vez seleccionado el tren, se despliega una pantalla donde se da clic en el botón inicio para que el tren a producir. Para regresar a la pantalla de inicio, se da clic sobre el botón “Pantalla principal”.

Figura 0.10. Pantalla de inicio de producción



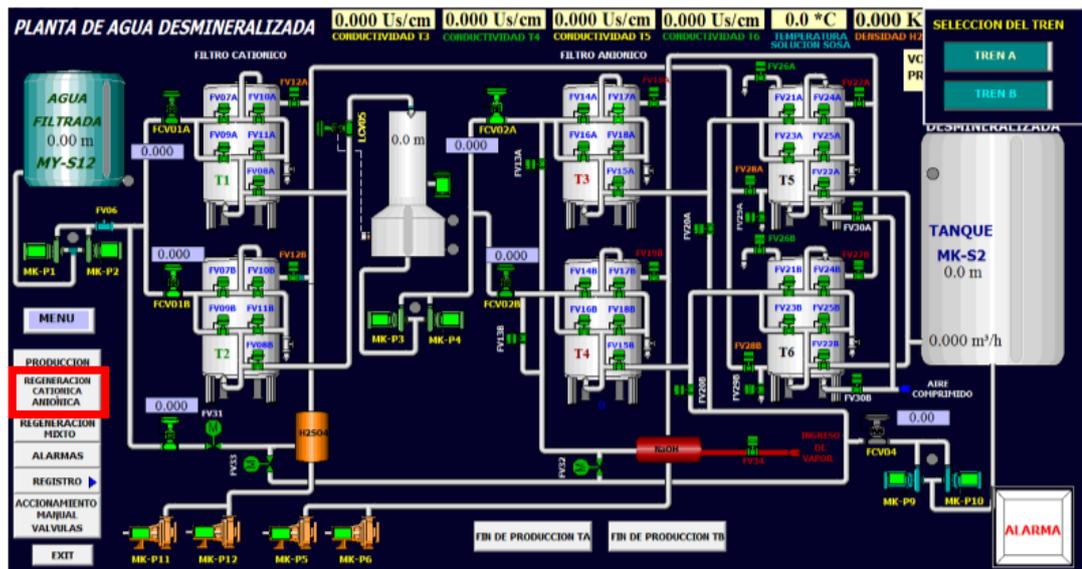
Si se desea parar la producción del tren que esté en producción, se da clic en botón “fin de producción”, que está en la parte inferior de la pantalla principal.

Al momento de que uno de los trenes esté produciendo se realiza automáticamente un registro en Excel de los valores de conductividad, fecha y hora de inicio y fin de producción. El formato para este registro se encuentra en el Anexo 5.

3.13.3 Proceso de regeneración catiónica y anionica

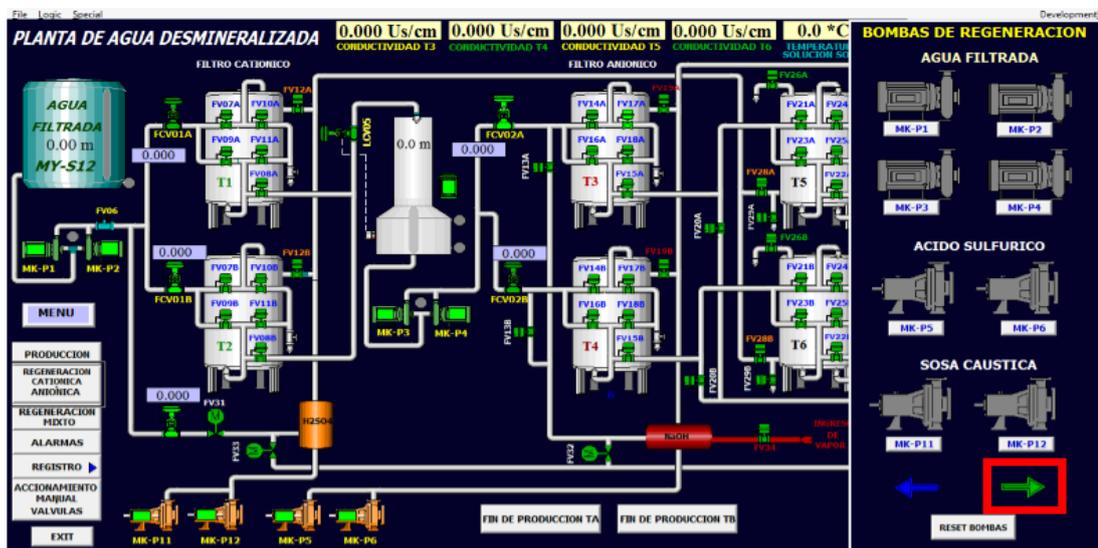
Para iniciar con el proceso de regeneración de los filtros catiónicos y anionicos, se da clic en el botón “MENÚ”, que despliega una pantalla con las diferentes opciones con las que cuenta el sistema. Entre las opciones se encuentra “Regeneración Catiónica y Anionica”, como se ve en la Figura 3.11.

Figura 0.11. Pantalla de menú para ingresar a regeneración



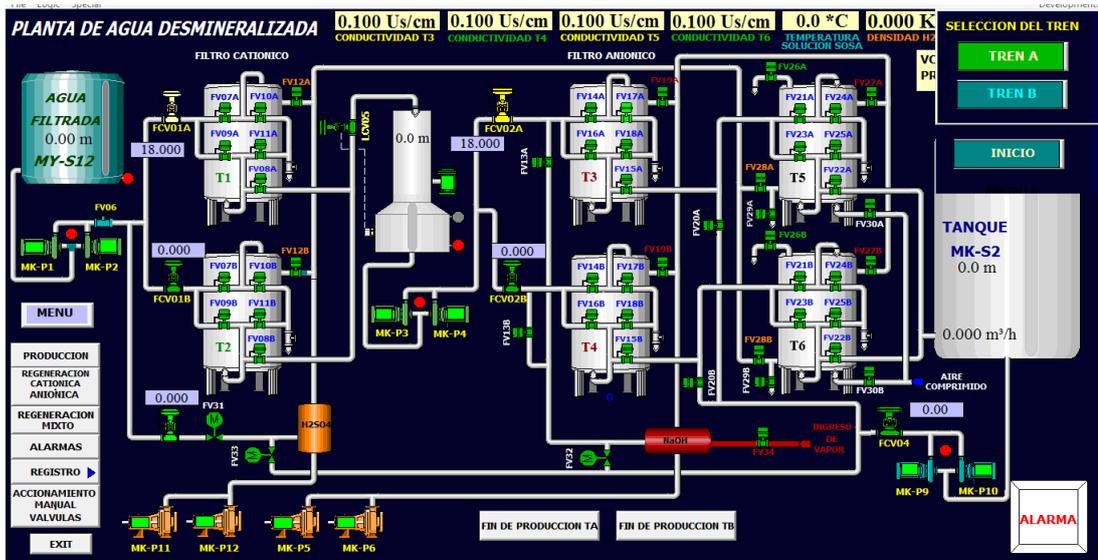
Cuando se da clic en el botón de regeneración catiónica y anionica, se muestra una pantalla de nombre “Bombas de Regeneración”. Estas bombas son MKP1, MKP2 MKP3, MKP4, MKP5, MKP6, MKP11 y MKP12 como se muestran en la Figura 3.12.

Figura 0.12. Pantalla de bombas de regeneración



En esta pantalla se eligen las bombas que se van a utilizar en el proceso de regeneración, por ejemplo: MKP1, MKP3, MKP y MKP11. Luego, se da clic en la flecha hacia delante (ver Figura 3.12) y se muestra una pantalla llamada “Selección de tren”. En esta se selecciona el tren que se desea regenerar, y a su vez se despliega el “INICIO” para iniciar la regeneración como se ve en la Figura 3.13.

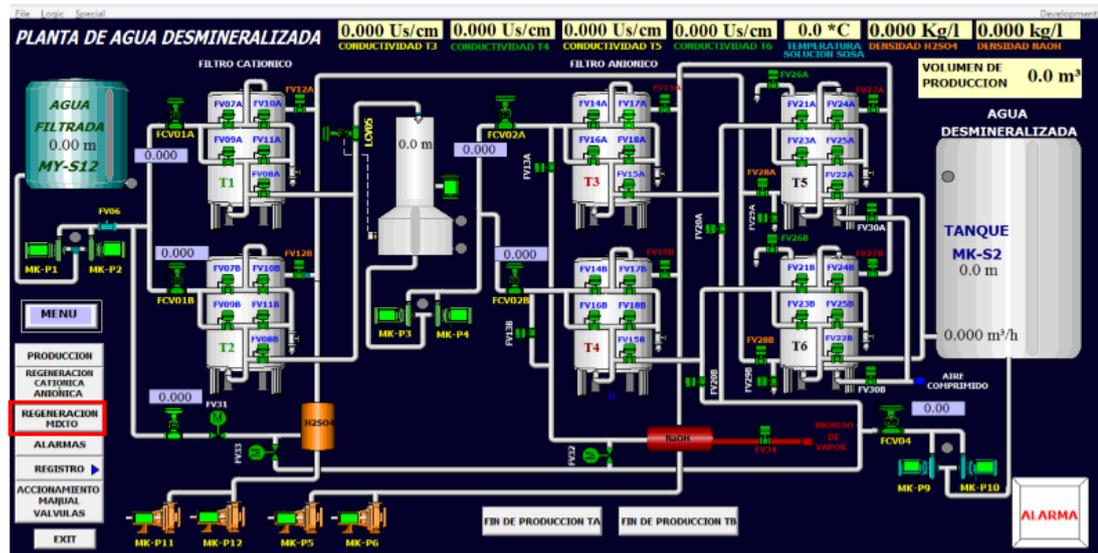
Figura 0.13. Pantalla de selección de tren para regeneración



3.13.4 Regeneración lecho mixto

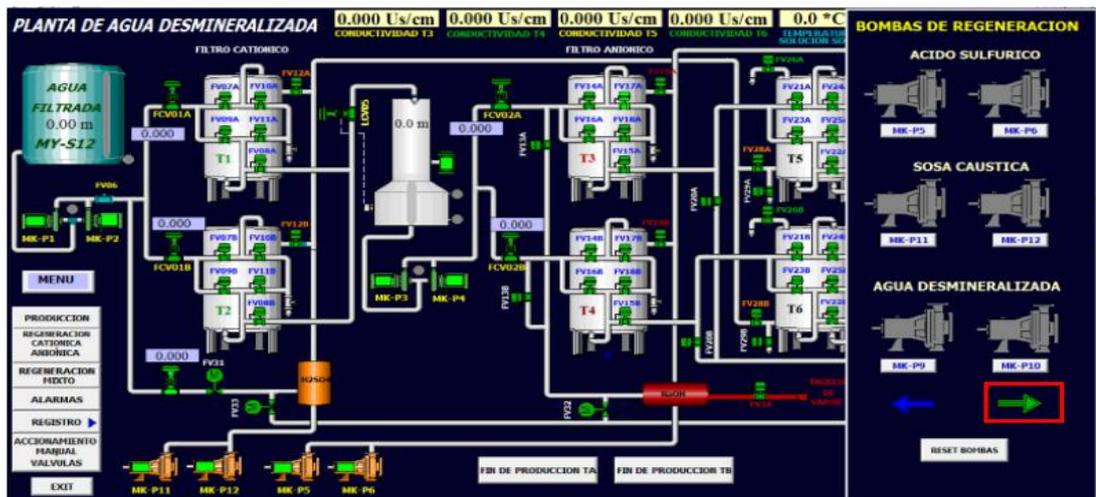
Para iniciar con en este proceso, se da clic el botón menú y luego se da clic en el botón “Regeneración mixto”, ver Figura 3.14.

Figura 0.14. Pantalla de selección regeneración filtro mixto



Cuando se da clic en el botón de regeneración mixto, se muestra una pantalla de nombre “Bombas de Regeneración”. Estas bombas son MKP9, MKP10, MKP5, MKP6, MKP11 y MKP12 como se muestran en la Figura 3.15.

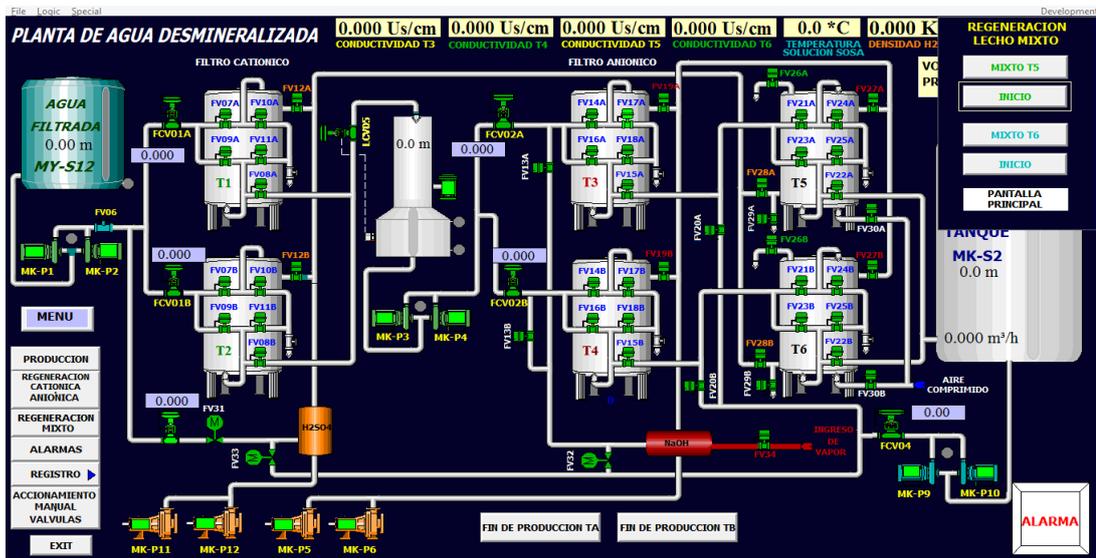
Figura 0.15. Pantalla de selección de bombas



En esta pantalla se eligen las bombas que se van a utilizar en el proceso de regeneración del lecho mixto, por ejemplo: MKP9, MKP5, MKP11.

Luego, se da clic en la flecha hacia delante y se muestra una pantalla llamada “Selección de tren”. En esta se selecciona el tren que se desea regenerar, ver Figura 3.16.

Figura 0.16. Regeneración del lecho mixto



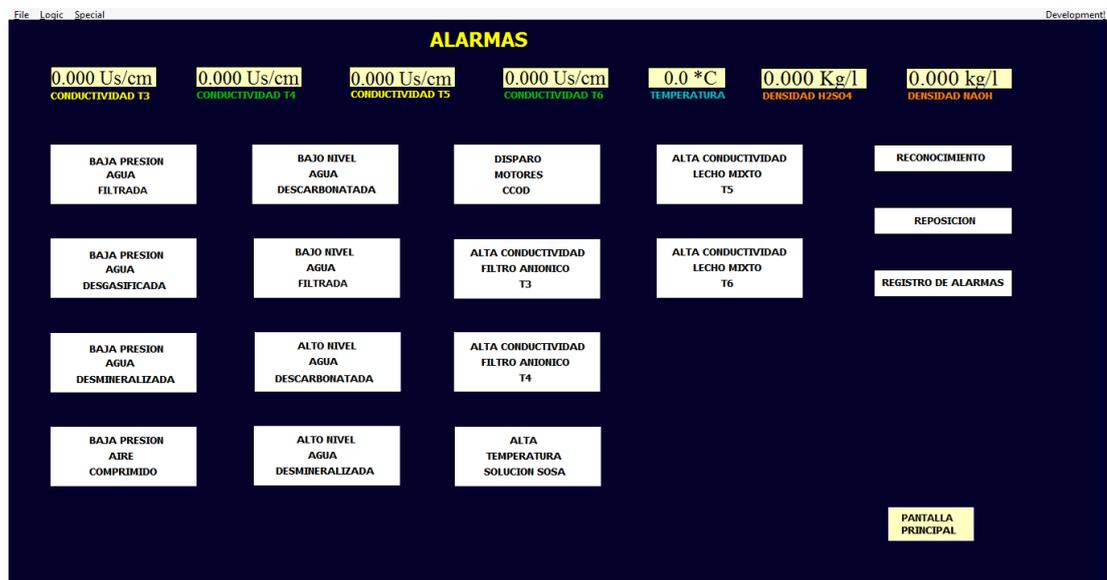
Una vez seleccionado el lecho mixto a regenerar se da clic en inicio y comienza la regeneración del mismo.

Al momento de regenerar un filtro se realiza automáticamente un registro en Excel de los valores de caudales, temperatura, consumo de ácido sulfúrico y sosa caustica, y tiempo de inicio y fin de la regeneración, como se describe en el Anexo 5.

3.14 Pantalla de alarma

En esta pantalla se puede visualizar las alarmas y valores de principal importancia de la planta de agua desmineralizada, las cuales permiten al operador realizar una mejor acción en caso de que se active una de estas alarmas. Además se puede ver un histórico de la alarma, es decir, hora y fecha en la que se activaron.

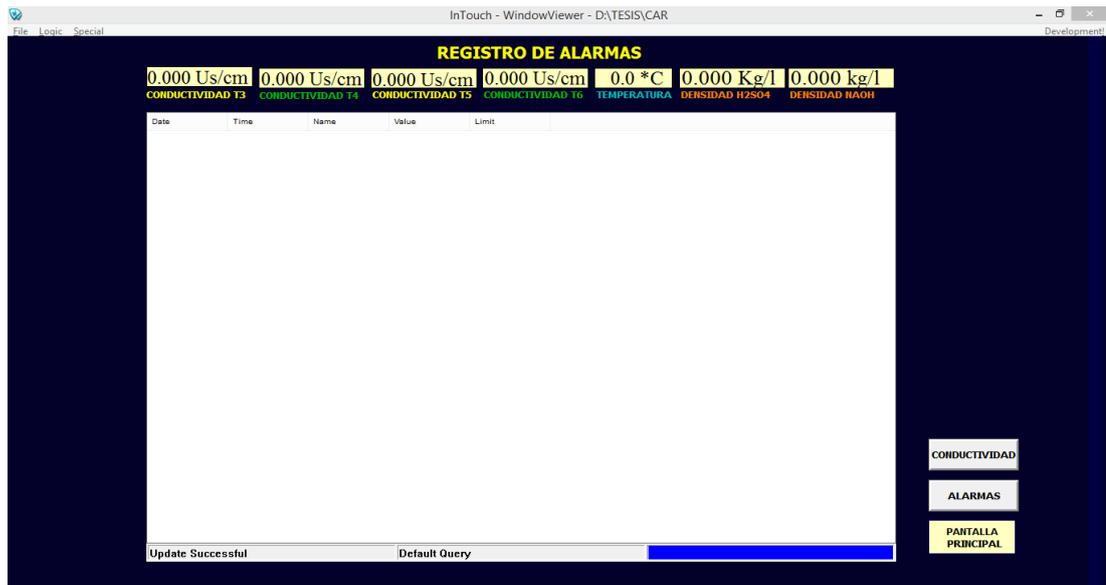
Figura 0.17. Pantalla de alarmas



Además, existe un botón de reconocimiento para silenciar la alarma sonora. También hay un botón de reposición que permite quitar la luz indicadora de la alarma una vez que esta se desactive como se ve en la Figura 3.17.

Para observar el momento en que ocurre una alarma se realizado un historial de alarmas como se muestran en la Figura 3.18.

Figura 0.18. Registro de alarma



También se tiene una base de datos de todas las variables para exportarlas a Excel.

Figura 3.19. Base de datos



3.15 Pantalla de Registros

Para ir a los registros, se da clic en menú, luego se despliega una ventana con una serie de botones, en la cual, uno de ellos se llama “Registro”. Para ello existe un registro de producción y un registro de regeneración.

Registro de producción

En el registro de producción se puede elegir registro de caudales y de conductividad. Al dar clic en el botón de caudal se muestra la ventana de “Registro Producción: Caudal” como se ve en la Figura 3.19. En esta pantalla (ver Figura 3.20), se puede observar en tiempo real el valor de caudal de ingreso de los filtros catiónico, anionico y mixto. Además, esta pantalla da la opción de poder mostrar el histórico del registro de conductividad como se ve en la Figura 3.21.

Figura 0.19. Registro de producción y regeneración

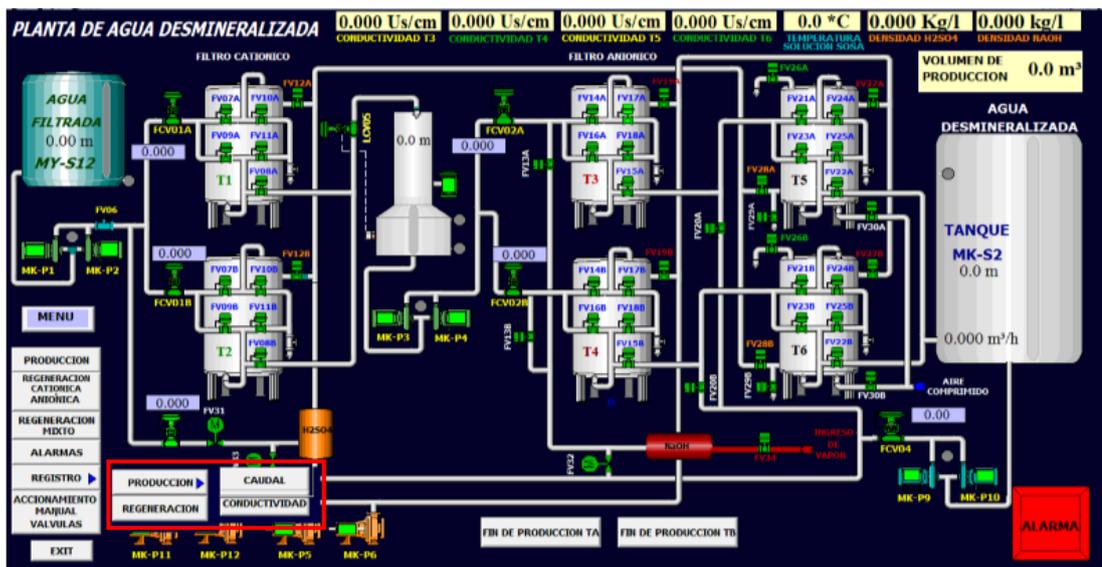


Figura 0.20. Registro de producción: caudales



En esta misma pantalla se detalla el valor total de los metros cúbicos producidos por cada tren y el tiempo en el que el mismo empieza.

Figura 0.21. Registro de producción: conductividad



3.15.1 Registro de regeneración

En este registro se muestra en tiempo real los valores de caudal, temperatura de la solución, consumos y densidades. Ver Figura 3.22.

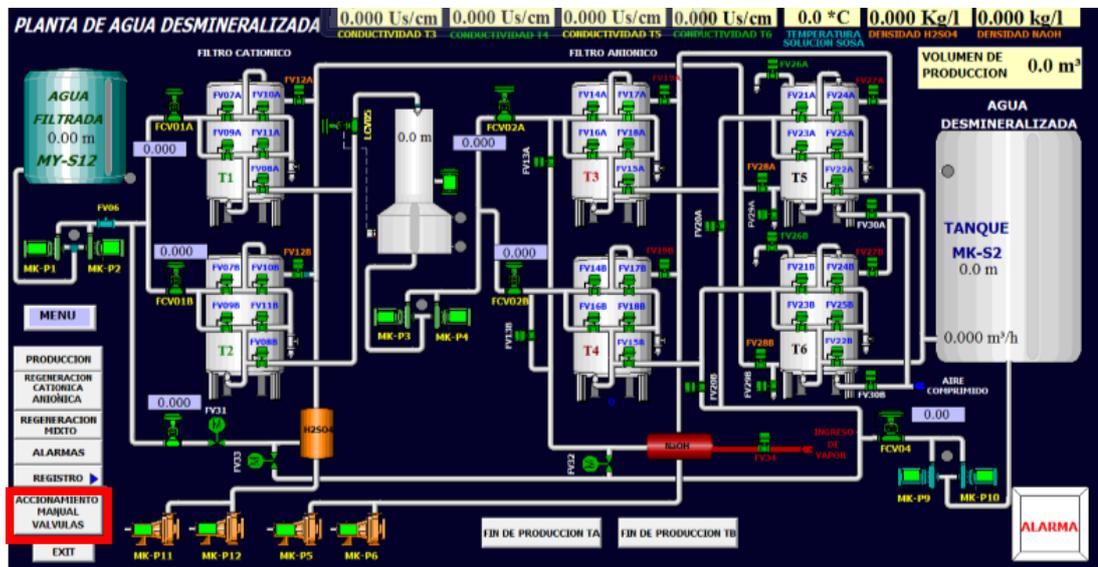
Figura 0.22. Registro de regeneración



3.16 Encendido de válvulas de forma manual

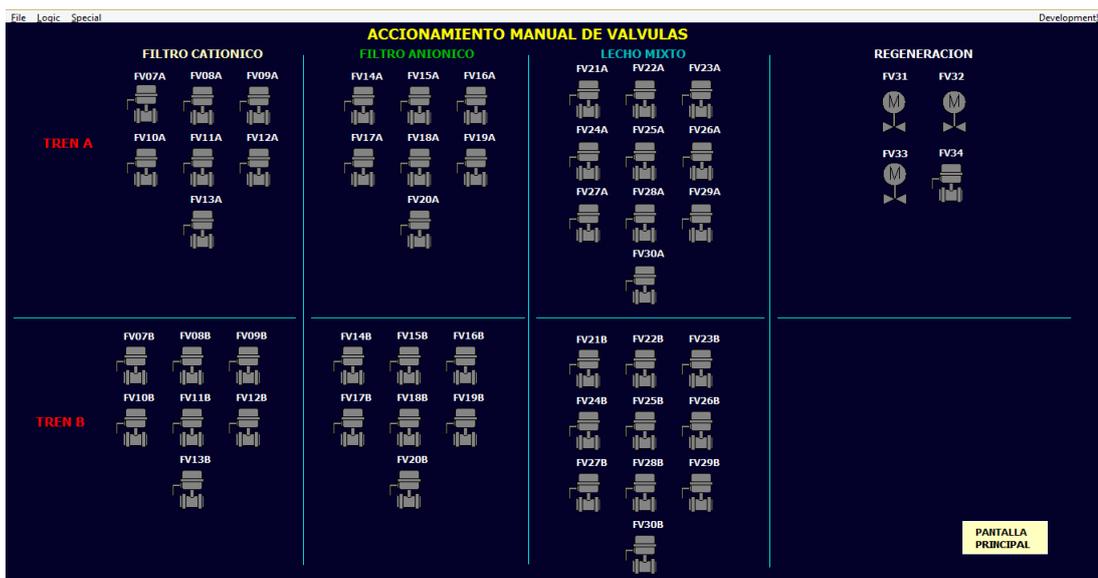
Para accionar las válvulas de planta de forma manual, se da clic en menú de la pantalla principal en la opción accionamiento manual de válvulas. Ver Figura 3.23.

Figura 0.23. Pantalla selección manual de válvulas



Luego, se despliega la pantalla “accionamiento manual de válvulas”, como se ve en la Figura 3.24. Al dar clic sobre una de las válvulas, esta se abre (color rojo). Para cerrar la válvula nuevamente se da clic sobre ella y esta se apagan (color verde).

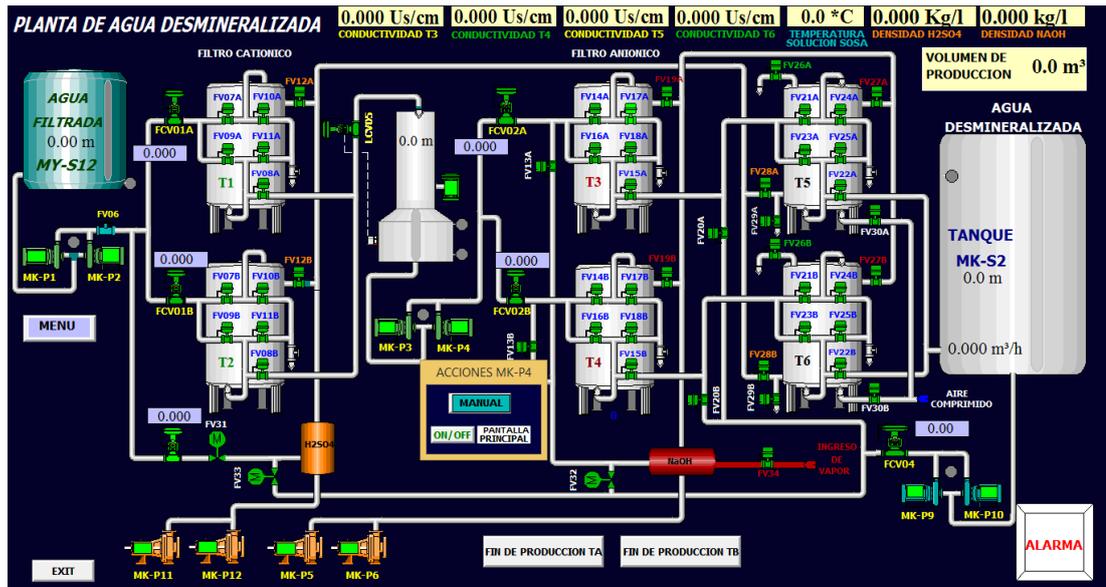
Figura 0.24. Pantalla de accionamiento manual de válvulas



3.17 Accionamiento manual de bombas

Para accionar una bomba de forma manual se da clic sobre una de las bombas de la pantalla principal. Luego, se da clic en el botón “Manual” que se pondrá de color turquesa con esta acción. Después se da clic en el botón “ON/OFF”, (ver Figura 3.25). El cual encenderá una luz de color rojo en el centro de la bomba seleccionada.

Figura 0.25. Pantalla de accionamiento manual de bomba



3.18 Presupuesto de implementación

El presupuesto (precio estimado) que se requiere para una futura implementación, se describe en la Tabla 3.3, con los elementos o dispositivo a utilizar con su respectiva cantidad y precio por unidad; observaciones que describe que elementos o dispositivos tiene la Central Térmica Esmeraldas I, los cuales se restan del costo total neto. Obteniendo como resultado un costo de inversión final, como se ve en la Tabla 3.3.

Tabla 0.3. Presupuesto para la implementación

PRESUPUESTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO DISEÑO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AGUA DESMINERALIZADA					
LISTA DE MATERIALES Y EQUIPOS					
ITEM	DESCRIPCION	CANT	P: UNITARIO	P. TOTAL	OBSERVACIONES
1	PLC con capacidad de 128 entradas, 64 salidas digitales y 20 entradas, 12 salidas analógicas con su respectivo software de programación	2	\$ 12.000,00	\$ 24.000,00	En la empresa se cuenta con 1 PLCs que cumplen con las características
2	PC con memoria 4G y procesador Icore 7	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00	En la empresa existe una PC que cumple con las mismas características.
3	Monitor de 24 pulgadas led.	1	\$ 500,00	\$ 500,00	
4	Tablero de control doble fondo 2x0.75x1.2m	1	\$ 500,00	\$ 500,00	Existente en la empresa
5	Transmisores de densidad 7826	2	\$ 8.000,00	\$ 16.000,00	Existente en la empresa
6	Breakers para corriente continua de 4A/24VDC	1	\$ 20,00	\$ 20,00	Existente en la empresa
7	Breakers para corriente continua de 2A/24VDC	8	\$ 20,00	\$ 160,00	Existente en la empresa
8	Medidores magnetico de flujo para ácido sulfúrico y sosa caustica	3	\$ 3.000,00	\$ 9.000,00	Existe 1 en la empresa
9	Transmisores indicadores de flujo tipo coriolis	5	\$ 5.000,00	\$ 25.000,00	Existente en la empresa
10	Transmisor de presión diferencial	4	\$ 3.000,00	\$ 12.000,00	Existente en la empresa
11	Indicador de flujo digital	2	\$ 600,00	\$ 1.200,00	Existente en la empresa
12	Indicador de temperatura digital	1	\$ 500,00	\$ 500,00	Existente en la empresa
13	Transmisor de temperatura PT-100	1	\$ 300,00	\$ 300,00	Existente en la empresa
14	Válvulas de control de caudal	7	\$ 5.000,00	\$ 35.000,00	Existente en la empresa
15	Terminales de compresión tipo punta 14-16 AWG (azul)	1430	\$ 0,20	\$ 286,00	
16	Terminales de compresion tipo punta 18-22 AWG (rojo)	220	\$ 0,25	\$ 55,00	
17	Terminales de compresion tipo horquilla 14-16 AWG (azul)	220	\$ 0,20	\$ 44,00	
18	Terminales de compresion tipo horquilla 18-22 AWG (rojo)	220	\$ 0,20	\$ 44,00	
19	Terminales de compresión tipo punta 10-12 AWG (amarillo)	220	\$ 0,25	\$ 55,00	
20	Marquillas para cables (fundas)	3	\$ 25,00	\$ 75,00	
21	Amarras plasticas de 25x30mm	500	\$ 0,15	\$ 75,00	
22	Cable UTP categoria 6 (metro)	100	\$ 0,80	\$ 80,00	
23	Cable flexible 12 AWG amarillo (rollo)	3	\$ 40,00	\$ 120,00	
24	Cable flexible 20 AWG rojo (rollo)	3	\$ 40,00	\$ 120,00	
25	Cable flexible 16 AWG azul (rollo)	4	\$ 40,00	\$ 160,00	
26	Amarras plasticas de 20x3mm	500	\$ 0,10	\$ 50,00	
27	Terminales RJ45	20	\$ 0,25	\$ 5,00	
28	Borneras para riel DIN cable 10AWG	600	\$ 7,00	\$ 4.200,00	
29	Capuchones para terminales RJ45	20	\$ 0,25	\$ 5,00	
30	Relés	100	\$ 25,00	\$ 2.500,00	Existentes 60 en la empresa
31	Canaleta ranurada 40x40mm	30	\$ 8,00	\$ 240,00	
32	Riel DIN	15	\$ 4,00	\$ 60,00	
33	Tornillos	200	\$ 0,03	\$ 6,00	
			COSTO TOTAL NETO	\$ 133.560,00	
			COSTO TOTAL DE EQUIPAMIENTO EXISTENTE	\$ 113.880,00	
			COSTOS DE INVERSION	\$ 19.680,00	
			COSTOS DE MANO DE OBRA	\$ 34.600,00	
			COSTO FINAL DE INVERSIÓN	\$ 54.280,00	

CAPITULO 4

ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este capítulo se detalla los costos que la Central Térmica Esmeraldas I requiere para la regeneración de los filtros de la Planta de Producción de Agua Desmineraliza. Se toma como base diez meses, tiempo en el cual la Planta está en servicio. Además, se incluye un análisis del tiempo de retorno de la inversión.

4.1 Costos de la regeneración

La Central Térmica Esmeraldas I genera energía eléctrica durante diez meses de un año calendario, tiempo en el cual la planta de agua desmineralizada se encuentra en servicio, los dos meses restantes, ésta se encuentra fuera de servicio por mantenimiento u otras actividades propias de la Central.

Durante estos diez meses los filtros son regenerados con ácido sulfúrico y sosa caustica, pero actualmente los consumos de estos regenerantes son variables como se ve en la Tabla 4.1.

Tabla 0.1. Consumo y costos de ácido sulfúrico y sosa cáustica del año 2015

Mes	Consumo ácido sulfúrico [kg]	Consumo sosa caustica [kg]	Número de regeneraciones filtro Catiónico. Tren A	Número de regeneraciones filtro Anionico. Tren A	Número de regeneraciones filtro Mixto Tren A	Costo mensual Acido [\$]	Costo mensual sosa [\$]
Enero	1400	3110	3	3	0	700,00	1866,00
Febrero	2560	5184	4	4	0	1280,00	3110,40
Marzo	1841	4937	3	3	1	920,500	2962,20
Abril	1655	4421	3	3	0	827,500	2652,60
Mayo	2010	7434	5	5	0	1005,00	4460,40
Junio	2080	6821	4	4	1	1040,00	4092,60
Julio	3094	9330	7	7	6	1547,00	5598,00
Agosto	2857	9940	5	5	0	1428,50	5964,00
Septiembre	2121	5515	2	2	1	1060,50	3309,00
octubre	1963	3477	3	3	0	981,50	2086,20
Total	21581	60169	39	39	9	10790,50	36101,40

Fuente: Departamento químico de la Central Térmica Esmeraldas I

En la Tabla 4.1, se muestra los valores de consumo de ambos regenerantes y el número de regeneraciones mensuales. Esta tabla está basada, en el informe anual del departamento químico de los meses de enero hasta octubre del año 2015.

Los precios de los regenerantes, de ácido sulfúrico está en \$0.50 centavos de dólar y sosa caustica en \$0.60 centavos de dólar.

Realizando un análisis con el nuevo diseño propuesto para los mismos meses y con igual número de regeneraciones, se llega a obtener los siguientes consumos y costos de regenerantes, que se visualiza en la Tabla 4.2.

Tabla 0.2. Consumo y costos de ácido sulfúrico y sosa cáustica para el diseño propuesto.

Mes	Consumo ácido sulfúrico [kg]	Consumo sosa caustica [kg]	Número de regeneraciones filtro Catiónico. Tren A	Número de regeneraciones filtro Anionico. Tren A	Número de regeneraciones filtro Mixto Tren A	Costo mensual Acido [\$]	Costo mensual sosa [\$]
Enero	1400	3110	3	3	0	277,47	457,92
Febrero	2560	5184	4	4	0	369,96	610,56
Marzo	1841	4937	3	3	1	308,30	610,56
Abril	1655	4421	3	3	0	277,47	457,92
Mayo	2010	7434	5	5	0	462,45	763,20
Junio	2080	6821	4	4	1	400,79	763,20
Julio	3094	9330	7	7	6	832,41	1984,32
Agosto	2857	9940	5	5	0	462,45	763,20
Septiembre	2121	5515	2	2	1	215,81	457,92
octubre	1963	3477	3	3	0	277,47	457,92
Total	21581	60169	39	39	9	3884,58	7326,72

Al comparar el costo total entre el funcionamiento actual (ver Tabla 4.1) y el diseño propuesto (ver Tabla 4.2), durante los 10 meses de producción de agua desmineralizada para el TREN A, se observa que con el diseño propuesto se tendría un ahorro aproximado de \$6905.92 dólares para ácido sulfúrico y \$28774.68 para sosa cáustica.

Durante los 10 meses la Central Térmica con el sistema propuesto tendría un ahorro de **\$35680.6 dólares** por tren, pero al ser dos trenes con los que cuenta, el ahorro total sería de **\$71361,2 dólares**, en lo que se refiere a materia prima.

En la Tabla 4.3 se realiza una comparación de costos entre el sistema actual y el propuesto, teniendo actualmente un gasto total de \$ 93783,80 dólares para los dos trenes pero con el sistema propuesto incluido el costo de inversión el gasto total sería de \$ 76702,60 dólares para el primer año.

Tabla 0.3. Costo anual del sistema actual y el propuesto

SISTEMA	COSTO
	PRIMER AÑO [\$]
ACTUAL	93783,80
PROPUESTO	76702,60

Con los valores anteriores, se realiza un análisis para obtener el tiempo en que se recuperaría la inversión.

$$\frac{12\text{meses} * \$ 76702,60}{\$ 93783,80} = 10 \text{ meses} \quad (3.12)$$

Al implementarse el sistema propuesto la inversión se recuperaría a partir de aproximadamente los 10 meses.

Además, para una futura implementación del nuevo diseño propuesto, se detalla el cronograma de actividades con el responsable a cargo para lo cual ver Anexo 6.

CONCLUSIONES

Actualmente, la forma para operar la planta de producción de agua desmineralizada no es el concebido por el fabricante, según se detalla en los respectivos manuales. Existen cambios en los caudales de agua y en el consumo de los productos de dosificación (ácido sulfúrico y sosa cáustica) en las fases de regeneración de los filtros, sin que estos cambios se encuentren documentado y con el sustento correspondiente, lo que ocasiona mucha variabilidad en los consumos de los productos.

Actualmente, el control del nivel de agua del descarbonatador no se ajusta al contexto operacional requerido por el proceso. Esto provoca que las bombas MKP1 o MKP2 entren un ciclo donde salen fuera de servicio cuando está en alto nivel y entren en servicio cuando está en bajo nivel.

Se han realizado varias modificaciones, las cuales no se han documentado, como la nueva fase llamada soplado, entre otras, provocando que no se pueda estandarizar las actividades operativas con el personal de operadores como supervisores y que el proceso no sea controlado apropiadamente.

La forma operativa para la regeneración de resina de los filtros catiónicos, aniónicos y de lecho mixto, no determina las cantidades apropiadas de soluto (NaOH y H_2SO_4) para obtener la solución regenerante en esta fase, en contraste con lo indicado en el manual del fabricante, lo que tiene como consecuencia consumos muy variables de la cantidad de estos productos dado que las carreras de las bombas dosificadoras (caudal) es ajustada al criterio del operador hasta que la solución regenerante alcance una determinada densidad; por otro lado, la medición de la densidad se realiza manualmente que no tiene la precisión que se necesita, esta actividad obliga al operador a tomar frecuentemente una muestra para medir su densidad.

Los densímetros instalados para el control y/o monitoreo en línea de la densidad de la solución regenerante no proporcionan la información apropiada en consideración de que no están instalados de acuerdo al manual del fabricante, por lo tanto, estos equipos no cumplen con la expectativa de la mejora planteada en su momento.

Cuando la Central Térmica Esmeraldas I está fuera de servicio (no hay disponibilidad de vapor) y es necesario entregar agua desmineralizada a la central Esmeraldas II, la solución regeneradora que se requiere en la fase de regeneración de la resina de los filtros anionicos y de lecho mixto, se la realiza sin vapor, lo que ocasiona que el producto, esto es, sosa caustica, se mezcle en cantidades superiores a la cantidad que se usa cuando se hace con el procedimiento normal con vapor, lo cual conlleva a sobrecostos operativos.

Actualmente, existe una diferencia entre el caudal seteado en el SCADA y el visualizado en los indicadores locales de caudal, ocasionada por posible fallos de las válvulas de control de caudal o porque el algoritmo de control no está bien definido; ocasionando que las soluciones no tengan la concentración deseada y se consuma más ácido sulfúrico y sosa caustica, con los consecuentes sobrecostos que demanda el proceso en esta condición.

El medidor de consumo de ácido sulfúrico que se tiene instalado, está montado en un punto tal que no discrimina el consumo del mismo entre lo que se utiliza en la fase de regeneración de las resinas catiónicas y lo que se utiliza para controlar el PH del agua en la torre de enfriamiento, es decir, que solo se obtiene el total consumido en ambos procesos.

Esta situación obliga a que el operador, realice maniobras en una válvula para que no permita el paso de ácido sulfúrico hacia la torre de enfriamiento y así cuantificar el consumo del producto (H_2SO_4) en la fase de regeneración, lo cual a su vez, afecta también al control del PH en la torre mientras dure la fase de regeneración, aproximadamente una hora; lo cual ocasiona que no se tenga un control apropiado de consumo de ácido sulfúrico, exigido por el ente de control para productos controlados.

En el actual sistema mejorado de control, aún se hace uso del tablero original denominado MK-SB001, de donde toman varias señales de campo para llevarlas al tablero para el sistema de control mejorado, lo que ocasiona que las tareas de mantenimiento no se realice apropiadamente porque tanto el cableado y dispositivos para estas señales y el cableado y dispositivos de las señales que dejaron de usarse comparten el mismo tablero, además de que no tienen marquillas como corresponde.

El sistema de control actual, no está siendo utilizado en su capacidad, toda vez que siguen utilizando los formatos manuales para el registro de parámetros de producción de agua desmineralizada y de regeneración de los filtros. Esto resulta no apropiados para el contexto operacional actual del sistema y la tecnología que se tiene instalada, además esto requiere mantener y/o reescribir los procedimientos e instructivos operativos.

Mediante el sistema SCADA propuesto, se tiene una mejor integración en la comunicación de datos, lo que permite reducir el tiempo de reacción ante cambios en el proceso, llevar un control más confiable de los productos químicos empleados, así como tomar las mejores decisiones.

El estudio propuesto para la automatización de la planta de producción de agua desmineralizada permite que la ejecución del proceso tenga un nivel de precisión mucho más elevado que el actual sistema. El control de los caudales y nivel se realizaran con un mínimo error; además, no se tendrán tiempos muertos ni interrupciones por errores o cambios en el proceso.

El sistema SCADA propuesto para el control de planta de agua desmineralizada, es muy amigable y versátil, facilitando el seguimiento del proceso en tiempo real, el monitoreo y generación de históricos de las variables que intervienen en el mismo, además, la generación automática de los registros de producción y de regeneración de los filtros del tren A y B.

El sistema propuesto genera utilidad para la empresa a partir de los 15 meses de haberse implementado, lo cual se percibe al comparar en el mismo tiempo los costos de regeneración de los filtros del sistema actual con el sistema propuesto incluido en éste ultimo los costos de implementación.

RECOMENDACIONES

Diseñar el nuevo contexto operacional para el proceso de producción de agua desmineralizada, en el cual se incluyan todos los cambios realizados y que las funciones de los equipos y/o sistemas queden apropiadamente definidos.

Definir un valor fijo o un rango del parámetro de control de conductividad para que los trenes salgan fuera de servicio por saturación y proteger la vida útil de la resina que contienen los filtros.

Realizar un algoritmo de control que permita controlar el nivel del descarbonatador mediante la válvula de control LCV05 existente y destinada para este propósito.

Documentar las modificaciones que se han realizado en el transcurso del tiempo con las respectivas memorias, complementadas con procedimientos e instructivos, para estandarizar las actividades operativas.

Determinar las cantidades de soluto (NaOH y H₂SO₄) para la fase de regeneración de resina de los filtros y sobre esta base fijar la carrera de las bombas de dosificación, para controlar la concentración de las soluciones regenerante.

Desmontar los densímetros e instalarlos en tubería con flujo circundante como indica el manual del fabricante para tener una medición en línea y real de la densidad (este parámetro será solo de monitoreo) de la solución regeneradora.

Realizar un análisis sobre la conveniencia técnica, económica y operacional de producir agua desmineralizada (para la regeneración) para abastecer a la central térmica Esmeraldas II, fundamentalmente cuando la Central Esmeraldas I está fuera de servicio.

Programar la revisión de las válvulas para asegurar que estén operando correctamente acorde a su dimensionamiento y función.

Verificar mediante pruebas en campo que el algoritmo de control actual sea el apropiado para el control de las válvulas de caudal.

Instalar un medidor adicional tipo magnético, exclusivo para el consumo de ácido sulfúrico en la fase de regeneración de las resinas catiónicas para así controlar apropiadamente este parámetro y evitar que se deje de dosificar y controlar con este producto a la torre de enfriamiento.

Desmontar y dar la disposición final del tablero antiguo y unificar todo el control de la planta de producción de agua desmineralizada en el nuevo tablero de control para tener los elementos (canaletas, cables, borneras, etc.) montados de manera ordenada e identificada, esto a su vez conlleva el poder tener un rápido diagnóstico de las fallas y por ende un mejor seguimiento y mantenimiento del proceso.

Usar la tecnología actual para que los datos de los parámetros de control, monitoreo y los que se considere de interés, sean registrados automáticamente en los formatos previamente redefinidos, pudiendo obtenerlos, de manera rápida, oportuna y con la confiabilidad requerida.

Aprovechar la nueva tecnología para tener una mejor integración de datos y reducir el tiempo de reacción ante cambios en el proceso.

Beneficiarse de la nueva tecnología para que la ejecución del proceso tenga un nivel de precisión mucho más elevado que el actual sistema.

Beneficiarse de la nueva tecnología para la generación de los históricos de las variables que intervienen en el proceso y de igual forma que los formatos tanto de producción y de regeneración sean llenados automáticamente, evitando la pérdida de información.

LISTA DE REFERENCIAS

- Abarca, P. (5 de Mayo de 2008). *aie.cl*. Obtenido de <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/sistemas-de-control-automatico.pdf>
- Álvarez, C., & Ingrid, C. (30 de Mayo de 2013). *electroinfoingenieria*. Obtenido de <https://simulaciondeprocesosudenar.wordpress.com/perfil-del-grupo/>
- Arauco. (3 de febrero de 2005). *prodemsa*. Obtenido de http://prodemsa.ddns.net/smia/manuales/067/acrobat/valvula_completo.pdf
- Asensio, P. P., & Arbos, R. V. (2005). *Automatización de procesos mediante la guía GEMMA* (Vol. I). Barcelona, España: Ediciones UPC.
- Bolton, W. (2001). *Mecatrónica*. Alfaomega.
- Carmen, V. (Septiembre de 2009). *ipn*. Obtenido de <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/7419/ACTUALMONIT.pdf?squence=1>
- Corrales, L. (Diciembre de 2007). *bibdigital.epn*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10020/2/PARTE%202.pdf>
- Creus, & Antonio. (2010). *Instrumentacion industrial* (Vol. 8). Mexico, Mexico: Alfaomega.
- Ecured. (7 de Abril de 2017). *Ecured*. Obtenido de <https://www.ecured.cu/Transmisor>
- mftecnima. (2017). *mftecnima*. Obtenido de http://www.mftecnima.com/departamento_ingenieria.php
- Ogata, K. (1998). *Ingenieria de Control Moderna* (Vol. III). México: Prentice-Hall.
- Pallás Areny, R. (2003). *Sensores y acondicionadores de señal* (Vol. IV). Barcelona: Marcombo. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=Eevyk28_fVkC&pg=PA35&dq=sensores+de+caudal&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiEqKq_rarTAhULf5AKHR-2ABoQ6AEIIDAA#v=onepage&q=sensores%20de%20caudal&f=true

- Picuíno. (Marzo de 2017). Obtenido de Picuíno:
<http://www.picuíno.com/es/arduprog/control-auto.html>
- Redondo, M. (2008). *Diseño e implementación de un sistema SCADA para una planta de producción y envasado de líquidos*. Bellaterra.
- Rodríguez, A. (2007). *Sistemas SCADA* (Vol. II). México: Marcombo. Obtenido de
<https://books.google.com.ec/books?id=I6--ib7Uq4QC&printsec=frontcover&dq=sistema+scada+definicion&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjI3eebnKLTAhWCD5AKHTYwBGoQ6AEIKDAB#v=onepage&q&f=true>
- Selvin, H. (Abril de 2010). *usac*. Obtenido de
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0752_EA.pdf
- Tosi, F. (1980). *Sistema de Tratamiento de Agua* (Vol. VI).

ANEXOS

ANEXO 1: CUADRO COMPARATIVO ENTRE EL DISEÑO ORIGINAL Y FUNCIONAMIENTO ACTUAL DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AGUA DESMINERALIZADA.

DISEÑO ORIGINAL	FUNCIONAMIENTO ACTUAL	VARIABLE	OBSERVACIONES	MEJORAS
<p>Para la producción de agua desmineralizada originalmente la Central Termoeléctrica Esmeraldas I, toma agua del RIO TEAONE que luego es clarificada y filtrada para finalmente ser desmineralizada.</p> <p>La planta de agua desmineralizada se compone de dos trenes denominados tren A y tren B, con idénticas características, los cuales constan de un filtro catiónico, un filtro anionico y un filtro de lecho mixto respectivamente.</p> <p>Entre los filtros catiónico y anionico se encuentra la torre de desgasificación para eliminar el CO2 que posee el agua que sale del filtro catiónico.</p> <p>El control del proceso para obtener agua desmineralizada y la regeneración de los filtros es realizado desde el tablero MK-SB001.</p> <p>En este tablero el control es realizado por componentes electromecánicos como relés, selectores, conmutadores temporizadores on delay entre otros que permiten el ejercicio centralizado y semi-automático de todos los equipos instalados, además consta de un panel mímico en el que están insertados las señales luminosas, una consola de mando y un sistema de alarmas.</p> <p>Los filtros en su diseño original se regeneran de forma independiente, es decir, el operador tiene que dar un pulso de inicio</p>	<p>La Central Térmica Esmeraldas I compra agua a la Empresa de Agua Potable EAPA San Mateo para ser filtrada y posteriormente ser desmineraliza.</p> <p>La planta de agua desmineralizada mantiene los mismos trenes con sus respectivos filtros y la torre de desgasificación.</p> <p>En la actualidad el proceso está controlado por un controlador lógico programable (PLC) Honeywell C50 y una pantalla HMI. La mayor parte de la producción es monitoreada desde la pantalla HMI colocada en la oficina del operador.</p> <p>Los filtros catiónicos y anionicos se regeneran de forma secuencial, una vez iniciado el proceso de regeneración. En el caso de la regeneración del filtro</p>		<p>Ciertos dispositivos electrónicos han sido reemplazados en el transcurso del tiempo desde su origen hasta la actualidad, debido al mal funcionamiento y por la finalización de su vida útil, algunos de ellos son indicadores de flujo, finales de carrera, transmisores, etc.</p> <p>Se optó por comprar agua a la empresa EAPA San Mateo, debido a que representa un menor costo para la Central Térmica Esmeraldas I en el proceso de desmineralización.</p> <p>Actualmente se siguen utilizando funciones del antiguo tablero MK-SB001.</p> <p>El PLC con el que se realizó la programación para el diseño propuesto es el M340 de Schneider, pero en caso de querer usar el PLC existente, también se lo podría utilizar, puesto que sus características se prestan para el nuevo diseño.</p>	<p>Diseñar un sistema SCADA que aparte de supervisar y controlar, permita tener adquisición de datos.</p> <p>Se ha determinado de acuerdo a las necesidades del área química, que los filtros catiónicos y anionicos puedan</p>

para la regeneración de cada filtro.	de lecho mixto, se lo hace de forma independiente.			regenerarse de forma secuencial o independiente.
--------------------------------------	--	--	--	--

PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AGUA DESMINERALIZADA.

DISEÑO ORIGINAL	FUNCIONAMIENTO ACTUAL	VARIABLE	OBSERVACIONES	MEJORAS.
<p>Para el proceso de producción se deben cumplir las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Que el tren haya sido regenerado. • Que las válvulas de los filtros estén cerradas. • Que la conductividad sea menor a 20us/cm en el filtro anionico. • Que la conductividad sea menor a 0.25uS/cm en el filtro de lecho mixto. • Que la sílice sea menor a 0.020ppm medido en laboratorio. • Que el tren a producir haya sido seleccionado. • Que se tenga presión de aire. • Que no haya bloqueos por alto nivel de agua desmineralizada, bajo nivel de agua filtrada, baja presión de agua bruta y agua descarbonatada. <p>Con las condiciones cumplidas se pone en servicio las bombas MK-P1/P2-MK-P17. Se presiona el pulsador PBI 18, que da inicio al proceso de producción de agua desmineralizada.</p>	<p>No se ha podido verificar si las condiciones del procedimiento original se mantienen.</p> <p>Todas las bombas que intervienen en el proceso son puestas en servicio desde la pantalla HMI, dando inicio a la producción.</p>		<p>No se tiene acceso a la información de la lógica de control actual, por lo tanto no se puede verificar que se estén cumpliendo con las condiciones tanto para producción como regeneración del diseño original.</p>	<p>Para el diseño del control propuesto, se mantienen las mismas condiciones para el proceso de producción del diseño original.</p>

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

DISEÑO ORIGINAL	FUNCIONAMIENTO ACTUAL	VARIABLES	OBSERVACIONES	MEJORAS.
Con el consenso dado por el pulsador PBI-18 se abren las válvulas de forma	Las válvulas se abren al dar el pulso de inicio de producción.			Las válvulas se abren al dar el pulso de inicio de producción.

<p>automática.</p> <p>El agua filtrada que ingresa al filtro catiónico es regulada a un caudal de 18m³/h por la válvula FCV-01A/B, caudal con el que ingresa al filtro por la válvula FV-07 A/B y sale por la válvula FV-08 A/B hacia el descarbonatador.</p> <p>Continuando con el proceso de desmineralización, el agua que sale del filtro catiónico ingresa por medio de la válvula de control LCV05 al descarbonatador, para eliminar el dióxido de carbono mediante una corriente de aire generada por el ventilador MK-P17.</p> <p>Seguidamente, el agua que sale del descarbonatador es impulsada por medio de la bomba MK-P3/P4 hacia la válvula FCV-02A/B que regula el caudal a 18m³/h con el que ingresa a la válvula FV-14A del filtro aniónico y sale por la válvula FV-15A,</p> <p>Luego, el agua ingresa por la válvula FV-21 A/B del filtro de lecho mixto y sale por medio de la válvula FV-22A/B.</p> <p>Finalmente, el agua que sale del filtro de lecho mixto es altamente pura, es decir, con conductividad menor a 0.1uS/cm y sílice menor a 0.02 ppm. Esta agua es almacenada en un tanque denominado MK-S2 de 1100m³, desde donde se abastece al caldero.</p>	<p>Se mantiene el mismo proceso con la diferencia que el caudal seteado ahora es de 21m³/h.</p> <p>El proceso se mantiene igual con la diferencia que se tiene una afectación al descarbonatador, debido a que la válvula de control LCV05 no está trabajando, provocando permanentes ocurrencias de alto nivel y la consecuente puesta de servicio de la bomba MKP1/2.</p>	<p>Presión Caudal</p>	<p>El setpoint de la válvula de control FCV01A/B es de 21m³/h, lo que genera que se suba el nivel del descarbonatador porque la válvula de control de ingreso de agua al descarbonatador LCV05, no trabaja.</p> <p>Se debe revisar y rehabilitar las funciones de la válvula LCV05</p> <p>El descarbonatador permanece en el ciclo de alto y bajo nivel de agua, provocando que las bombas MKP1/2 salgan fuera de servicio cuando es alto nivel y entren en servicio cuando el nivel es bajo.</p>	<p>Se mantiene los caudales del diseño original, es decir, 18m³/h a la entrada de la válvula de control FCV01A/B, debido a que es la capacidad de producción con la que fueron diseñados los filtros.</p> <p>Por otro lado, la literatura del procedimiento del proceso de producción dice: que a un caudal mayor a 18m³/h las resinas no pueden retener todos los cationes y aniones que posee el agua filtrada.</p> <p>Es necesario mantener el filtro catiónico en producción para la regeneración del filtro aniónico, el cual, tiene 4 fases a diferentes caudales. Por esta razón se ha determinado utilizar un control PI en lazo cerrado, para controlar el porcentaje de apertura o cierre de la válvula LCV05, evitando un ciclo de alto y bajo el nivel en el descarbonatador.</p>
VARIABLES DE CONTROL.				
<p>Para monitorear la conductividad del agua que sale de los filtros aniónicos y mixtos, se</p>	<p>La conductividad es visualizada en indicadores que se encuentran en</p>			<p>Los niveles de conductividad se sigan visualizando en campo y en el sistema</p>

<p>tiene un registrador analógico montado en el tablero MK-SB001.</p> <p>La conductividad, en el filtro anionico debe ser menor igual a 20us/cm y en el filtro mixto menor igual a 0.25us/cm. Si uno de estos es mayor, se activa una alarma visual y sonora.</p> <p>La sílice, también es un parámetro de control, que debe ser medido a la salida de los filtros anionicos y mixtos, el cual, se mide en laboratorio y deben ser menores o iguales 0.020ppm (2ppb).</p>	<p>campo.</p> <p>Las conductividades que se registran actualmente para los filtros anionico y mixtos están dentro de los mismos parámetros del diseño original.</p> <p>Se mantiene la alarma visual, pero no se tiene una alarma sonora, que indique que los filtros anionicos y de lecho mixto tengan alta conductividad</p> <p>La sílice es medida a salida de los filtros anionicos y mixtos en el laboratorio cada 4 horas, manteniendo los mismos parámetros del diseño original.</p>	<p>Conductividad</p> <p>Sílice.</p>	<p>Ante una alta conductividad de los filtros anionicos y lecho mixto no se tiene una alarma sonora, que indique al operador, que los mismos están fuera de los rangos permitidos.</p> <p>En campo se cuenta con medidores de sílice para medición en línea, que no están en funcionamiento debido a razones que se desconocen.</p>	<p>SCADA.</p> <p>Los rangos de conductividad se siguen manteniendo sobre la base del modelo original.</p> <p>Se incluye una alarma sonora y visual por alta conductividad, debido a que es una de las variables de control que determina la calidad de agua que requiere el caldero.</p> <p>Se mantiene los mismos parámetros de control de sílice que se están llevando actualmente.</p> <p>Se considera que los medidores de sílice no son necesarios tenerlos en línea, debido a que es un parámetro de control que se lo hace cada 4 horas y que el costo de mantenimiento y los químicos que utilizan es muy alto.</p>
---	--	-------------------------------------	---	---

REGENERACIÓN FILTROS CATIONICOS

FASE 0: SOPLADO.

<p>Esta fase no se encuentra dentro del diseño original.</p>	<p>La fase 0, empieza con la apertura manual de las válvulas FV 11A y AD 13A, con la finalidad de disminuir el nivel de agua del filtro hasta que se mantenga a la mitad del visor del</p>	<p>Presión.</p>	<p>Esta fase no se encuentra dentro del diseño original.</p> <p>La realización de esta actividad fue determinada por el área química, con la</p>	
---	--	-----------------	---	--

	<p>mismo. Este proceso tiene una duración aproximada de dos minutos.</p> <p>Transcurrido este tiempo, las válvulas se cierran y se ingresa aire comprimido a una presión de 0.5kg/cm² durante 15 minutos, para remover las resinas que se pudieron haber aglomerado en el proceso de producción.</p> <p>Luego, las resinas se las deja en reposo durante 5 minutos.</p>		<p>finalidad de lograr que las resinas no estén aglomeradas y los sedimentos (lodos) atrapados en el proceso de producción salgan con facilidad, al iniciar la fase del contra lavado.</p>	
--	--	--	--	--

BOMBAS

<p>Inicialmente las bombas denominadas de agua filtrada MK-P1/P2, se ponen en servicio de forma manual antes de iniciar el proceso de regeneración.</p>	<p>Actualmente, las bombas denominadas de agua filtrada MKP1 y MKP2, se ponen en servicio de manera automática cuando inicia la fase I.</p>	<p>Presión de caudal de agua.</p>		<p>Se mantiene el funcionamiento actual.</p>
---	---	-----------------------------------	--	--

CONDICIONES PARA REGENERAR.

<p>Para empezar la regeneración, se deben cumplir las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Que se haya seleccionado el filtro. • Que se haya seleccionado el tipo de funcionamiento del ciclo (manual o automático por filtro) de regeneración. • Que el filtro seleccionado no haya sido regenerado. • Que la presión de agua bruta antes del filtro catiónico PS18 sea de 2,5 kg/cm². • Que la electro válvula FV 06 este abierta. • Que no se tenga bloqueo de emergencia. • Que las válvulas del filtro estén cerradas. <p>Una vez cumplidas las condiciones, se presiona el pulsador PBI-19 que da inicio al</p>	<p>No se ha podido verificar si las condiciones del procedimiento original se mantienen, porque no se ha tenido acceso al algoritmo de control en el PLC.</p>		<p>Solo se conoce las condiciones del diseño original y son las mismas que maneja el operador.</p>	<p>Es necesario mantener las mismas condiciones del diseño original, debido a que son importantes para el proceso de regeneración.</p>
---	---	--	--	--

proceso de regeneración, dando consentimiento en automático desde la fase I a la IV.				
--	--	--	--	--

FASE I: LAVADO CONTRACORRIENTE.

DISEÑO ORIGINAL	FUNCIONAMIENTO ACTUAL	VARIABLES	OBSERVACIONES	MEJORAS.
<p>Una vez cumplidas las condiciones anteriormente mencionadas, se abren automáticamente las válvulas FV09A/B y FV10A/B.</p> <p>Seguidamente, se activa un temporizador por 15 minutos y la válvula FCV01A/B regula el caudal a 32m³/h.</p> <p>Al mismo tiempo, el agua ingresa al filtro catiónico por la válvula FV09A/B y sale por la FV10A/B al drenaje.</p> <p>Al terminar la fase I, automáticamente se cierran las válvulas, dando fin a la misma y consenso para iniciar la fase II.</p>	Se mantienen las mismas acciones.	Caudal.	No se tiene observaciones por el momento.	Se mantienen las mismas acciones del proceso de lavado contracorriente, debido a que son acciones propias del proceso.

FASE II: REGENERACIÓN CON ÁCIDO SULFÚRICO.

DISEÑO ORIGINAL	FUNCIONAMIENTO ACTUAL	VARIABLES	OBSERVACIONES	MEJORAS.
<p>Esta fase está compuesta por tres etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Etapa 1: regeneración al 1% por 20 minutos a 21m³/h. • Etapa 2: regeneración al 2% por 20 minutos a 10.5m³/h. • Etapa 3: regeneración al 4% por 20 minutos a 5.3m³/h. <p>Una vez que termina la fase I, da consenso a la fase II, activando de esta manera la apertura de las válvulas FV11A/B, FV12A/B y FV31.</p>	<p>Se mantienen las mismas etapas, pero los caudales varían en cada una de las mismas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Etapa 1: caudal de 18.5m³/h. • Etapa 2: caudal de 9m³/h. • Etapa 3: caudal de 5m³/h. 	Caudal de agua.	Se desconoce el motivo y/o las razones o argumentos técnicos, por lo cual se establecen los nuevos caudales para la regeneración.	En función que, no se ofrecieron cabalmente las razones y/o argumentos técnicos sobre los nuevos caudales establecidos, se decide mantener los caudales, tomando en cuenta que si en su momento se define esta situación, simplemente se setean los nuevos caudales lo cual es una operación sencilla.

<p>Posteriormente, las bombas dosificadoras de ácido sulfúrico MKP11 o MKP12 (una a la vez según preselección) de carrera fija al 86.8%, inician su puesta en servicio.</p> <p>Luego, se activa un temporizador ON DELAY por 20 minutos y la válvula FCV03 regula el caudal a 21m³/h, iniciando la etapa 1.</p> <p>Una vez, que el flujo de ácido sulfúrico (soluto) y el flujo de agua filtrada (soluble) llegan al diluidor, estos se mezclan formando la solución regeneradora al 1% de concentración.</p> <p>La solución regeneradora ingresa al filtro catiónico por la línea de regeneración pasando por la válvula FV12A/B y es distribuida homogéneamente, de tal forma que atraviesa la resina para quitar las partículas (iones positivos) de magnesio (Mg), potasio (K) y calcio (Ca) retenidos en el proceso de producción y enviarlos por el drenaje a través de la válvula FV11A/B.</p> <p>Secuencialmente, ocurre lo mismo en la etapa dos y tres, con una variación en el caudal de agua filtrada de 10.5m³/h para la etapa dos y 5.3m³/h para la etapa 3, modificándose de esta manera las concentraciones al 2% y 4% respectivamente.</p>	<p>Las bombas dosificadoras de ácido sulfúrico no tienen un porcentaje de carrera fija definido.</p> <p>Desde el inicio de cada una de las etapas de la fase II, se realiza la medición en campo de densidad de la solución regeneradora de forma manual (densímetro analógico), hasta que se logra obtener la densidad establecida.</p> <p>Para lograr obtener la densidad establecida, el operador mueve la carrera de la bomba de dosificación de ácido sulfúrico, en función del dato de densidad que obtiene hasta lograr la establecida.</p> <p>Las densidades establecidas por etapa son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Etapa 1: densidad de 1.005kg/l. • Etapa 2: densidad de 1,012kg/l. • Etapa 3: densidad de 1.025 kg/l. <p>Se tiene instalado un densímetro electrónico con la finalidad de que en línea se monitoreen estas densidades, cuyos valores son enviados al HMI, pero desde su instalación no funcionan para el propósito requerido.</p>	<p>Densidad de la solución regeneradora.</p>	<p>Las bombas de dosificación no tienen una carrera definida o establecida para esta fase, por lo que el operador de acuerdo a su experiencia varía de forma manual la carrera de la bomba, hasta obtener la densidad establecida en cada una de las etapas.</p> <p>Esta forma operativa no define las cantidades de soluto (H₂SO₄) para cada etapa, lo que tiene como consecuencia consumos variables de la cantidad de éste cada vez que se realiza la regeneración, en contra partida al proceso original, en el cual si se determina la cantidad de soluto para la fase, la cual debe ser fija según la literatura del diseño original.</p> <p>Se han revisado los consumos durante 10 meses del año 2015, en los cuales se observa variaciones desde 200kg hasta 500kg, cuando la referencia del diseño original es de 211.2 kg por fase.</p> <p>Actualmente, se mide la densidad de la solución regeneradora en cada etapa, debido a que no se tiene una cantidad establecida de regenerante (H₂SO₄), tal cual lo indican los manuales de diseño.</p> <p>De la investigación realizada, se determinó que el densímetro está mal instalado, es decir, no están de acuerdo a las instrucciones de instalación y uso indicadas por el fabricante.</p>	<p>Es necesario mantener una dosificación constante de ácido sulfúrico, para obtener el porcentaje de concentración que se requiere en cada una de las etapas. Por esta razón se ha determinado que la carrera de la bomba debe permanecer fija, en función de los nuevos caudales establecidos.</p> <p>Dado que al asegurar los caudales de soluto (H₂SO₄) y de soluble (H₂O), no es necesario controlar la densidad establecida en cada etapa. Al contar con este densímetro en campo, se decide mantener la densidad como una variable de monitoreo, esperando que en su momento sean instalados apropiadamente.</p>
--	---	--	---	--

<p>Al finalizar todas las etapas de la fase II, automáticamente las válvulas se cierran y queda fuera de servicio la bomba MKP11 o MKP12, y se da paso para iniciar la fase III.</p>				
--	--	--	--	--

FASE III: LAVADO DE REGENERACIÓN.

DISEÑO ORIGINAL	FUNCIONAMIENTO ACTUAL	VARIABLES	OBSERVACIONES	MEJORAS.
<p>Una vez que termina la fase II, se da consenso al inicio de la fase III, activando la apertura de las válvulas FV11A/B, FV12A/B y FV31.</p> <p>Seguidamente, se activa un temporizador ON DELAY por 30 minutos y la válvula FCV03 regula el caudal a 5.5m³/h, iniciando la fase tres.</p> <p>En ese mismo instante, el caudal de agua filtrada ingresa al diluidor, por medio de la válvula FV31 y sigue su recorrida por la línea de regeneración hasta ingresar al filtro por la FV 12A/B y sale por la válvula FV11A/B al drenaje.</p> <p>Al finalizar la fase III, automáticamente se cierran las válvulas FV11A/B, FV12A/B y FV31, dando consenso para la fase IV.</p>	<p>Se mantiene el mismo proceso con la diferencia que el caudal establecido es de 5m³/h en lugar del diseño original que era de 5.5m³/h.</p>	<p>Caudal</p>	<p>Igual se desconocen las razones del cambio de caudal.</p>	<p>En función que, no se ofrecieron cabalmente las razones y/o argumentos técnicos sobre los nuevos caudales establecidos, se decide mantener los caudales, tomando en cuenta que si en su momento se define esta situación, simplemente se setean los nuevos caudales lo cual es una operación sencilla.</p>

FASE IV: LAVADO FINAL.

DISEÑO ORIGINAL	FUNCIONAMIENTO ACTUAL	VARIABLES	OBSERVACIONES	MEJORAS.
			<p>No se tiene observaciones.</p>	<p>Se mantienen las mismas acciones del</p>

<p>Una vez que termina la fase III, se da consenso al inicio de la fase IV, activando la apertura de las válvulas FV11A/B y FV07A/B.</p> <p>Seguidamente, se activa un temporizador ON DELAY por 60 minutos y la válvula FCV01A/B regula el caudal a 18m³/h, iniciando la última fase de regeneración.</p> <p>En ese mismo instante, el caudal de agua ingresa al filtro por medio de la válvula FV07A/B y sale por la válvula FV11A/B al drenaje.</p> <p>Al finalizar la fase IV, automáticamente se cierran las válvulas FV11A/B y FV07A/B, finalizando la regeneración del filtro catiónico.</p> <p>Con el fin de la fase IV, se activa la memoria de filtro T1 regenerado.</p>	<p>Se mantiene el mismo proceso.</p>			<p>proceso de lavado final, debido a que son acciones propias del proceso.</p>
---	--------------------------------------	--	--	--

REGENERACIÓN ANIONICA.

FASE 0: SOPLADO.

DISEÑO ORIGINAL	FUNCIONAMIENTO ACTUAL	VARIABLES	OBSERVACIONES	MEJORAS.
<p>Esta fase no se encuentra dentro del diseño original.</p>	<p>La fase 0, empieza con la apertura manual de las válvulas FV 11A y AD 13A, con la finalidad de disminuir el nivel de agua del filtro hasta que se mantenga a la mitad del visor del mismo. Este proceso tiene una duración aproximada de dos minutos.</p> <p>Transcurrido este tiempo, las válvulas se cierran y se ingresa aire comprimido a una presión de 0.5kg/cm² durante 15 minutos, para remover las resinas que</p>	<p>Presión.</p>	<p>Esta fase no se encuentra dentro del diseño original.</p> <p>La realización de esta actividad fue determinada por el área química, con la finalidad de lograr que las resinas no estén aglomeradas y los sedimentos (lodos) atrapados en el proceso de producción salgan con facilidad, al iniciar la fase del contra lavado.</p>	

	se pudieron haber aglomerado en el proceso de producción. Luego, las resinas se las deja en reposo durante 5 minutos.			
--	--	--	--	--

BOMBAS

DISEÑO ORIGINAL	FUNCIONAMIENTO ACTUAL	VARIABLES	OBSERVACIONES	MEJORAS.
Inicialmente las bombas denominadas de agua descarbonatada MK-P3/P4, se ponen en servicio de forma manual antes de iniciar el proceso de regeneración.	Actualmente, las bombas denominadas de agua descarbonatada MKP3 y MKP4, se ponen en servicio de manera automática cuando inicia la fase I.			Se mantienen las acciones del procedimiento actual

CONDICIONES DE REGENERACIÓN.

DISEÑO ORIGINAL	FUNCIONAMIENTO ACTUAL	VARIABLES	OBSERVACIONES	MEJORAS.
<p>Para empezar la regeneración, se deben cumplir las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Que el filtro anionico T3 este fuera de servicio de producción. • Que el filtro T3 aún no se haya regenerado. • Que no se tenga un bloqueo de baja presión de agua descarbonatada. • Que la electroválvula FV 06 abierta este abierta. • Que no se tenga ningún bloqueo de emergencia. • Que el filtro catiónico este en servicio. <p>Una vez cumplidas las condiciones se presiona el pulsador PBI que da inicio al proceso de regeneración dando consentimiento en automático desde la fase I a la IV.</p>	No se ha podido verificar si las condiciones del procedimiento original se mantienen, porque no se ha tenido acceso al algoritmo de control en el PLC.		Solo se conoce las condiciones del diseño original y son las mismas que maneja el operador	Es necesario mantener las mismas condiciones del diseño original, debido a que son importantes para el proceso de regeneración.

FASE I: LAVADO EN CONTRACORRIENTE.

DISEÑO ORIGINAL	FUNCIONAMIENTO ACTUAL	VARIABLE	OBSERVACIONES	MEJORAS.
<p>Una vez activada el inicio de regeneración anionica, da consenso a la fase I, activando la apertura de las válvulas FV16A/B y FV17A/B.</p> <p>Seguidamente, se activa un temporizador ON DELAY por 15 minutos y la válvula FCV02A/B regula el caudal de agua descationizada a 7m³/h, iniciando la fase I de regeneración.</p> <p>En el mismo instante, el caudal de agua ingresa al filtro por medio de la válvula FV16A/B y sale por la válvula FV17A/B al drenaje.</p> <p>Al finalizar la fase I, automáticamente se cierran las válvulas FV16A/B y FV17A/B y se da consenso para la siguiente fase.</p>	Se mantienen las mismas acciones.	Caudal.	No se tiene observaciones.	Se mantienen las mismas acciones del proceso de lavado contracorriente, debido a que son acciones propias del proceso.

FASE II: REGENERACIÓN CON SOSA CAUSTICA (NAOH).

DISEÑO ORIGINAL	FUNCIONAMIENTO ACTUAL	VARIABLE	OBSERVACIONES	MEJORAS.
<p>Antes de terminar la fase I, el operador abre la válvula manual FV01 de entrada de vapor al diluidor y drena el condensado entrampado.</p> <p>Una vez que termina la fase I y se ha drenado el vapor condensado, se da consenso al inicio de la fase II, activando la apertura de las válvulas FV13A/B, FV18A/B, FV19A/B y FV34.</p> <p>Posteriormente, las bombas dosificadoras</p>	<p>Se mantiene el mismo proceso.</p> <p>Las bombas dosificadoras de sosa cáustica no tienen un porcentaje de</p>		<p>Las bombas de dosificación no tienen una carrera definida o establecida para esta</p>	<p>Se mantienen las mismas acciones, debido a que son propias del proceso.</p> <p>Es necesario mantener una dosificación constante de sosa cáustica, para obtener el porcentaje</p>

<p>de sosa cáustica MKP5 o MKP6 (una a la vez según preselección) con carrera fija de 37.6%, se ponen en servicio.</p> <p>Luego, se activa un temporizador ON DELAY por 72 minutos y la válvula FCV02A/B regula el caudal de agua descarbonatada a 3.5m³/h, iniciando la fase II.</p> <p>Una vez que el flujo de sosa caustica (solute), el flujo de agua descarbonatada (soluble) y el vapor llegan al diluidor, éstos se mezclan formando la solución regeneradora al 4% de concentración alcanzando una temperatura entre 42-45°C, esta temperatura no debe sobrepasar los 48°C para no dañar las resinas del filtro.</p>	<p>carrera fija definido.</p> <p>Se mantienen las mismas acciones, pero con la variación de caudal.</p> <ul style="list-style-type: none"> • fase II: caudal de 5.3m³/h. <p>Desde el inicio de la fase II, se realiza la medición en campo de densidad de la solución regeneradora de forma manual (densímetro analógico), hasta que se logra obtener la densidad establecida.</p> <p>Para lograr obtener la densidad establecida, el operador mueve la carrera de la bomba de dosificación de sosa cáustica, en función del dato de densidad que obtiene hasta lograr la establecida.</p> <p>Las densidad establecida para esta fase es:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fase II: densidad de 1.042kg/l con 5.3m³/h. 	<p>Caudal Densidad Temperatura</p>	<p>fase, por lo que el operador de acuerdo a su experiencia varía de forma manual la carrera de la bomba, hasta obtener la densidad establecida en la fase.</p> <p>Se desconoce el motivo y/o las razones o argumentos técnicos, por el cual se establece el nuevo caudal para la regeneración.</p> <p>Esta forma operativa no define las cantidades de soluto (NaOH) para esta fase, lo que tiene como consecuencia consumos variables de la cantidad de éste cada vez que se realiza la regeneración, en contra partida al proceso original, en el cual si se determina la cantidad de soluto para la fase, la cual debe ser fija según la literatura del diseño original.</p> <p>Se han revisado los consumos durante 10 meses del año 2015, en los cuales se observa variaciones desde 400kg hasta 1100kg, cuando la referencia del diseño original es de 145.6 kg por fase.</p> <p>Actualmente, se mide la densidad de la solución regeneradora en cada etapa, debido a que no se tiene una cantidad establecida de regenerante (NaOH), tal cual lo indican los manuales de diseño.</p> <p>La planta de producción de agua</p>	<p>de concentración que se requiere en la fase. Por esta razón se ha determinado que la carrera de la bomba debe permanecer fija, en función del nuevo caudal establecido.</p> <p>En función que, no se ofrecieron cabalmente las razones y/o argumentos técnicos sobre el nuevo caudal establecido, se decide mantener el caudal, tomando en cuenta que si en su momento se define esta situación, simplemente se setea el nuevo caudal lo cual es una operación sencilla.</p> <p>Dado que al asegurar los caudales de soluto (NaOH) y de soluble (H₂O), no es necesario controlar la densidad establecida en esta fase.</p> <p>Al contar con este densímetro en campo, se decide mantener la densidad como una variable de monitoreo, esperando que en su momento sea instalado apropiadamente.</p> <p>Al no conocer de un análisis previo, sobre los efectos y consecuencias de la regeneración sin vapor, se decide</p>
---	---	--	--	--

<p>Para mantener la temperatura en el rango referido se debe maniobrar la válvula de entrada de vapor FV01.</p> <p>La solución regeneradora ingresa al filtro anionico por la línea de regeneración pasando por la válvula FV19A/B y es distribuida homogéneamente, de tal forma que atraviesa la resina para quitar los iones de sulfato, bicarbonato y cloruro retenidos en el proceso de producción y enviarlos por el drenaje a través de la válvula FV18A/B.</p> <p>Al finalizar la fase II, de manera automática las válvulas FV18A/B y FV19A/B se cierran y queda fuera de servicio la bomba MKP5 o MKP6. Luego, se da paso para iniciar la fase III.</p>	<p>En ocasiones, cuando la Central Esmeraldas I está fuera de servicio y es necesario entregar agua desmineralizada a Central Esmeraldas II, la solución regeneradora para regenerar los filtros anionicos se la realiza sin vapor.</p> <p>Se tiene instalado un densímetro electrónico con la finalidad de que en línea se monitoreen esta densidad, cuyo valor es enviado al HMI, pero desde su instalación no funciona para el propósito requerido.</p>		<p>desmineralizada fue diseñada para abastecer a Central Térmica Esmeraldas I, pero actualmente también abastece a Térmica Esmeraldas II, razón por la que en ocasiones es necesario regenerar los filtros sin vapor. Cuando los filtros anionicos son regenerados con vapor, según la literatura del diseño original, este ayuda a que la sílice salga mejor y más rápido de la resina.</p> <p>De la investigación realizada, se determinó que el densímetro está mal instalado, es decir, no está de acuerdo a las instrucciones de instalación y uso indicadas por el fabricante.</p>	<p>mantener la regeneración tanto con vapor y sin vapor.</p>
FASE III: LAVADO DE REGENERACIÓN.				
DISEÑO ORIGINAL	FUNCIONAMIENTO ACTUAL	VARIABLE	OBSERVACIONES	MEJORAS.

<p>Después que termina la fase II, da consenso a la fase III, activando de esta manera la apertura de las válvulas, FV13A/B, FV18A/B, FV19A/B y FV34.</p> <p>Seguidamente, se activa un temporizador ON DELAY por 30 minutos y la válvula FCV02A/B regula el caudal a 3.5m3/h, iniciando la fase 3.</p> <p>Una vez, que el flujo de agua descarbonatada y el vapor llegan al diluidor, estos se mezclan y salen del mismo a una temperatura 42-45°C. La mezcla agua-vapor sigue su recorrido por la línea de regeneración hasta ingresar al filtro por la FV 19A/B y sale por la válvula FV18A/B al drenaje.</p> <p>Al finalizar la fase II se cierran las válvulas, dando consenso para la siguiente fase.</p>	<p>Se mantiene el mismo proceso con la diferencia que el caudal establecido es de 5.3m3/h en lugar del diseño original que era de 3.5m3/h.</p>	<p>Temperatura caudal</p>	<p>Se desconoce el motivo y/o las razones o argumentos técnicos, por el cual se establece el nuevo caudal para la regeneración.</p>	<p>En función que, no se ofrecieron cabalmente las razones y/o argumentos técnicos sobre el nuevo caudal establecido, se decide mantener el caudal, tomando en cuenta que si en su momento se define esta situación, simplemente se setea el nuevo caudal lo cual es una operación sencilla.</p>
---	--	---------------------------	---	--

FASE IV: LAVADO FINAL.

DISEÑO ORIGINAL	FUNCIONAMIENTO ACTUAL	VARIABLE	OBSERVACIONES	MEJORAS.
<p>Una vez que termina la fase III, da consenso a la fase IV, activando de esta manera la apertura de las válvulas FV-14A/B, FV-18A/B.</p> <p>Seguidamente, se activa un temporizador ON DELAY por 60 minutos y la válvula de control FCV02A/B regula el caudal de agua a 18m3/h, iniciando la fase.</p>	<p>Se mantienen las mismas acciones.</p>	<p>Caudal</p>	<p>No se tiene observaciones por el momento.</p>	<p>Se mantienen las mismas acciones, debido a que son propias del proceso.</p>

<p>Al mismo instante, el caudal de agua ingresa al filtro por la válvula FV14A/B y sale por la válvula FV18A/B al drenaje.</p> <p>Con el fin de la fase IV, se termina la regeneración del filtro anionico y se activa la memoria de filtros T3/T4 regenerado.</p>				
--	--	--	--	--

REGENERACIÓN LECHO MIXTO.

BOMBAS

DISEÑO ORIGINAL	FUNCIONAMIENTO ACTUAL	VARIABLE	OBSERVACIONES	MEJORAS.
<p>Inicialmente las bombas denominadas de agua descarbonatada MK-P9/P10, se ponen en servicio de forma manual antes de iniciar el proceso de regeneración.</p>	<p>Actualmente, las bombas denominadas de agua descarbonatada MKP9 y MKP10, se ponen en servicio de manera automática cuando inicia la fase I.</p>			
<p>Para la regeneración del filtro mixto se utiliza agua desmineralizada y se deben cumplir las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Que el filtro mixto T5 este fuera de servicio de producción. • Que el filtro T5 aún no se haya regenerado. • Que no se tenga un bloqueo de baja presión de agua desmineralizada. • Que la conductividad sea mayor a 0.25uS/cm. • Que la sílice sea mayor a 0.02ppm • Que la electro válvula FV 06 este abierta. • Que no se tenga bloqueo de emergencia. 	<p>No se ha podido verificar si las condiciones del procedimiento original se mantienen.</p>		<p>Solo se conoce las condiciones del diseño original y las dadas por el operador, debido a que no se tiene acceso al algoritmo de control.</p>	<p>Es necesario mantener las mismas condiciones del diseño original, debido a que son importantes para el proceso de regeneración.</p>

<p>Una vez cumplidas las condiciones se presiona el pulsador PBI, que da inicio al proceso de regeneración, dando consentimiento en automático desde la fase I a la VII.</p>				
<p>FASE I: LAVADO CONTRACORRIENTE.</p>				
DISEÑO ORIGINAL	FUNCIONAMIENTO ACTUAL	VARIABLE	OBSERVACIONES	MEJORAS.
<p>Con el cumplimiento de las condiciones anteriores, se da apertura de las válvulas FV20A/B, FV23A/B, FV24A/B y la puesta en servicio de la bomba MKP9/P10.</p> <p>El caudal de agua desmineralizada es regulado a 3m3/h por la válvula de control FCV04, e ingresa al filtro por la válvula FV23A/B y sale por la válvula FV-24A/B durante 20 minutos.</p> <p>Finalizada la fase I, automáticamente las válvulas se cierran, dando consenso a la siguiente fase.</p>	<p>Se mantienen las mismas acciones.</p>	<p>Caudal</p>		<p>Se mantiene las mismas acciones, debido que son propias del proceso.</p>
<p>FASE II: REGENERACIÓN CON SOSA CAUSTICA (NAOH).</p>				
DISEÑO ORIGINAL	FUNCIONAMIENTO ACTUAL	VARIABLE	OBSERVACIONES	MEJORAS.
<p>Antes de terminar la fase I, el operador abre la válvula manual FV01 de entrada de vapor al diluidor y drena el condensado entrampado.</p> <p>Una vez que termina la fase I y se ha drenado el vapor condensado, se activa la apertura de las válvulas FV27A/B, FV29A/B, FV32, FV34.</p>	<p>Se mantiene el mismo proceso.</p>	<p>Caudal</p> <p>Temperatura</p>		

<p>Posteriormente, las bombas dosificadoras de sosa caústica MKP5 o MKP6 (una a la vez según preselección) con carrera fija de 37.6%, inicia su puesta en servicio.</p> <p>Luego, se activa un temporizador ON DELAY por 25 minutos y la válvula FCV04 regula el caudal a 2.7m³/h, iniciando la fase 2.</p> <p>Una vez, que el flujo de sosa caustica (soluto), el flujo de agua descarbonatada (soluble) y el vapor llegan al diluidor, estos se mezclan formando la solución regeneradora al 4% de concentración a una temperatura entre 42-45°C.</p> <p>Para mantener la temperatura en el rango referido se debe maniobrar la válvula de entrada de vapor FV01.</p> <p>La solución regeneradora ingresa al filtro anionico por la línea de regeneración pasando por la válvula FV27A/B y es distribuida homogéneamente, de tal forma</p>	<p>Las bombas dosificadoras de sosa caústica no tienen un porcentaje de carrera fija definido.</p> <p>Desde el inicio de la fase II, se realiza la medición en campo de densidad de la solución regeneradora de forma manual (densímetro analógico), hasta que se logra obtener la densidad establecida.</p> <p>Para lograr obtener la densidad establecida, el operador mueve la carrera de la bomba de dosificación de sosa caústica, en función del dato de densidad que obtiene hasta lograr la establecida.</p> <p>Las densidad establecida para esta fase es:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fase II: densidad de 1.042kg/l con 5.3m³/h. <p>En ocasiones, cuando la Central Esmeraldas I está fuera de servicio y es necesario entregar agua desmineralizada a Central Esmeraldas II, la solución regeneradora para regenerar los filtros anionicos se la realiza sin vapor.</p>		<p>Observación hecha en la fase 2 de regeneración anionica.</p> <p>Observación mencionada en la fase II de regeneración anionica.</p> <p>Observación mencionada en la fase II de regeneración del filtro anionico.</p>	<p>Mejora mencionada en la fase II de regeneración anionica.</p> <p>Mejora mencionada en la fase II de regeneración anionica.</p> <p>Mejora mencionada en la fase II de regeneración anionica.</p>
---	--	--	--	--

<p>que atraviesa la resina para quitar los iones de sulfato, bicarbonato y cloruro retenidos en el proceso de producción y enviarlos por el drenaje a través de la válvula FV29A/B.</p> <p>Al finalizar la fase dos, las válvulas se cierran y queda fuera de servicio la bomba MKP5 o MKP6, y se da paso para iniciar la fase III.</p>	<p>Se tiene instalado un densímetro electrónico con la finalidad de que en línea se monitoreen esta densidad, cuyo valor es enviado al HMI, pero desde su instalación no funciona para el propósito requerido.</p>		<p>Observación mencionada en la fase II de regeneración del filtro anionico.</p>	<p>Mejora mencionada en la fase II de regeneración anionica.</p>
---	---	--	--	--

FASE III: LAVADO DE REGENERACIÓN.

DISEÑO ORIGINAL	FUNCIONAMIENTO ACTUAL	VARIABLES	OBSERVACIONES	MEJORAS.
<p>Una vez que termina la fase III, se da consenso al inicio de la fase IV, activando la apertura de las válvulas FV27A/B, FV29A/B, FV32, FV34.</p> <p>Seguidamente, se activa un temporizador ON DELAY por 40 minutos y la válvula FCV04 regula el caudal a 2.7m3/h, iniciando la fase 3.</p> <p>Una vez, que el caudal de agua desmineralizada y el vapor llegan al diluidor, estos se mezclan y salen del mismo a una temperatura 42-45°C.</p> <p>La mezcla agua-vapor sigue su recorrido por la línea de regeneración hasta ingresar al filtro por la FV 27A/B y sale por la</p>	<p>Se mantienen las mismas acciones.</p>	<p>Temperatura caudal</p>	<p>No se tiene observaciones por el momento.</p>	<p>Se mantiene las mismas acciones, debido que son propias del proceso.</p>

válvula FV29A/B al drenaje.				
Al finalizar la fase III, automáticamente se cierran las válvulas FV27A/B, FV29A/B, FV32, FV34, dando consenso para la siguiente fase.				
FASE IV: LAVADO FINAL				
DISEÑO ORIGINAL	FUNCIONAMIENTO ACTUAL	VARIABLE	OBSERVACIONES	
<p>Una vez que termina la fase III, se da consenso al inicio de la fase IV, activando la apertura de las válvulas FV20A/B, FV21A/B, FV25A/B.</p> <p>Seguidamente, se activa un temporizador ON DELAY por 60 minutos y la válvula FCV04 regula el caudal a 5.3m³/h, iniciando la fase.</p> <p>Al mismo instante, el caudal de agua desmineralizada ingresa al filtro por la válvula FV21A/B y sale por la válvula FV25A/B al drenaje.</p> <p>Con el fin de la fase IV, automáticamente se cierran las válvulas FV20A/B, FV21A/B, FV25A/B, dando consenso para la siguiente fase.</p>	Se mantienen las mismas acciones.	Caudal		Se mantiene las mismas acciones, debido que son propias del proceso.
FASE V: REGENERACIÓN CATIONICA.				
DISEÑO ORIGINAL	FUNCIONAMIENTO ACTUAL	VARIABLE	OBSERVACIONES	MEJORAS.
Una vez que termina la fase IV, se da consenso a la fase V, activando la apertura de las válvulas FV25A/B, FV28A/B, FV 33.	Se mantienen las mismas acciones			
	Las bombas dosificadoras de ácido		Observación mencionada en la fase II de	Acción de mejora mencionada en la

<p>Posteriormente, las bombas dosificadoras de ácido sulfúrico MKP11 y MKP12 (una a la vez según preselección) de carrera fija a 86.8%, se ponen en servicio, Luego, se activa un temporizador ON DELAY por 20 minutos y la válvula FCV04 regula el caudal a 4.8m³/h, iniciando la fase.</p> <p>Una vez teniendo flujo de ácido sulfúrico (soluto) y de agua (soluble) hacia el diluidor, estas se mezclan formando la solución regeneradora al 1% de concentración.</p> <p>La solución regeneradora ingresa al filtro catiónico por la línea de regeneración pasando por la válvula FV28A/B y es distribuida homogéneamente, de tal forma que atraviesa la resina para quitar las partículas (iones positivos) de magnesio (Mg), potasio (K) y calcio (Ca) retenidos en el proceso de producción y enviarlos por el drenaje a través de la válvula FV25A/B.</p>	<p>sulfúrico no tienen un porcentaje de carrera fija definido.</p> <p>Desde el inicio de cada una de las etapas de la fase II, se realiza la medición en campo de densidad de la solución regeneradora de forma manual (densímetro analógico), hasta que se logra obtener la densidad establecida.</p> <p>Para lograr obtener la densidad establecida, el operador mueve la carrera de la bomba de dosificación de ácido sulfúrico, en función del dato de densidad que obtiene hasta lograr la establecida.</p> <p>Las densidades establecidas para esta fase es:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fase II: densidad de 1.025 kg/l. <p>Se tiene instalado un densímetro electrónico con la finalidad de que en línea se monitoreen estas densidades, cuyos valores son enviados al HMI, pero desde su instalación no funcionan para el propósito requerido.</p>	<p>Densidad de mezcla agua-ácido. Caudal.</p>	<p>regeneración catiónica.</p> <p>Observación mencionada en la fase II de regeneración catiónica.</p> <p>Observación mencionada en la fase II de regeneración catiónica.</p>	<p>fase II de regeneración anionica.</p> <p>Acción de mejora mencionada en la fase II de regeneración anionica.</p> <p>Acción de mejora mencionada en la fase II de regeneración anionica.</p>
---	---	---	--	--

<p>Al finalizar la fase V, automáticamente las válvulas FV25A/B, FV28A/B y FV33 se cierran y queda fuera de servicio la bomba MKP11 o MKP12. Luego, se da paso para iniciar la fase VI.</p>				
---	--	--	--	--

FASE VI: LAVADO DE REGENERACIÓN.

DISEÑO ORIGINAL	FUNCIONAMIENTO ACTUAL	VARIABLE	OBSERVACIONES	MEJORAS.
<p>Una vez que termina la fase V, se da consenso a la fase VI, activando la apertura de las válvulas FV25A/B, FV28A/B y FV33.</p> <p>Seguidamente, se activa un temporizador ON DELAY por 30 minutos y la válvula FCV04 regula el caudal a 4.8m³/h, iniciando la fase tres.</p> <p>En ese mismo instante, el caudal de agua filtrada ingresa al diluidor, por medio de la válvula FV33 y sigue su recorrida por la línea de regeneración hasta ingresar al filtro por la FV 28A/B y sale por la válvula FV25A/B al drenaje.</p> <p>Al finalizar la fase VI, se cierran las válvulas FV25A/B, FV28A/B y FV33, dando consenso para la siguiente fase.</p>	<p>Se mantienen las mismas acciones pero son controladas internamente por un PLC, acciones visualizadas en una pantalla HMI</p>	<p>Caudal</p>		<p>Se mantiene las mismas acciones, debido que son propias del proceso.</p>

FASE VII: LAVADO FINAL.

DISEÑO ORIGINAL	FUNCIONAMIENTO ACTUAL	VARIABLE	OBSERVACIONES	MEJORAS.
<p>Con el consenso de la fase VII, se da apertura automática de las válvulas</p>	<p>Se mantienen las mismas acciones.</p>	<p>Caudal.</p>		<p>Se mantiene las mismas acciones, debido que son propias del proceso.</p>

<p>FV20A/B, FV 21A/B, FV 25A/B.</p> <p>El caudal de agua desmineralizada es regulado a 4m3/h por la válvula de control FCV04 e ingresa al filtro por la válvula FV21A y sale por la FV 25A durante 60 minutos.</p> <p>Al finalizar la fase VII, se cierran las válvulas FV20A/B, FV 21A/B, FV 25A/B y se da consenso para la siguiente fase.</p>				
FASE VIII: DISMINUCIÓN DE NIVEL.				
<p>DISEÑO ORIGINAL</p> <p>Con el consenso de la fase VII, se da apertura automática de las válvulas FV 25A/B y FV 26A/B por 10 minutos.</p> <p>Al finalizar la fase VIII, se cierran las válvulas FV 25A/B, FV 26A/B y se da consenso para la siguiente fase.</p>	<p>FUNCIONAMIENTO ACTUAL</p> <p>Se mantienen las mismas acciones.</p>	<p>VARIABLE</p> <p>Nivel</p>	<p>OBSERVACIONES</p>	<p>MEJORAS.</p> <p>Se mantiene las mismas acciones, debido que son propias del proceso.</p>
FASE IX: MEZCLA RESINA.				
<p>DISEÑO ORIGINAL</p> <p>Con el consenso de la fase VIII se da apertura automática de las válvulas, FV 26A/B, FV 30A/B por 15 minutos.</p> <p>Al terminar la fase IX, automáticamente se cierran las válvulas FV26A/B, FV30A/B y se activa la memoria del filtro T5/T6 regenerado.</p>	<p>FUNCIONAMIENTO ACTUAL</p> <p>Se mantienen las mismas acciones.</p>	<p>VARIABLE</p> <p>Presión</p>	<p>OBSERVACIONES</p>	<p>MEJORAS.</p> <p>Se mantiene las mismas acciones, debido que son propias del proceso.</p>
FASE X: MEZCLA RESINA.				
<p>DISEÑO ORIGINAL</p> <p>Con el consenso de la fase IX se da apertura automática de las válvulas, FV 26A/B, FV</p>	<p>FUNCIONAMIENTO ACTUAL</p> <p>Se mantienen las mismas acciones.</p>	<p>VARIABLE</p> <p>Presión</p>	<p>OBSERVACIONES</p>	<p>MEJORAS.</p> <p>Se mantiene las mismas acciones, debido que son propias del proceso.</p>

<p>30A/B por 15 minutos.</p> <p>Al terminar la fase IX, automáticamente se cierran las válvulas FV26A/B, FV30A/B y se activa la memoria del filtro T5/T6 regenerado.</p>				
FASE X: LLENADO DEL FILTRO				
DISEÑO ORIGINAL	FUNCIONAMIENTO ACTUAL	VARIABLE	OBSERVACIONES	MEJORAS.
<p>Con el consenso de la fase IX se da apertura automática de las válvulas, FV 26A/B, FV 30A/B por 25 minutos.</p> <p>Al terminar la fase IX, automáticamente se cierran las válvulas FV26A/B, FV30A/B y se activa la memoria del filtro T5/T6 regenerado.</p>	Se mantienen las mismas acciones.	Presión		Se mantiene las mismas acciones, debido que son propias del proceso.

ANEXO 2: SENSORES Y ACTUADORES DE LA PLANTA DE AGUA DESMINERALIZADA

Sensores de campo Planta Agua Desmineralizada

N°	Dispositivo	Cant	Tag	Marca	Modelo	Serie	Señal	[V]	[mA]	T °C	P [PSI]	Flujo [m3/h]	Observación
1	Densímetros	2		micro			A		4-20				Mal instalados
2	Medidor de sílice	2		HACH	Series 5000		A						Desuso
3	Sensor de conductividad F.Anionico	2		ABB	Kent EIL 2000		A		4-20				
4	Sensor de conductividad F. Mixto	2		ABB	Stonehouse UK	3K220001 81128	A		4-20				
5	Sensor de temperatura	1	TT01	Endress + Hauser	TST262-0XX321B0	59007014	A	24DC	4-20	-40 TO 85			
6	Sensor de presión MKP1/P2	1	MK IPS18	UNITED ELECTRIC	J300		D	125AC			0 TO 100		
7	Sensor de presión MKP3/P4	1	MK-PS019	UNITED ELECTRIC	J300		D	125AC			0 TO 100		
8	Sensor de presión MKP9/10	1		UNITED ELECTRIC	J300		D	125AC			0 TO 100		
9	Sensor de presión	1		UNITED ELECTRIC	J300		D	125AC			0 TO 100		
10	Sensor de nivel Descarboxinador	2	LS01	JERGUSON	RS-2 PN A24305		D						
11	Transmisor de flujo	2	FT 01 A/B	Shanghai Yinuo Instrument Co.Ltd.	LZYN-0651CBY2S111B/ LZYN-0651CBY2S111B		A	220 VAC	4-20	-50 to 125		0 TO 50	
12	Transmisor de flujo	2	FT 34 A/B	Astra	totalizzatore		A		4-20				Dañado
13	Transmisor de flujo	1	FT 25 A	APPROVED	XIHX Series		A		4-20				Dañado
14	Transmisor de flujo	2	FT 02 A/B	Shanghai Yinuo	LZYN-0651CBY2S112B		A	220 VAC	4-20	-50 to 125		0 TO 50	
15	Transmisor de flujo	2	FT 36 A/B	Astra	totalizzatore		A		4-20				Dañado
16	Regulador de presión	60											
17	Trasmisor	2		YOKOHAMA	AXF040G		A		4-20				
18	Transmisor de flujo (regeneración)	2		Honeywell	STD924		A	24	4-20				
19	Trasmisor de nivel Descarbo.	1		BAILEY			A		4-20				
20	Transmisor flujo agua desmineralizada	1		Shanghai Yinuo Instrument Co.Ltd.	LZYN-0651CBY2S111B/ LZYN-0651CBY2S111B		A	220 VAC	4-20			0 TO 50	
21	Finales de carrera		EV 06	SQUARED	9007 BD-1		D	24DC					
22	Finales de carrera	4	EV 07 A/B	SQUARED	9007 BD-1		D	24DC					
23	Finales de carrera	4	EV 08 A/B	SQUARED	9007 BD-1		D	24DC					

N°	Dispositivo	Cant	Tag	Marca	Modelo	Serie	Señal	[V]	[mA]	T °C	P [PSI]	Flujo [m3/h]	Observación
24	Finales de carrera	4	EV 09 A/B	SQUARED	9007 BD-1		D	24DC					
25	Finales de carrera	4	EV 10 A/B	SQUARED	9007 BD-1		D	24DC					
26	Final de carrera	1	EV 11 A	SIEMENS			D	24DC					
27	Final de carrera	1	EV 11 A	SQUARED	9007 BD-1		D	24DC					
28	Finales de carrera	2	EV 11 B	SQUARED	9007 BD-1		D	24DC					
29	Finales de carrera	4	EV 12 A/B	SQUARED	9007 BD-1		D	24DC					
30	Finales de carrera	4	EV 13 A/B	SQUARED	9007 BD-1		D	24DC					
31	Finales de carrera	2	EV 14 A	SQUARED	9007 BD-1		D	24DC					
32	Finales de carrera	2	EV 14 B	TELEMECANIQUE	XCK-J		D	24DC					
33	Finales de carrera	4	EV 15 A/B	SQUARED	9007 BD-1		D	24DC					
34	Finales de carrera	2	EV 16 A	SQUARED	9007 BD-1		D	24DC					
35	Finales de carrera	2	EV 16 B	TELEMECANIQUE	XCK-J		D	24DC					
36	Finales de carrera	2	EV 17 A	SQUARED	9007 BD-1		D	24DC					
37	Finales de carrera	2	EV 17 B	TELEMECANIQUE	XCK-J		D	24DC					
38	Finales de carrera	2	EV 18 A	SQUARED	9007 BD-1		D	24DC					
39	Finales de carrera	2	EV 18 B	TELEMECANIQUE	XCK-J		D	24DC					
40	Finales de carrera	4	EV 19A/B	SQUARED	9007 BD-1		D	24DC					
41	Finales de carrera	4	EV 20 A/B	SQUARED	9007 BD-1		D	24DC					
42	Finales de carrera	2	EV 21 A	SQUARED	9007 BD-1		D	24DC					
43	Finales de carrera	2	EV 21B	TELEMECANIQUE	XCK-J		D	24DC					
44	Finales de carrera	4	EV 22 A/B	SQUARED	9007 BD-1		D	24DC					
45	Finales de carrera	2	EV 23 A	SQUARED	9007 BD-1		D	24DC					
46	Finales de carrera	2	EV 23 B	TELEMECANIQUE	XCK-J		D	24DC					
47	Finales de carrera	2	EV 24 A	SQUARED	9007 BD-1		D	24DC					
48	Finales de carrera	2	EV 24 B	TELEMECANIQUE	XCK-J		D	24DC					
49	Finales de carrera	2	EV 25 A	SQUARED	9007 BD-1		D	24DC					
50	Finales de carrera	2	EV 25 B	TELEMECANIQUE	XCK-J		D	24DC					
51	Finales de carrera	2	EV 26 A	SQUARED	9007 BD-1		D	24DC					
52	Finales de carrera	2	EV 26 B	TELEMACANICE	XCK-P118		D	24DC					
53	finales de carrera	4	EV 27 A/B	SQUARED	9007 BD-1		D	24DC					
54	Finales de carrera	2	EV 28 A	SQUARED SIEMENS	9007 BD-1		D	24DC					
55	Finales de carrera	2	EV 28 B	SQUARED	9007 BD-1		D	24DC					
56	Finales de carrera	4	EV 29 A/B	SQUARED	9007 BD-1		D	24DC					
57	Finales de carrera	4	EV 30 A/B	SQUARED	9007 BD-1		D	24DC					
58	Final de carrera	2	EV 34	TELEMECANIQUE	XCK-J		D	24DC					

NOTA:

A = SEÑAL ANALÓGICA

B = SEÑAL DIGITAL

A/B = TREN A/ TREN B

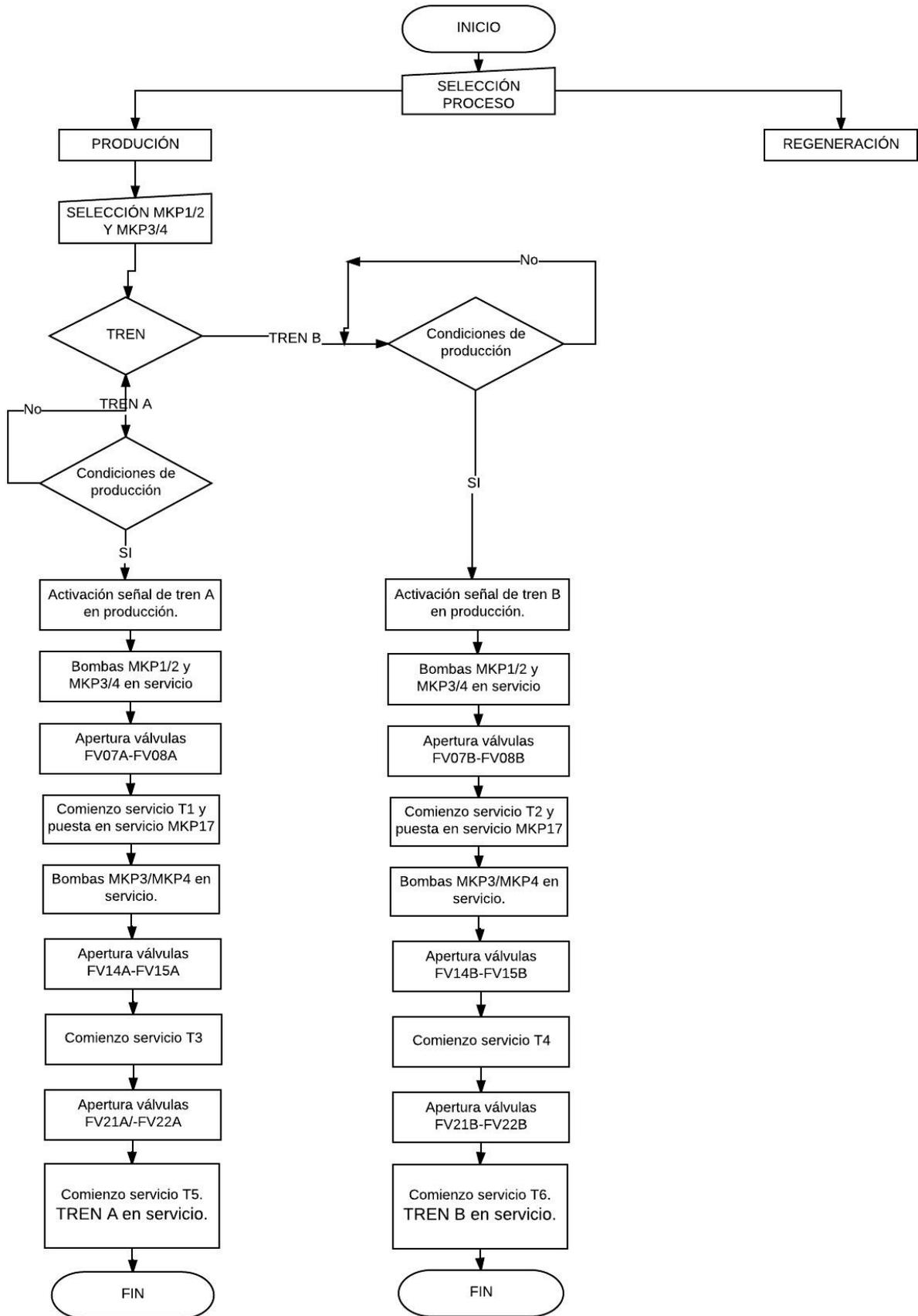
Actuador de campo Planta Agua Desmineralizada

Nº	Dispositivo	Cant	Tag	Marca	Modelo	Serie	Señal	[V]	[mA]	Presión [Kg/cm2]	Capacidad L/h
1	Bomba de agua filtrada	1	MK-P1	ABB			D				
2	Bomba Principal	1	MK-P2	ABB			D				
3	Bombas descarbonatador	1	MK P3	ABB			D				
4	Bombas descarbonatador	1	MK P4	ABB			D				
5	Bomba de agua desmineralizada	1	MK P9	ABB			D				
6	Bomba de agua desmineralizada	1	MK P10	ABB			D				
7	Bomba H2SO4	1	MK P11	MROY			D				159
8	Bomba H2SO4	1	MK P12	MROY			D				159
9	Bombas NaOH	1	MK P5	MROY			D				510
10	Bombas NaOH	1	MK P6	MROY			D				530
11	válvula manual	1	FV-06	ASCA	RED-HAT II		D			0 TO 4,2	
12	Electrovalvulas	2	FV-07 A/B	ASCA	RED-HAT II		D	125 DC		0 TO 4,2	
13	Electrovalvulas	2	FV-08 A/B	ASCA	RED-HAT II		D	125DC		0 TO 4,2	
14	Electrovalvulas	2	FV-09 A/B	ASCA	RED-HAT II		D	125DC		0 TO 4,2	
15	Electrovalvulas	2	FV-10 A/B	ASCA	RED-HAT II		D	125DC		0 TO 4,2	
16	Electrovalvulas	2	FV-11 A/B	ASCA	RED-HAT II		D	125DC		0 TO 4,2	
17	Electrovalvulas	2	FV-12 A/B	ASCA	RED-HAT II		D	125DC		0 TO 4,2	
18	Electrovalvulas	2	FV-13 A/B	ASCA	RED-HAT II		D	125DC		0 TO 4,2	
19	Electrovalvulas	2	FV-14 A/B	ASCA	RED-HAT II		D	125DC		0 TO 4,2	
20	Electrovalvulas	2	FV-15 A/B	ASCA	RED-HAT II		D	125DC		0 TO 4,2	
21	Electrovalvulas	2	FV-16 A/B	ASCA	RED-HAT II		D	125DC		0 TO 4,2	
22	Electrovalvulas	2	FV-17 A/B	ASCA	RED-HAT II		D	125DC		0 TO 4,2	
23	Electrovalvulas	2	FV 18 A/B	ASCA	RED-HAT II		D	125DC		0 TO 4,2	
24	Electrovalvulas	2	FV 19 A/B	ASCA	RED-HAT II		D	125DC		0 TO 4,2	
25	Electrovalvulas	2	FV 20 A/B	ASCA	RED-HAT II		D	125DC		0 TO 4,2	
26	Electrovalvulas	2	FV 21 A/B	ASCA	RED-HAT II		D	125DC		0 TO 4,2	
27	Electrovalvulas	2	FV 22 A/B	ASCA	RED-HAT II		D	125DC		0 TO 4,2	
28	Electrovalvulas	2	FV 23 A/B	ASCA	RED-HAT II		D	125DC		0 TO 4,2	
29	Electrovalvulas	2	FV 24 A/B	ASCA	RED-HAT II		D	125DC		0 TO 4,2	
30	Electrovalvulas	2	FV 25 A/B	ASCA	RED-HAT II		D	125DC		0 TO 4,2	
31	Electrovalvulas	2	FV 26 A/B	ASCA	RED-HAT II		D	125DC		0 TO 4,2	
32	Electrovalvulas	2	FV 27 A/B	ASCA	RED-HAT II		D	125DC		0 TO 4,2	
33	Electrovalvula	2	FV 28 A/B	ASCA	RED-HAT II		D	125DC		0 TO 4,2	
34	Electrovalvula	2	FV 29 A/B	ASCA	RED-HAT II		D	125DC		0 TO 4,2	
35	Electrovalvula	2	FV 30 A/B	ASCA	RED-HAT II		D	125DC		0 TO 4,2	

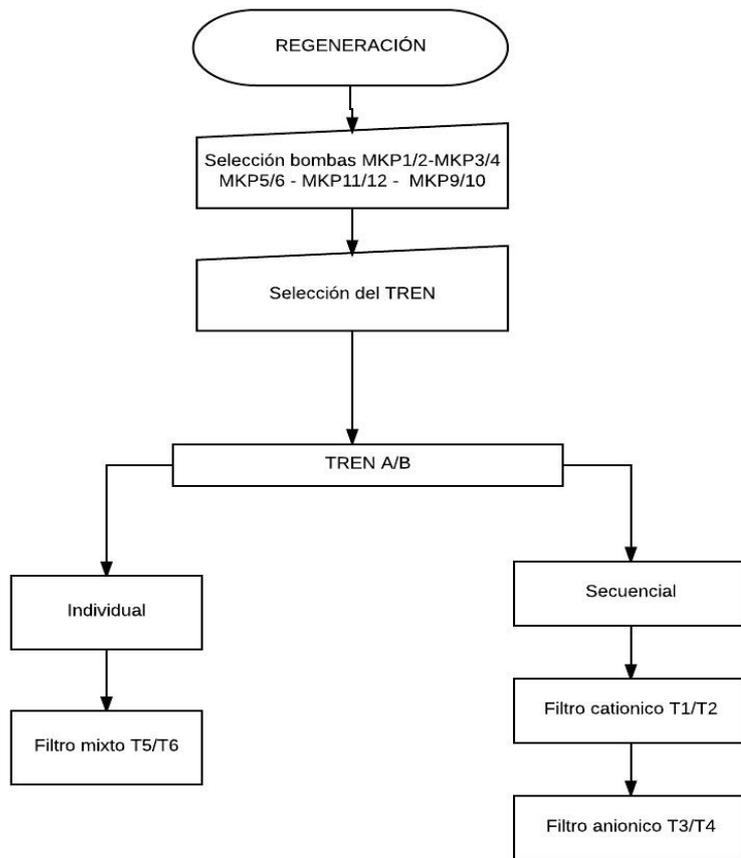
Nº	Dispositivo	Cant.	Tag	Marca	Modelo	Serie	Señal	[V]	[mA]	Presión [Kg/cm2]	
36	Válvula flujo motorizada	1	FV 31	ABZ VALVE & COTROL	ABZ 006	196108	D	120	0,65A		
37	Válvula flujo motorizada	1	FV 32	ABZ VALVE & COTROL	ABZ 006	196106	D	120	0,65A		
38	Válvula flujo motorizada	1	FV 33	ABZ VALVE & COTROL	ABZ 006	196109	D	120	0,65A		
39	Electrovalvula	1	FV 34				D				
40	Ventilador descarbonatador	1	MK P17				D				
41	Válvula reguladora de presión	1	PCV 09	IR ARO	651790-A3D-B	K008 002	D			200 PSI	
42	regulador de presión	1	PCV 08				D				
<p>NOTA: A = SEÑAL ANALÓGICA B = SEÑAL DIGITAL A/B = TREN A/ TREN B</p>											

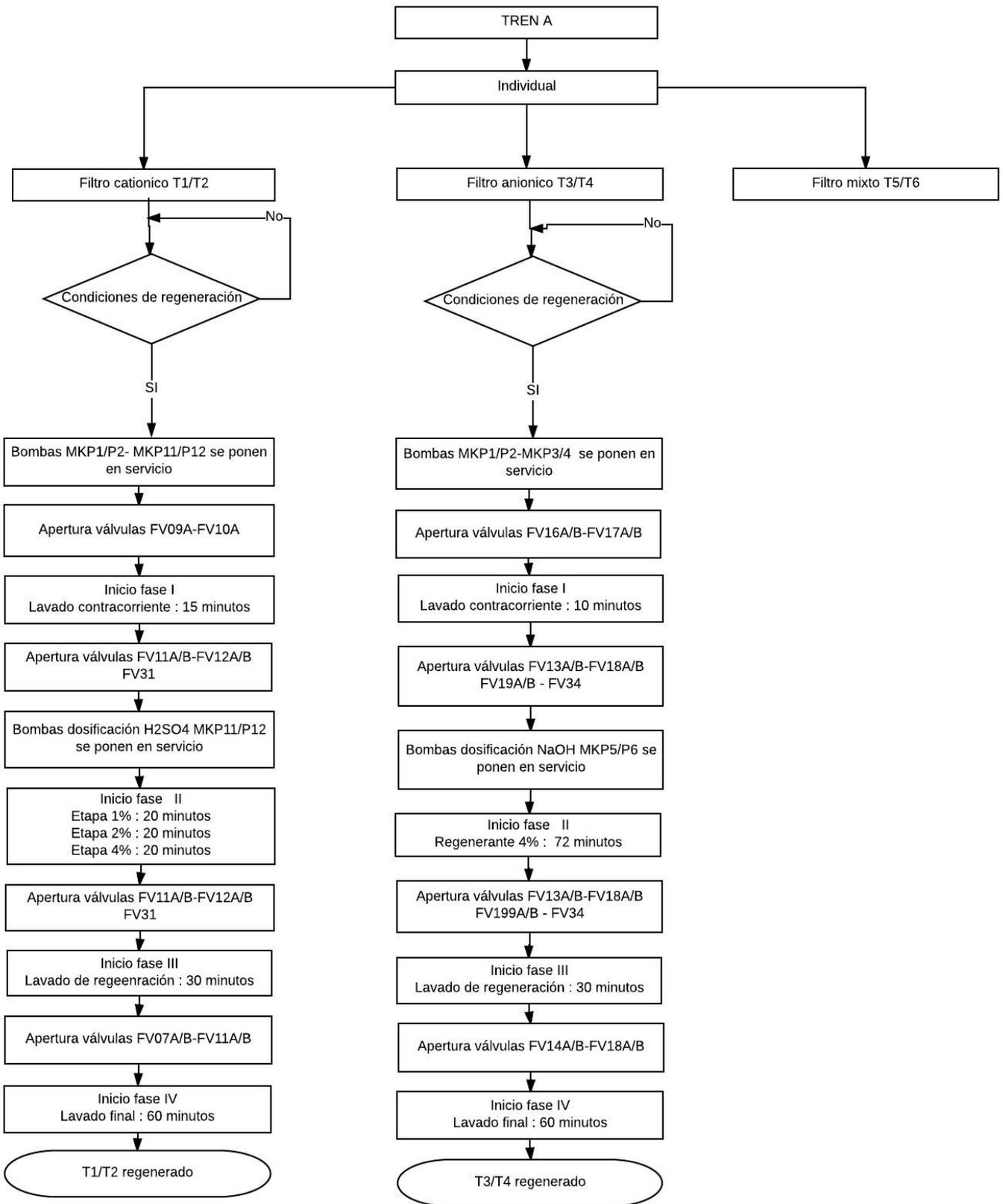
ANEXO 3: FLUJOGRAMA DEL CONTROL DE PROCESO DE PRODUCCIÓN Y REGENERACIÓN

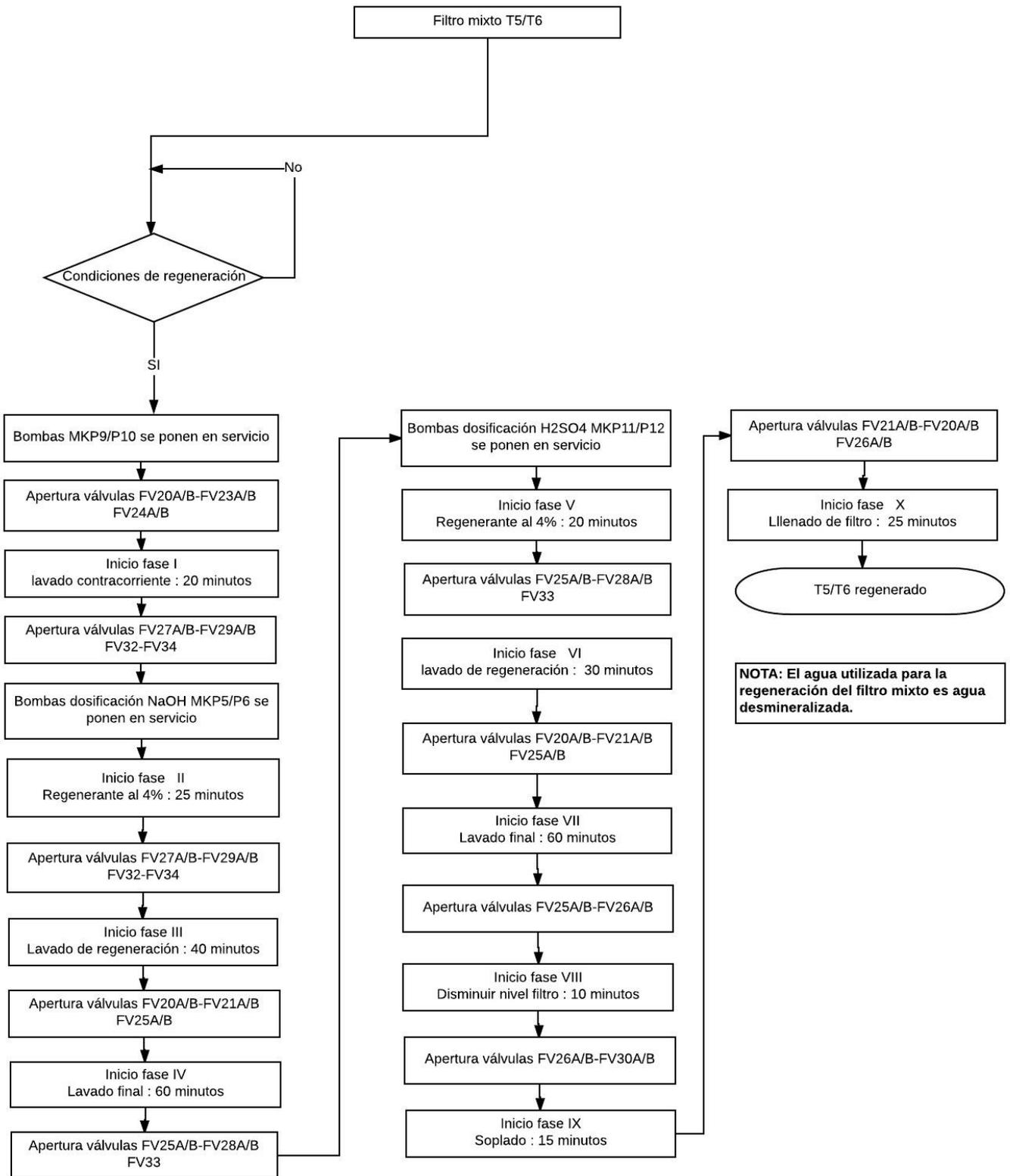
PROCESO DE PRODUCCIÓN.



PROCESO DE REGENERACIÓN







ANEXO 4: PLANOS FUNCIONALES Y PI&D

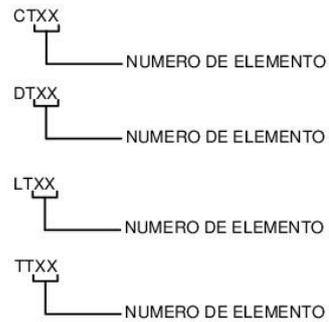
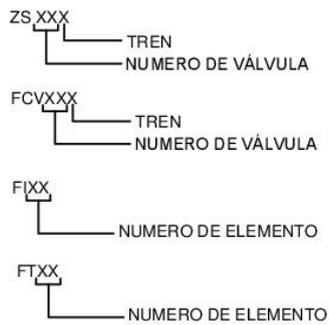
SÍMBOLOS GRÁFICOS

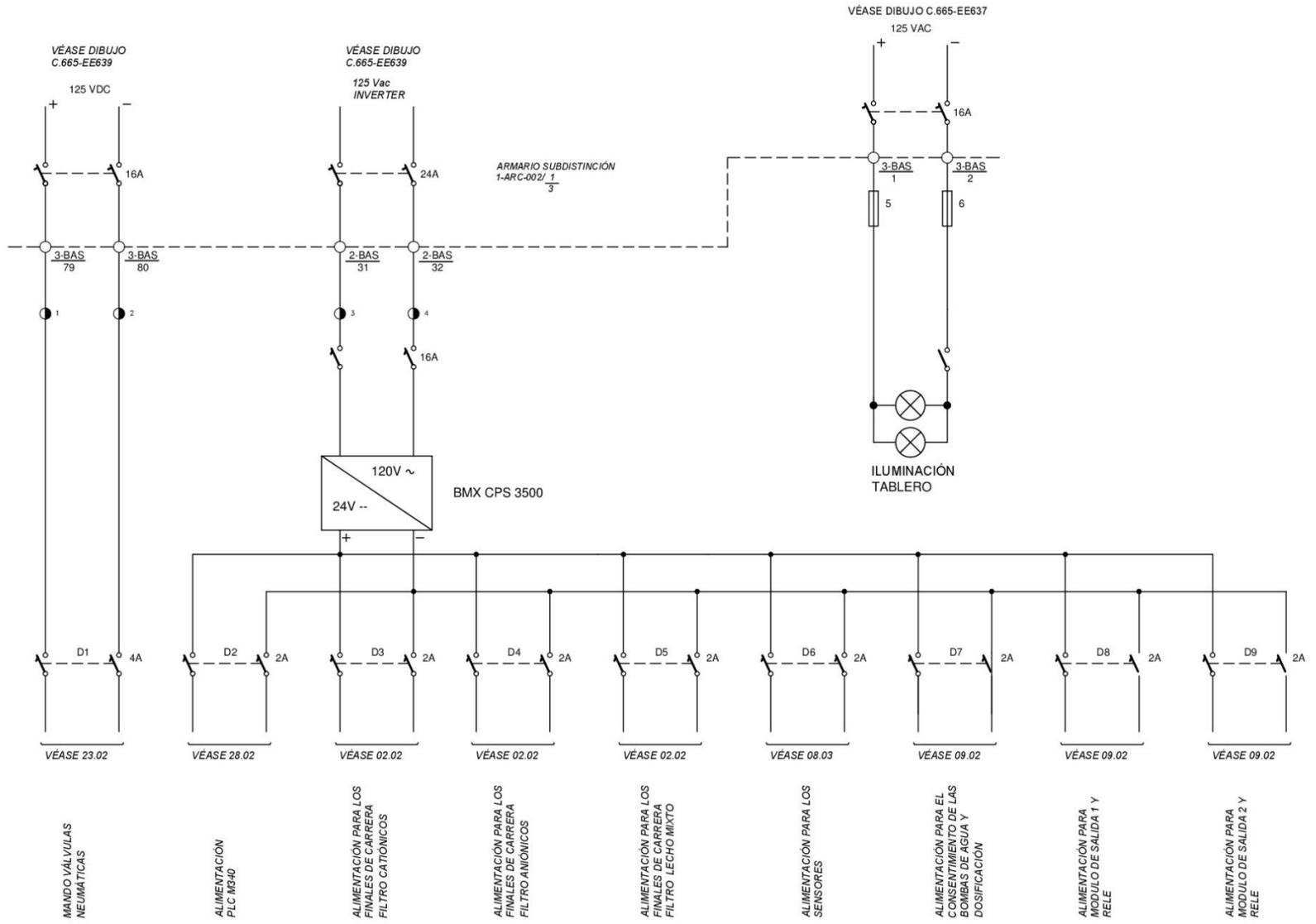
●	BORNE A IMPLEMENTAR TABLERO
●	BORNE CONEXIÓN CIRCUITO RELE
✕	BORNE CAJITA COLIGAMIENTO LOCAL
○	BORNE PLC
	FINAL DE CARRERA VÁLVULA CERRADA
	FINAL DE CARRERA VÁLVULA ABIERTA
	CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO
 	RELE
	VÁLVULA SOLENOIDE TRES VÍAS
	SEÑALIZACIÓN ACÚSTICA
	FUSIBLE



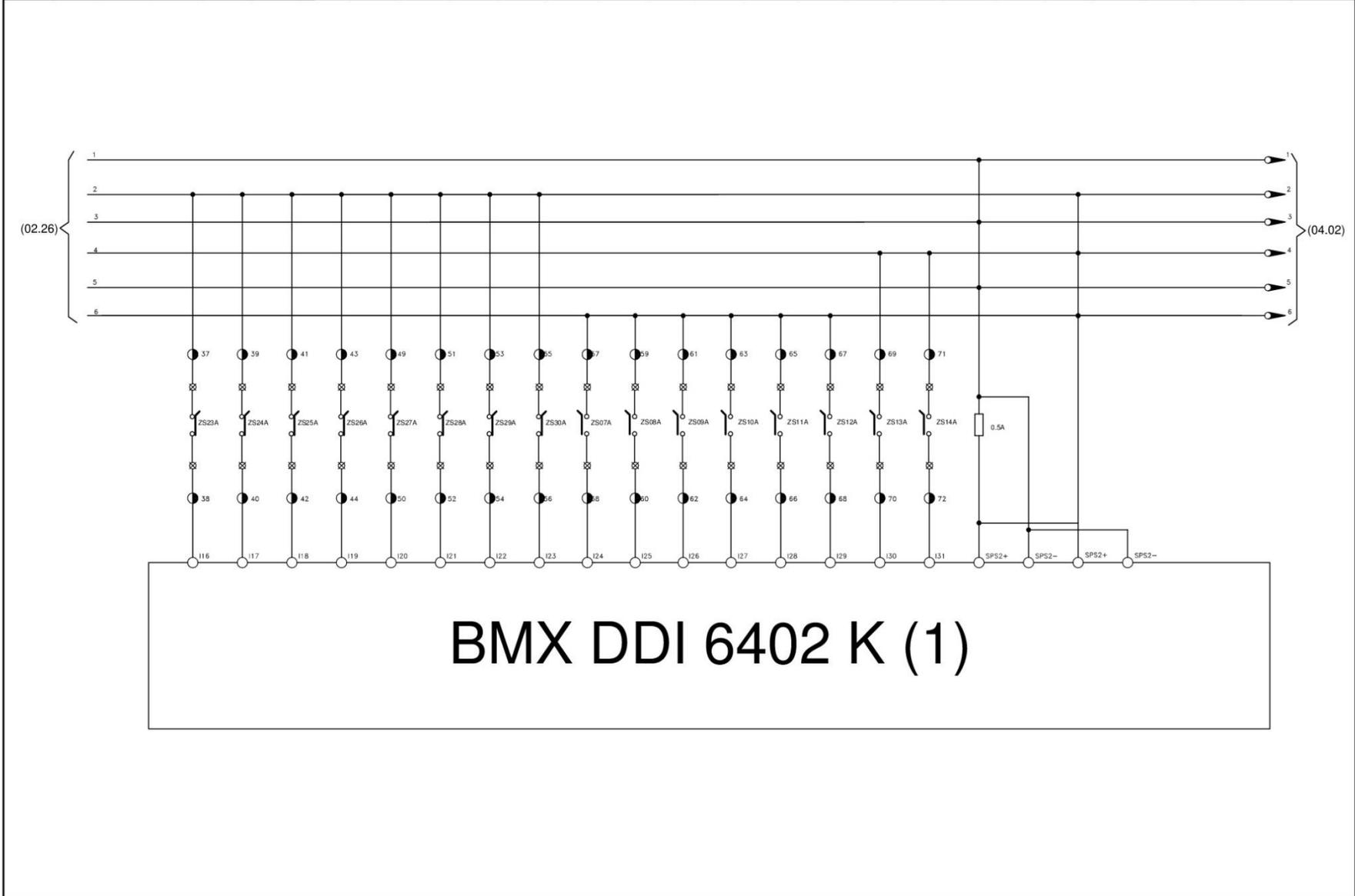
LEYENDA

A	TREN A
B	TREN B
ZS	FINAL DE CARRERA
FCV	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
LCV	VÁLVULA DE CONTROL DE NIVEL
FI	INDICADOR DE FLUJO
FT	TRANSMISOR DE FLUJO
XT	TRANSMISOR DE MASA
LT	TRANSMISOR DE NIVEL
CT	TRANSMISOR DE CONDUCTIVIDAD
DT	TRANSMISOR DE DENSIDAD
LT	TRANSMISOR DE NIVEL
TT	TRANSMISOR DE TEMPERATURA
BMX DDI	MODULO DE ENTRADA DIGITAL
BMX DDO	MODULO DE SALIDA DIGITAL
BMX AMI	MODULO DE ENTRADA ANALÓGICA
BMX AMO	MODULO DE SALIDA ANALÓGICA
BMX AMI	MODULO DE ENTRADA/SALIDA ANALÓGICA



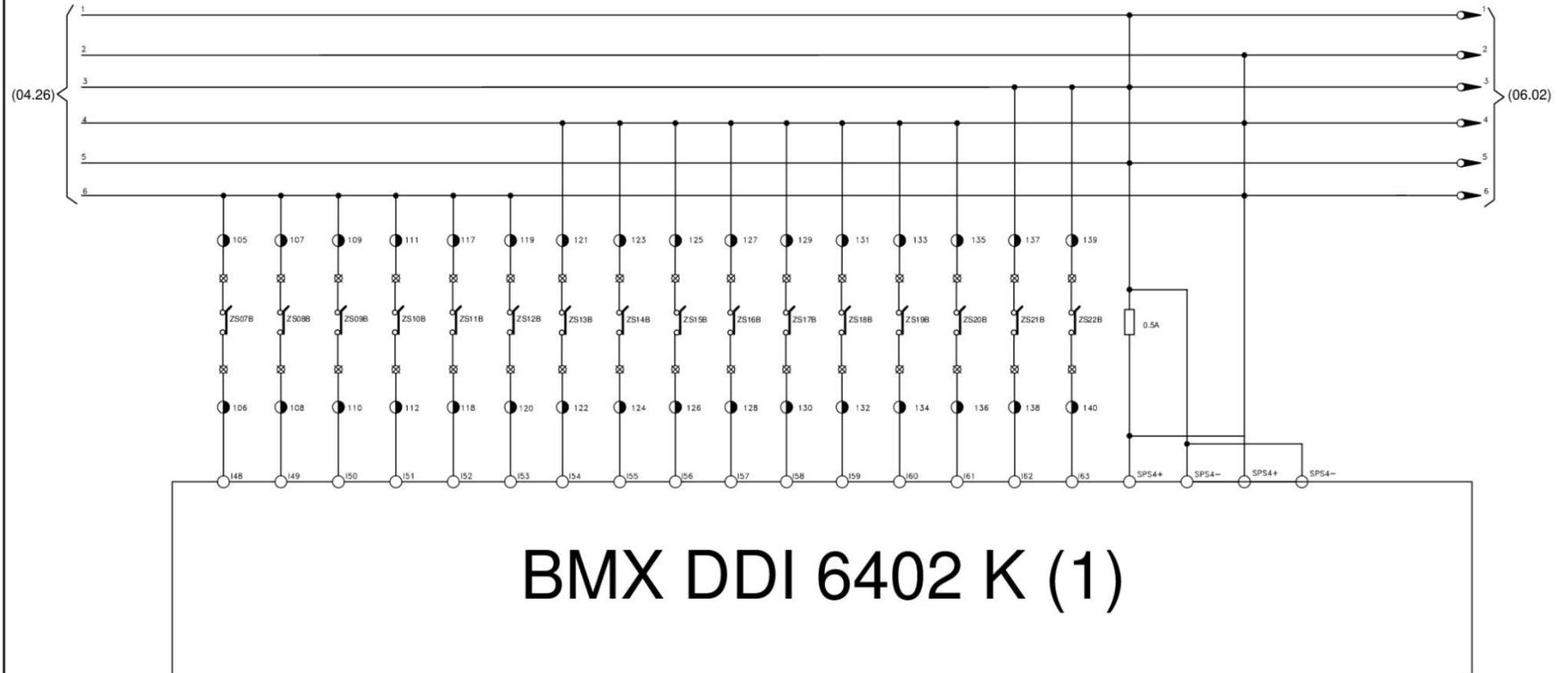


B			Contenido:	Diseño:	Revisión:	Esquema: CK-001	
A	REFERENTE DIBUJO C.665/SD618	01/03/2017	ALIMENTACIÓN SISTEMA DE CONTROL PARA LA PLATA DE AGUA DESMINERALIZADA	Dibujo: Guachamin C. - Paredes K.	Aprob:		
	Modificaciones	Fecha		Nombre	Local: TABLERO DE DESMINERALIZACIÓN	Hoja: 01	
						Sig: 02	



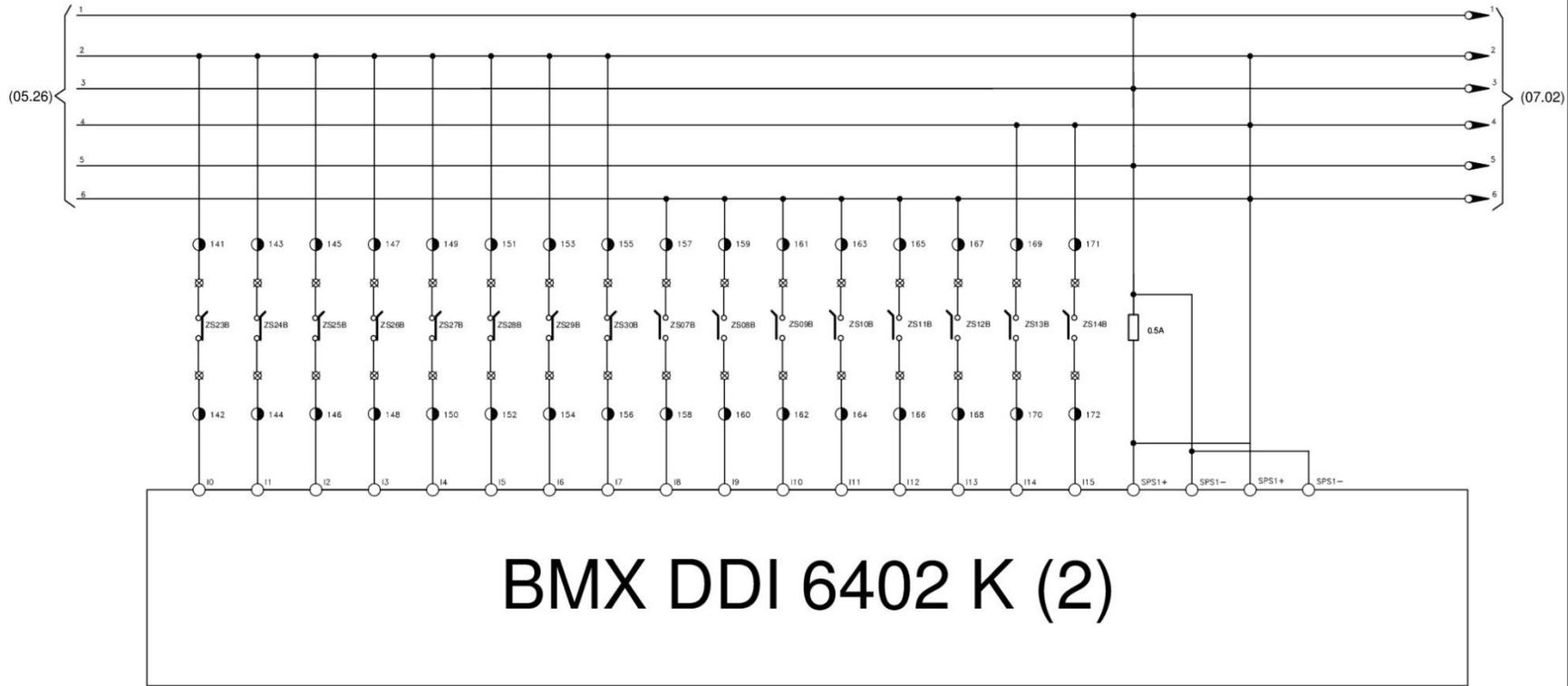
BMX DDI 6402 K (1)

B			Contenido: MODULO DE ENTRADAS DIGITALES SEÑALES DE FINALES DE CARRERA	Diseño:	Revisión:	Esquema: CK-001
A	REFERENTE DIBUJO C.665/SD600	01/03/2017		Dibujo: Guachamin C. - Paredes K.	Aprob:	
	Modificaciones	Fecha		Nombre	Local: TABLERO DE DESMINERALIZACIÓN	Hoja: 03 Sig: 04



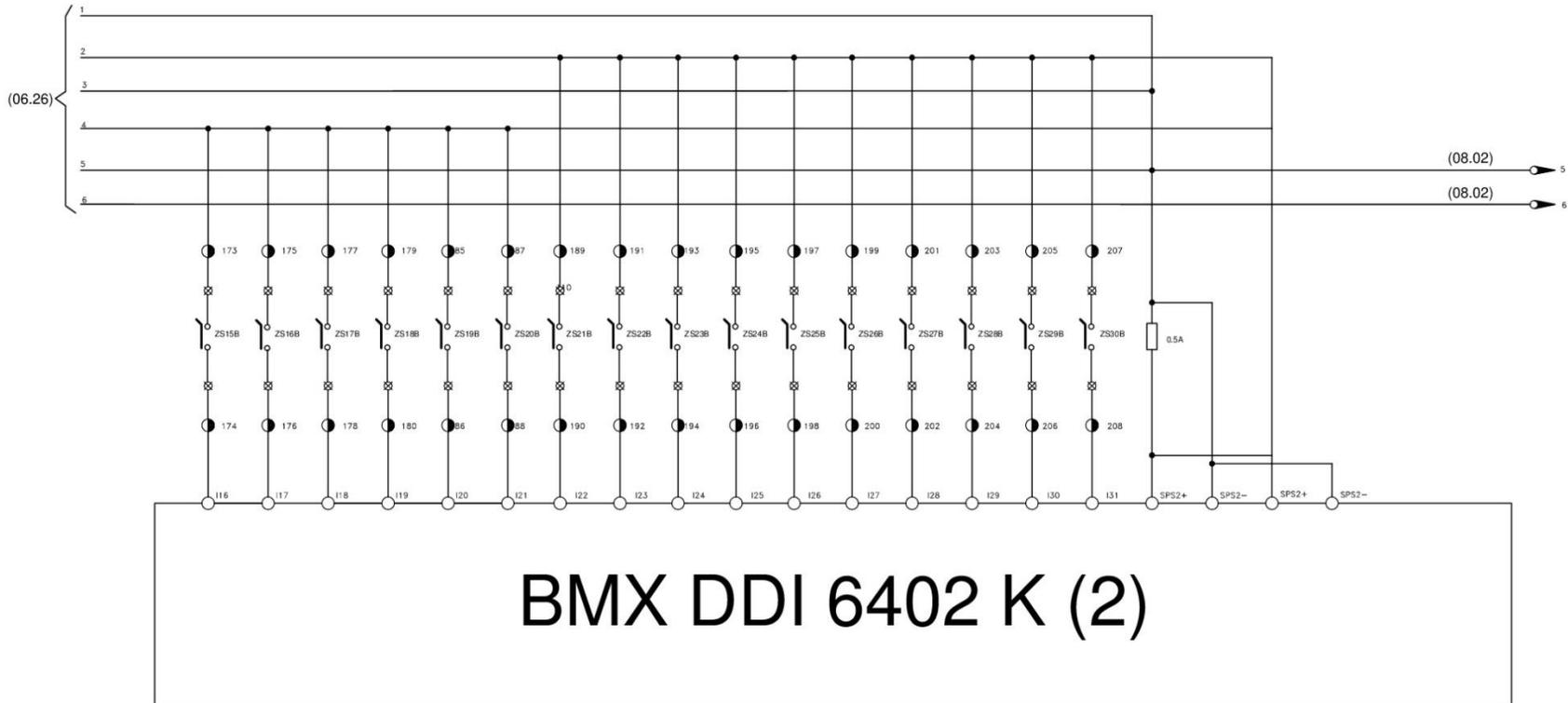
BMX DDI 6402 K (1)

B			Contenido: MODULO DE ENTRADAS DIGITALES SEÑALES DE FINALES DE CARRERA	Diseño:	Revisión:	Esquema: CK-001
A	REFERENTE DIBUJO C.665/SD600	01/03/2017		Dibujo: Guachamin C. - Paredes K.	Aprob:	
	Modificaciones	Fecha		Nombre	Local: TABLERO DE DESMINERALIZACIÓN	Hoja: 05 Sig: 06



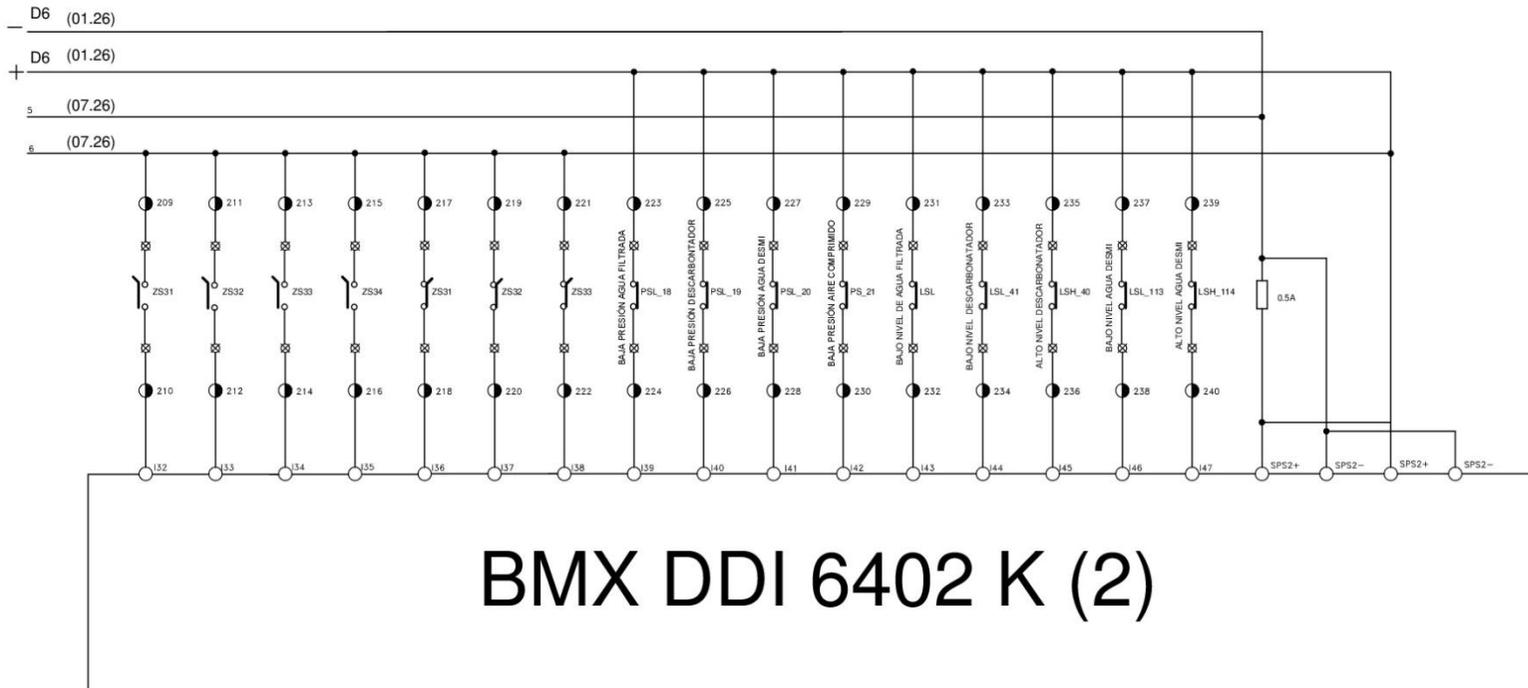
BMX DDI 6402 K (2)

B			Contenido: MODULO DE ENTRADAS DIGITALES SEÑALES DE FINALES DE CARRERA	Diseño:	Revisión:	Esquema: CK-001
A	REFERENTE DIBUJO C.665/SD600	01/03/2017		Dibujo: Guachamin C. - Paredes K.	Aprob:	
	Modificaciones	Fecha		Nombre	Local: TABLERO DE DESMINERALIZACIÓN	Hoja: 06 Sig: 07



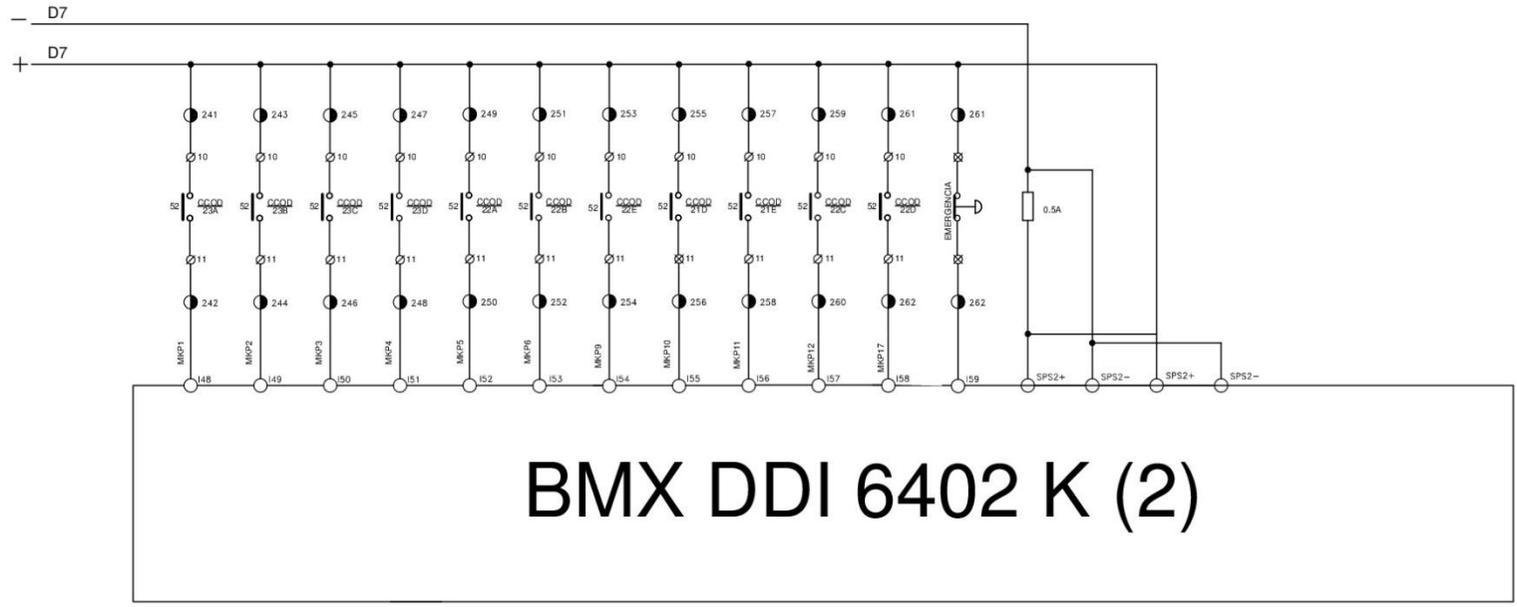
BMX DDI 6402 K (2)

B			Contenido: MODULO DE ENTRADAS DIGITALES SEÑALES DE FINALES DE CARRERA	Diseño:	Revisión:	Esquema: CK-001
A	REFERENTE DIBUJO C.665/SD600	01/03/2017		Dibujo: Guachamin C. - Paredes K.	Aprob:	
	Modificaciones	Fecha		Nombre	Local: TABLERO DE DESMINERALIZACIÓN	Hoja: 07 Sig: 08



BMX DDI 6402 K (2)

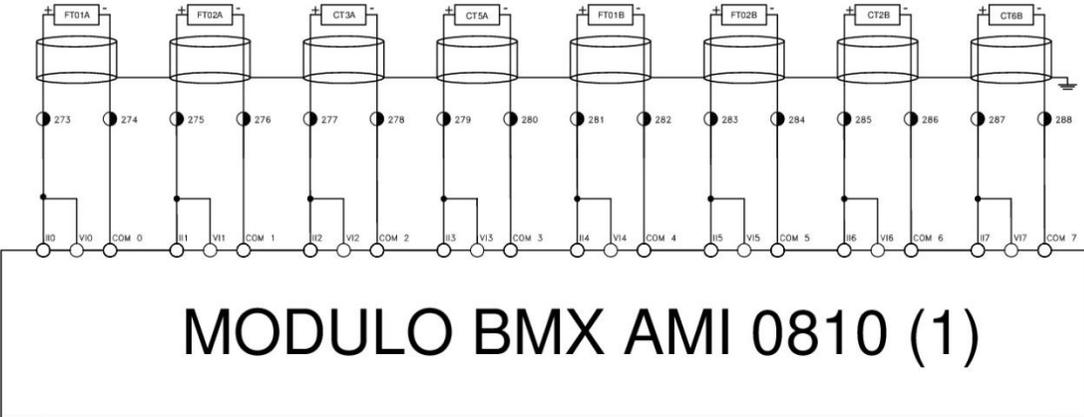
B			Contenido: MODULO DE ENTRADAS DIGITALES SEÑALES DE FINALES DE CARRERA Y SENSORES	Diseño:	Revisión:	Esquema: CK-001
A	REFERENTE DIBUJO C.665/SD600	01/03/2017		Dibujo: Guachamin C. - Paredes K.	Aprob:	
	Modificaciones	Fecha		Nombre	Local: TABLERO DE DESMINERALIZACIÓN	Hoja: 08 Sig: 09



BMX DDI 6402 K (2)

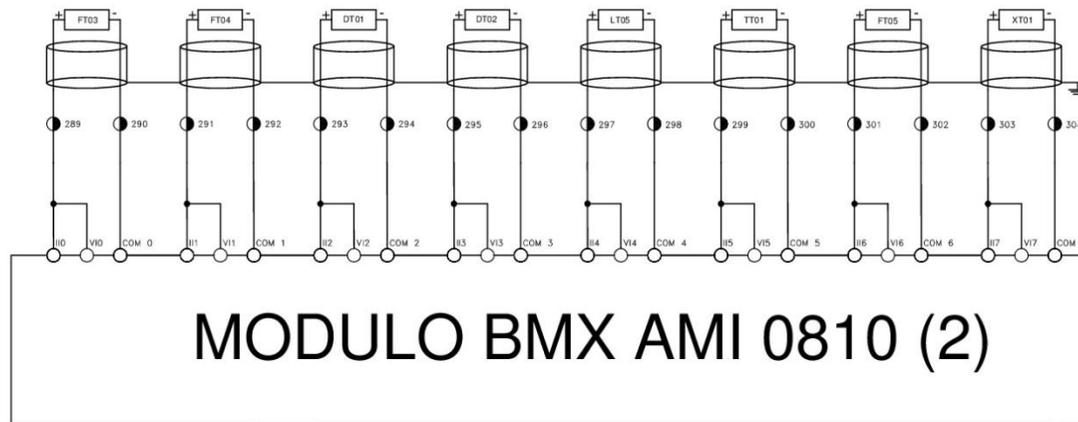
TERMINALES LIBRES:
I60 HASTA I63

B			Contenido: MODULO DE ENTRADAS DIGITALES CONSENSOS ARRANQUE DE BOMBAS	Diseño:	Revisión:	Esquema: CK-001
A	REFERENTE DIBUJO C.665/SD600	01/03/2017		Dibujo: Guachamin C. - Paredes K.	Aprob:	
	Modificaciones	Fecha		Nombre	Local: TABLERO DE DESMINERALIZACIÓN	Hoja: 09 Sig: 10

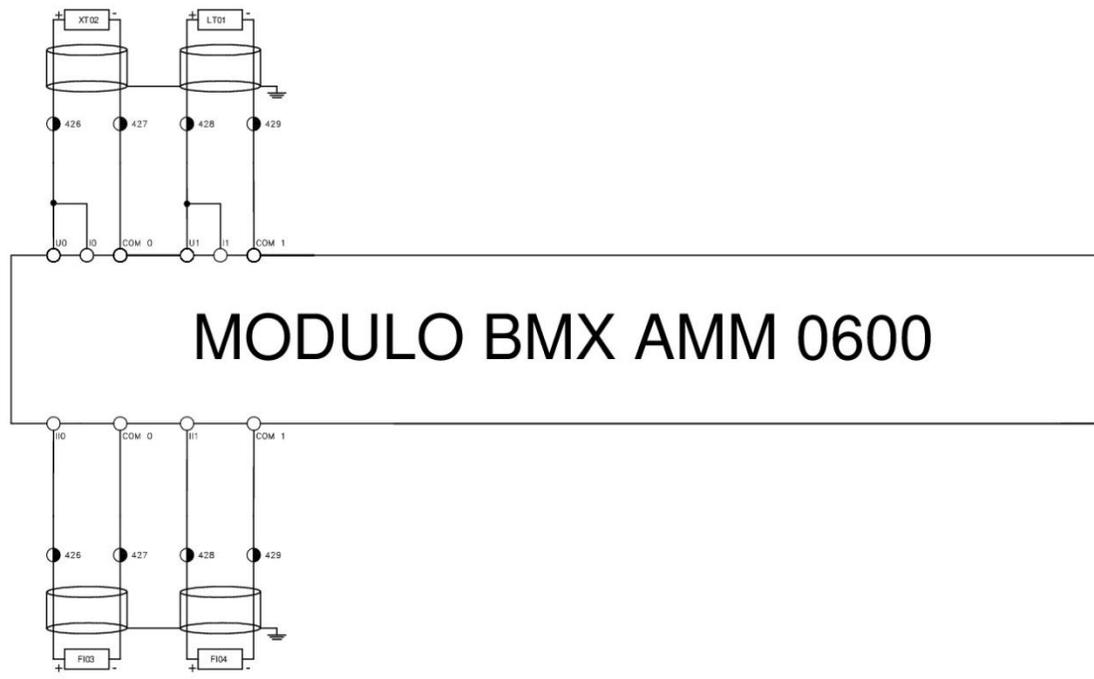


MODULO BMX AMI 0810 (1)

B			Contenido: MODULO DE ENTRADAS ANALÓGICAS TRANSMISORES PLANTA DE AGUA DESMINERALIZADA	Diseño:	Revisión:	Esquema: CK-001
A	01/03/2017			Dibujo: Guachamin C. - Paredes K.	Aprob:	
	Modificaciones	Fecha		Nombre	Local: TABLERO DE DESMINERALIZACIÓN	Hoja: 10 Sig: 11



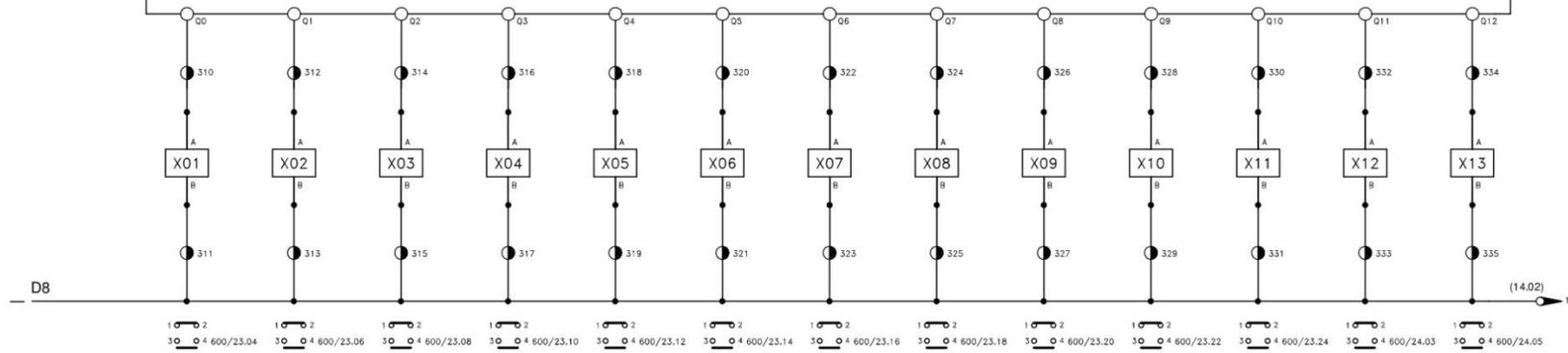
B			Contenido: MODULO DE ENTRADAS ANALÓGICAS TRANSMISORES PLANTA DE AGUA DESMINERALIZADA	Diseño:	Revisión:	Esquema: CK-001
A	01/03/2017			Dibujo: Guachamin C. - Paredes K.	Aprob:	
	Modificaciones	Fecha		Nombre	Local: TABLERO DE DESMINERALIZACIÓN	Hoja: 11 Sig: 12



TERMINALES LIBRES
 ENTRADAS: U2 HASTA U3

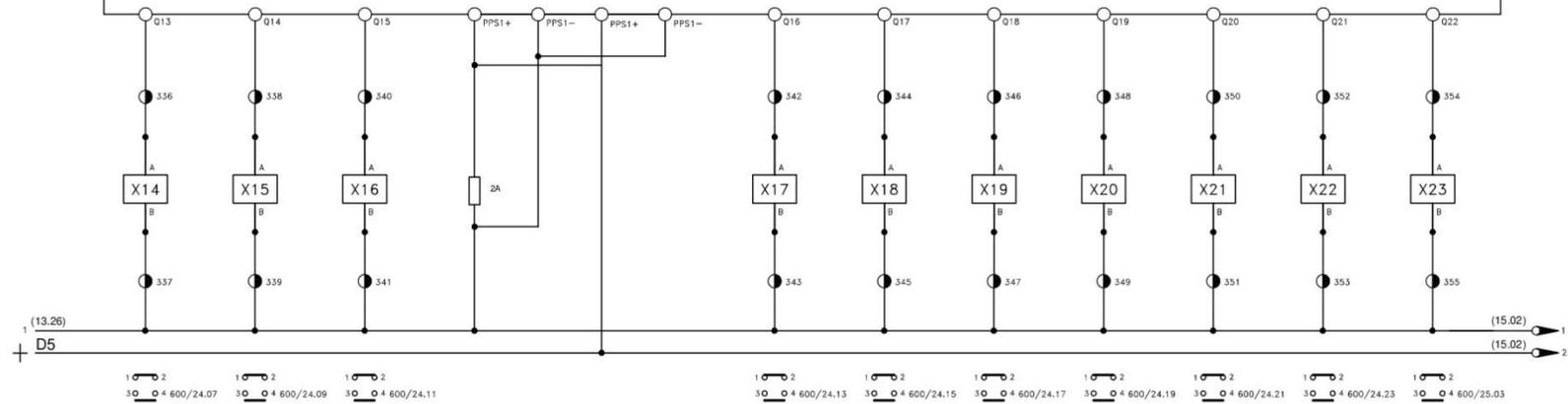
B			Contenido: MODULO ENTRADAS Y SALIDAS ANALÓGICAS	Diseño:	Revisión:	Esquema: CK-001
A	01/03/2017			Dibujo: Guachamin C. - Paredes K.	Aprob:	
	Modificaciones	Fecha		Nombre	Local: TABLERO DE DESMINERALIZACIÓN	Hoja: 12 Sig: 13

BMX DDO 6402X



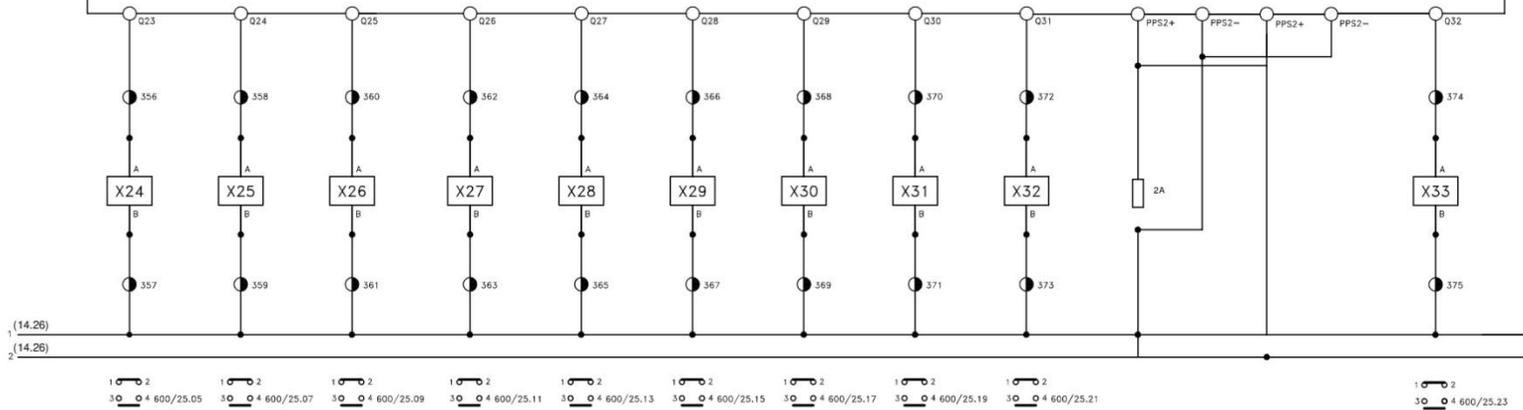
B			Contenido: MODULO DE SALIDA DIGITALES VÁLVULAS NEUMÁTICAS	Diseño:	Revisión:	Esquema: CK-001
A	01/03/2017			Dibujo: Guachamin C. - Paredes K.	Aprob:	
	Modificaciones	Fecha		Nombre	Local: TABLERO DE DESMINERALIZACIÓN	Hoja: 13 Sig: 14

BMX DDO 6402X



B			Contenido: MODULO DE SALIDA DIGITALES VÁLVULAS NEUMÁTICAS	Diseño:	Revisión:	Esquema: CK-001
A	01/03/2017			Dibujo: Guachamin C. - Paredes K.	Aprob:	
	Modificaciones	Fecha		Nombre	Local: TABLERO DE DESMINERALIZACIÓN	Hoja: 14 Sig: 15

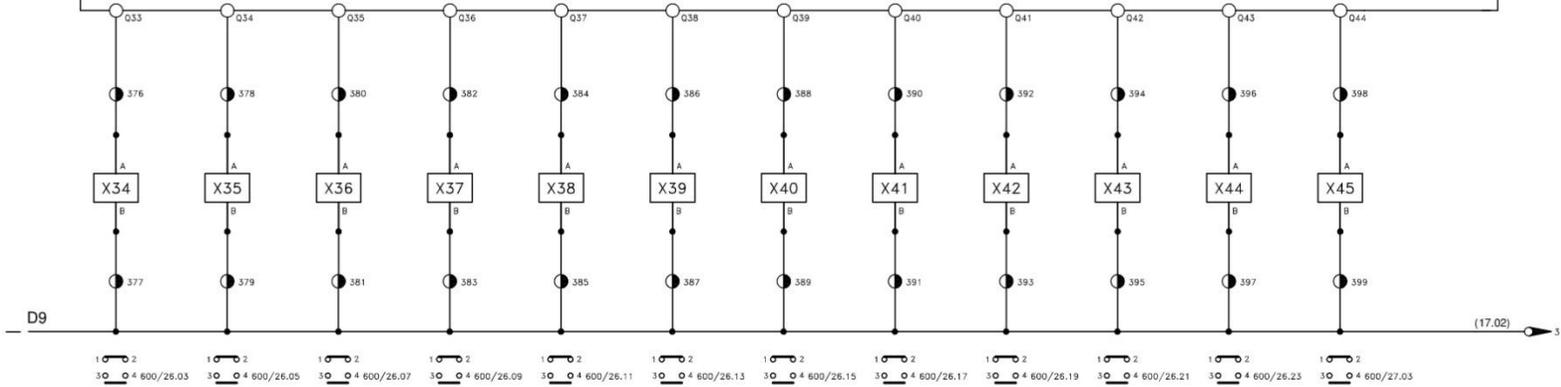
BMX DDO 6402X



B					
A	01/03/2017		Contenido: MODULO DE SALIDA DIGITALES VÁLVULAS NEUMÁTICAS	Diseño: Dibujo: Guachamin C. - Paredes K.	Revisión: Aprob:
	Modificaciones	Fecha	Nombre	Local: TABLERO DE DESMINERALIZACIÓN	Esquema: CK-001 Hoja: 15 Sig: 16

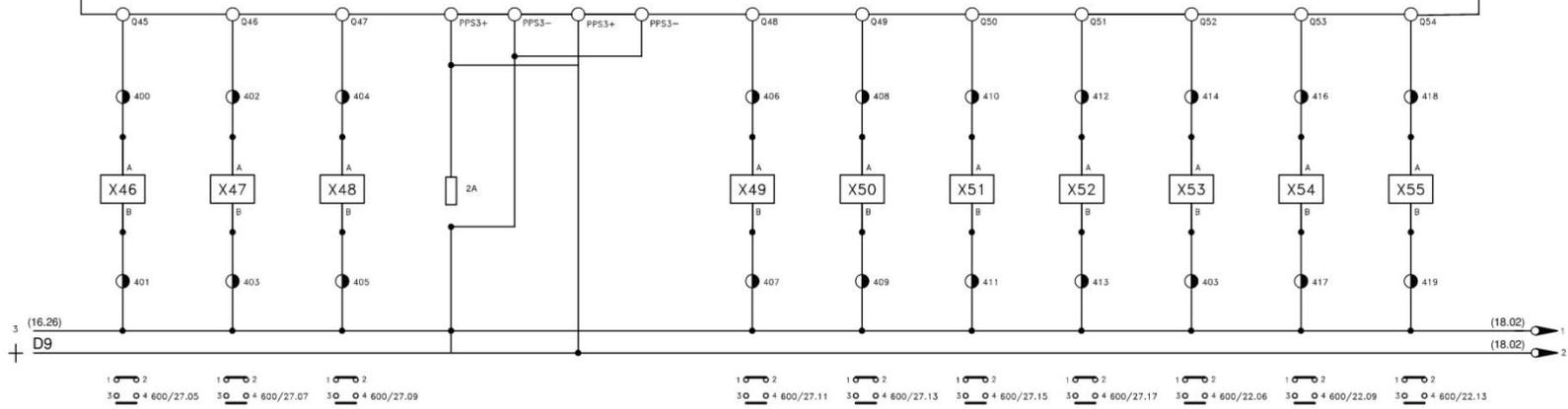


BMX DDO 6402X



B			Contenido: MODULO DE SALIDA DIGITALES VÁLVULAS NEUMÁTICAS	Diseño:	Revisión:	Esquema: CK-001
A	01/03/2017			Dibujo: Guachamin C. - Paredes K.	Aprob:	
	Modificaciones	Fecha		Nombre	Local: TABLERO DE DESMINERALIZACIÓN	Hoja: 16 Sig: 17

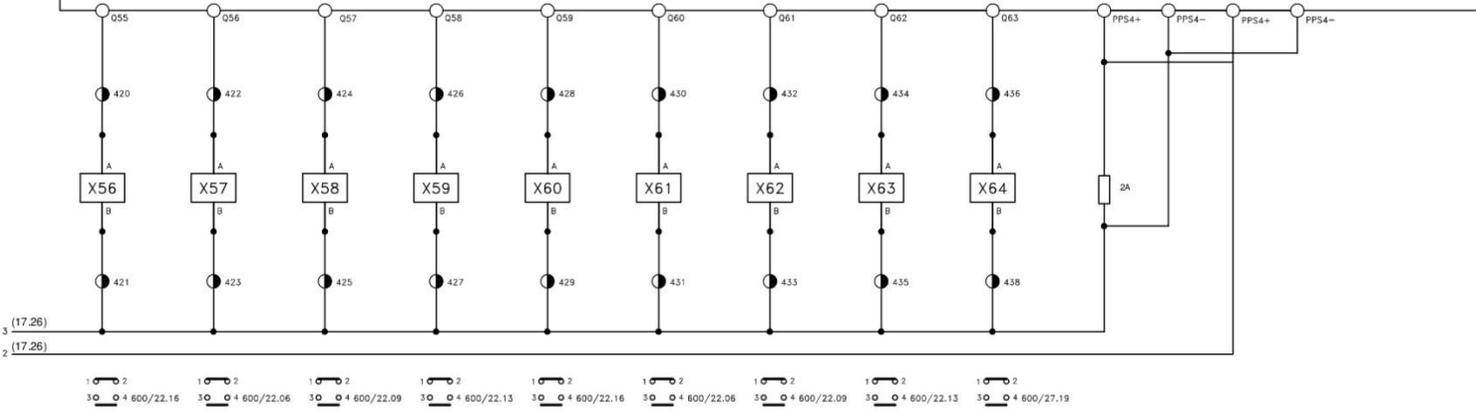
BMX DDO 6402X



B						
A	01/03/2017	Fecha	Nombre	Contenido:	Diseño:	Revisión:
	Modificaciones	Fecha	Nombre	MODULO DE SALIDA DIGITALES VÁLVULAS NEUMÁTICAS	Dibujó: Guachamin C. - Paredes K.	Aprob:
					Local: TABLERO DE DESMINERALIZACIÓN	Esquema: CK-001
						Hoja: 17 Sig: 18



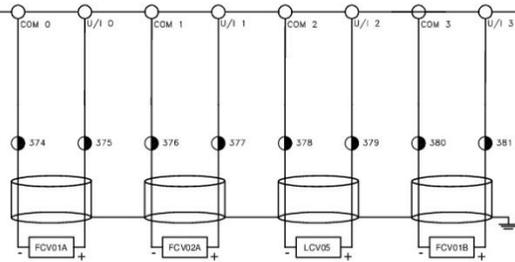
BMX DDO 6402X



B						
A	01/03/2017		Contenido: MODULO DE SALIDA DIGITALES VÁLVULAS NEUMÁTICAS	Diseño:	Revisión:	
	Modificaciones	Fecha		Nombre	Dibujo: Guachamin C. - Paredes K.	Aprob:
					Local: TABLERO DE DESMINERALIZACIÓN	Esquema: CK-001
					Hoja: 18	
					Sig: 19	

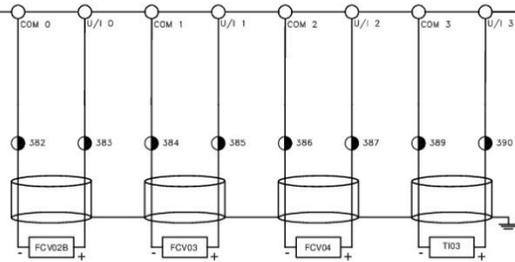


BMX AMO 0410 (1)

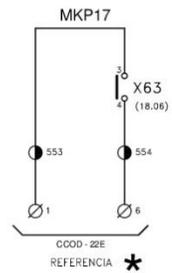
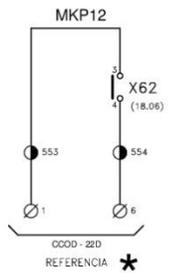
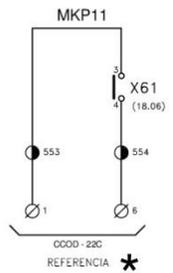
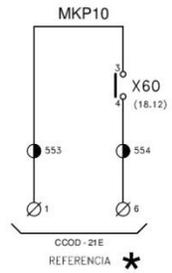
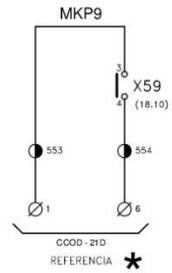
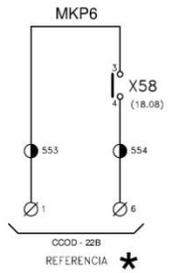
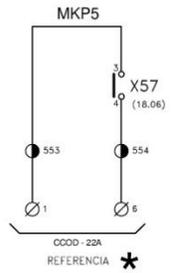
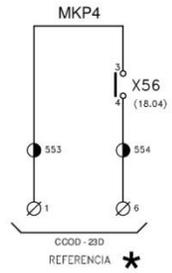
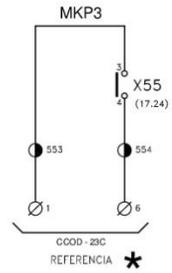
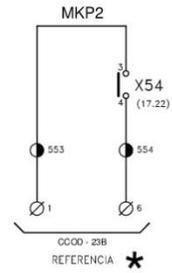
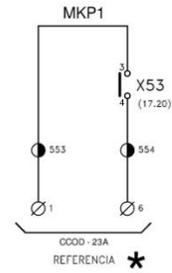


B			Contenido: MODULO DE SALIDA ANALÓGICAS PARA VÁLVULAS DE CONTROL DE LA PLANTA DE AGUA DESMINERALIZADA	Diseño:	Revisión:	Esquema: CK-001
A	01/03/2017			Dibujo: Guachamin C. - Paredes K.	Aprob:	
	Modificaciones	Fecha		Nombre	Local: TABLERO DE DESMINERALIZACIÓN	Hoja: 20 Sig: 21

BMX AMO 0410 (2)



B			Contenido: MODULO DE SALIDA ANALÓGICAS PARA VÁLVULAS DE CONTROL DE LA PLANTA DE AGUA DESMINERALIZADA	Diseño:	Revisión:	Esquema: CK-001
A	01/03/2017			Dibujo: Guachamin C. - Paredes K.	Aprob:	
	Modificaciones	Fecha		Nombre	Local: TABLERO DE DESMINERALIZACIÓN	Hoja: 21 Sig: 22

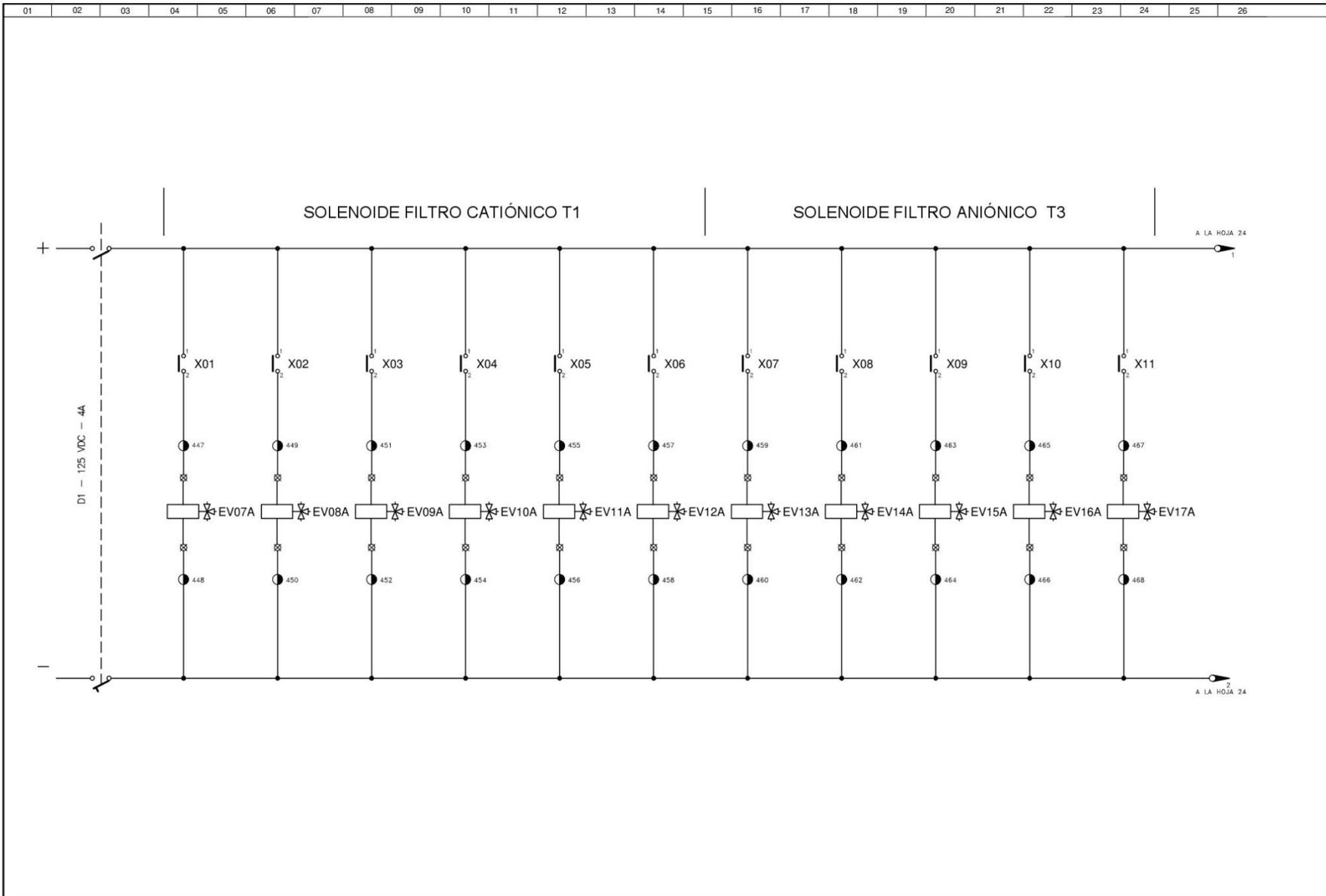


REFERENCIA *

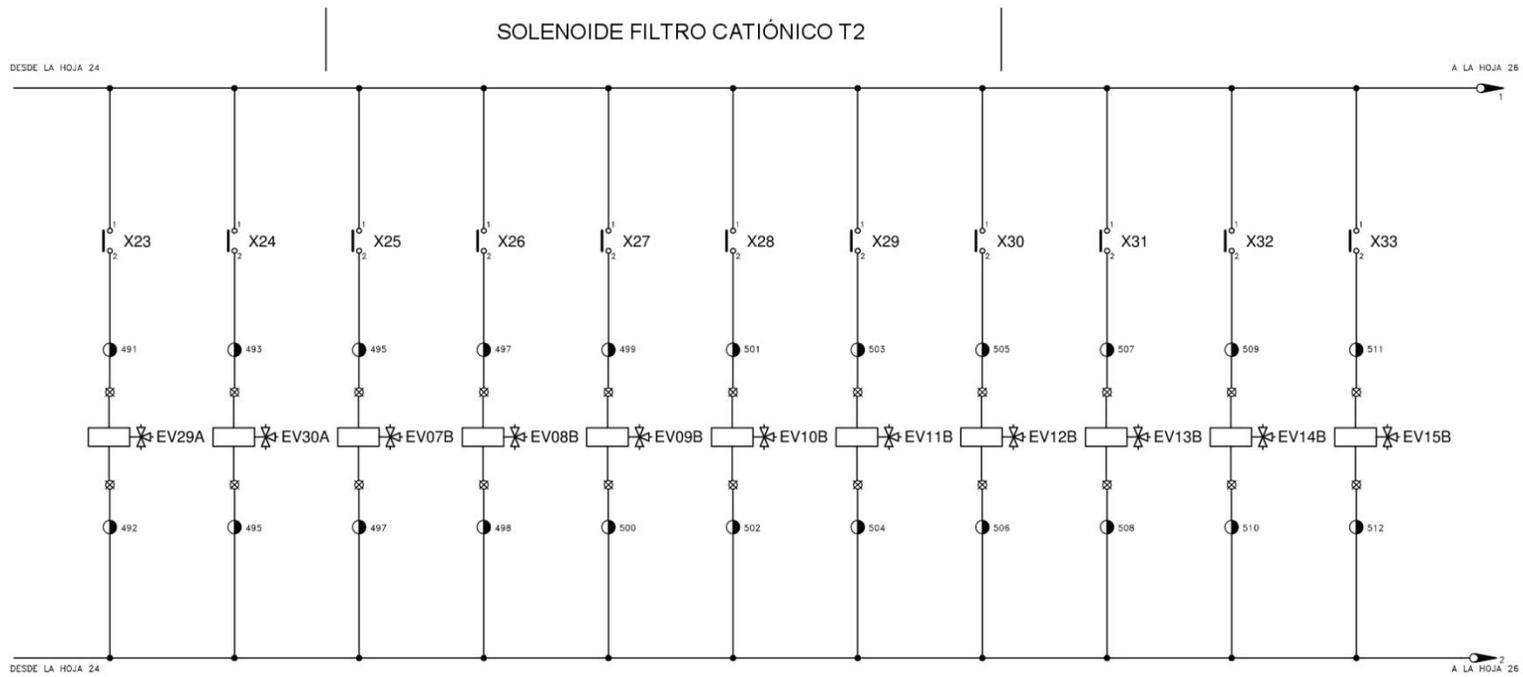
SALIDA PARA MOTOR CON CONTROLES EN CA
ESQUEMA C.665-CK 800 HOJA 07

B				Contenido: ESQUEMA DE MANDO DE MOTOR ELÉCTRICO	Diseño:	Revisión:	Esquema: CK-001
A	REFERENTE DIBUJO C.665/SD611	01/03/2017			Dibujó:Guachamin C. - Paredes K.	Aprob:	
	Modificaciones	Fecha	Nombre		Local: TABLERO DE DESMINERALIZACIÓN		Hoja: 22 Sig: 23

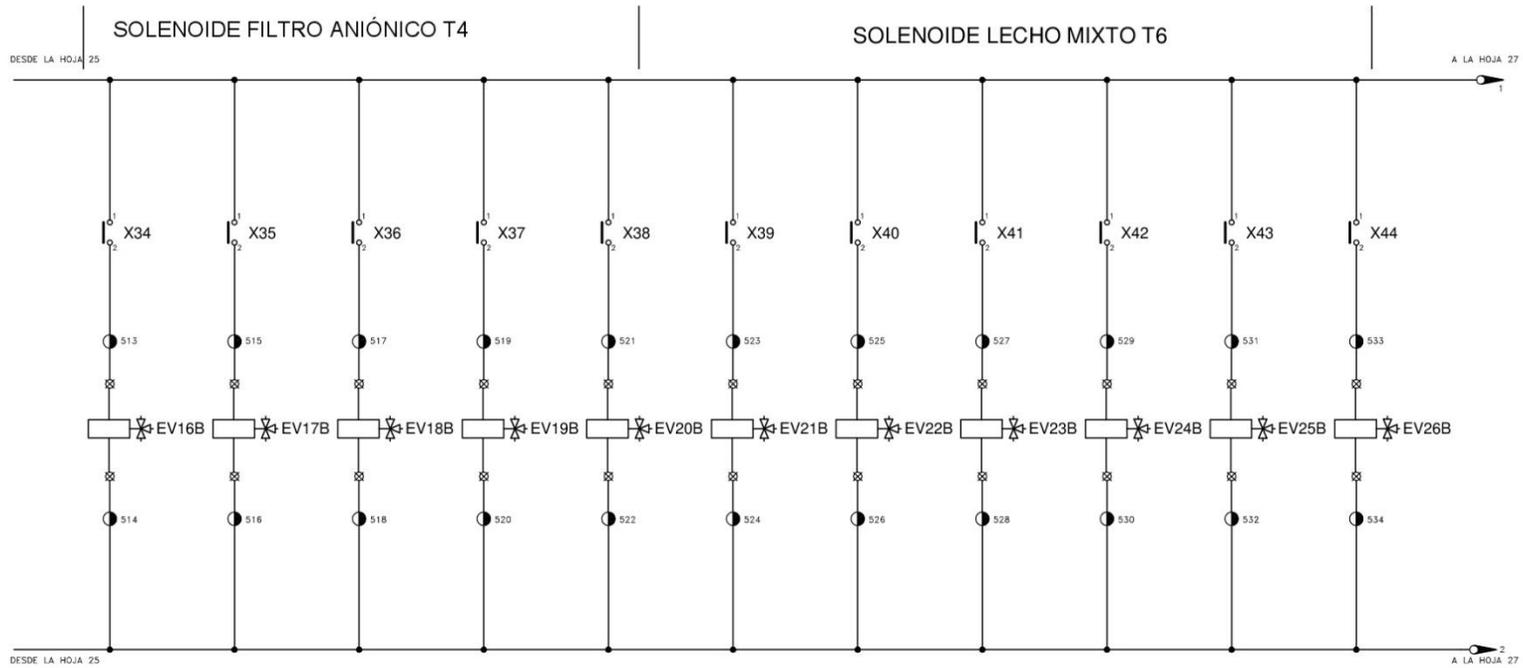




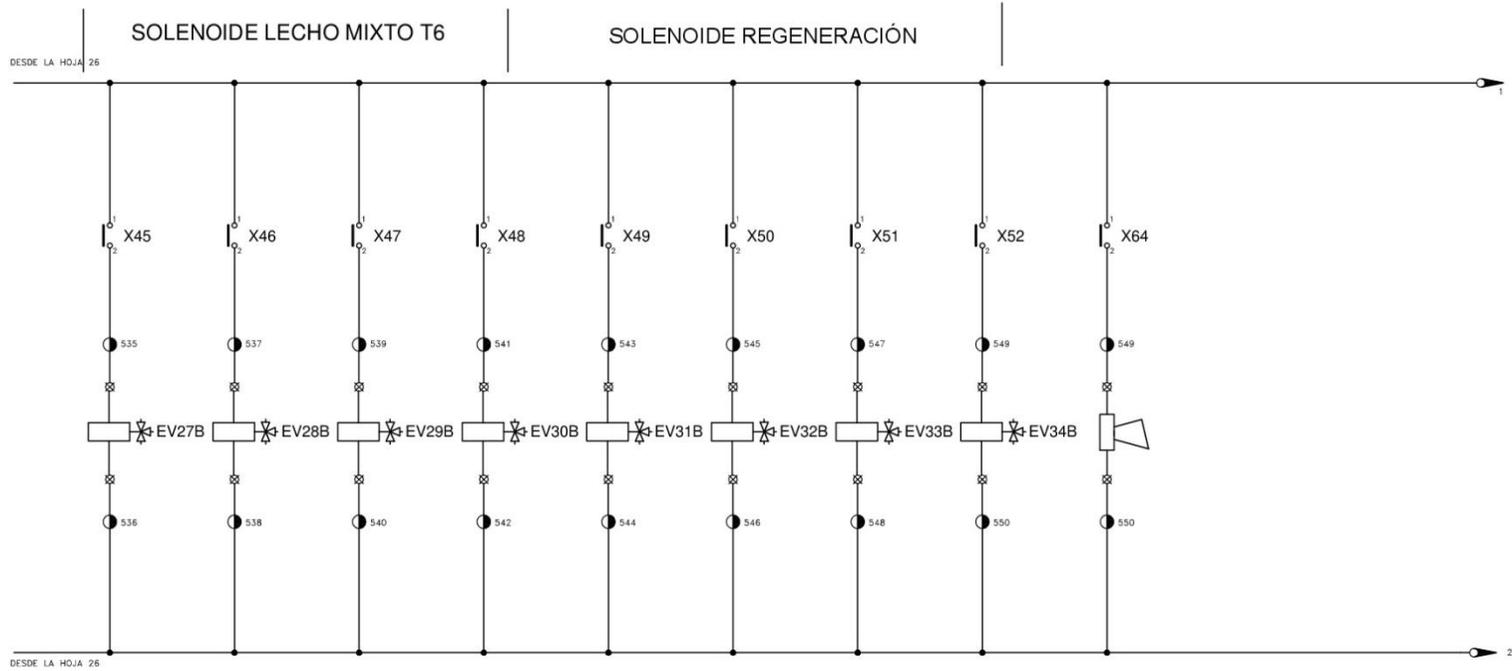
B			Contenido: ESQUEMA FUNCIONAL CONTROL VÁLVULAS NEUMÁTICAS	Diseño:	Revisión:	Esquema: CK-001
A	REFERENTE DIBUJO C.665/SD616	01/03/2017		Dibujo: Guachamin C. - Paredes K.	Aprob:	
	Modificaciones	Fecha		Nombre	Local: TABLERO DE DESMINERALIZACIÓN	Hoja: 23 Sig: 24



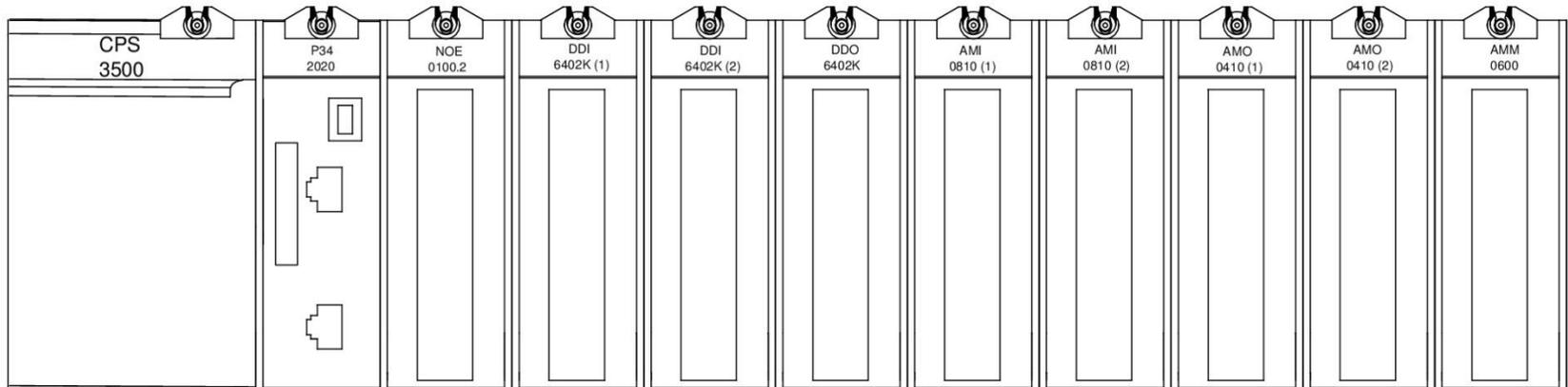
B			Contenido: ESQUEMA FUNCIONAL CONTROL VÁLVULAS NEUMÁTICAS	Diseño:	Revisión:	Esquema: CK-001
A	REFERENTE DIBUJO C.665/SD616	01/03/2017		Dibujo: Guachamin C. - Paredes K.	Aprob:	
	Modificaciones	Fecha		Nombre	Local: TABLERO DE DESMINERALIZACIÓN	Hoja: 25 Sig: 26



B			Contenido: ESQUEMA FUNCIONAL CONTROL VÁLVULAS NEUMÁTICAS	Diseño:	Revisión:	Esquema: CK-001
A	REFERENTE DIBUJO C.665/SD616	01/03/2017		Dibujo: Guachamin C. - Paredes K.	Aprob:	
	Modificaciones	Fecha		Nombre	Local: TABLERO DE DESMINERALIZACIÓN	Hoja: 26 Sig: 27



B			Contenido: ESQUEMA FUNCIONAL CONTROL VÁLVULAS NEUMÁTICAS	Diseño:	Revisión:	Esquema: CK-001
A	REFERENTE DIBUJO C.665/SD616	01/03/2017		Dibujo: Guachamin C. - Paredes K.	Aprob:	
	Modificaciones	Fecha		Nombre	Local: TABLERO DE DESMINERALIZACIÓN	Hoja: 27 Sig: 28



B			Contenido: ALIMENTACIÓN PLC M340	Diseño:	Revisión:	Esquema: CK-001
A	01/03/2017			Dibujo: Guachamin C. - Paredes K.	Aprob:	
	Modificaciones	Fecha		Nombre	Local: TABLERO DE DESMINERALIZACIÓN	Hoja: 28
				Sig: /		

ANEXO 5: FORMATOS PARA REGISTRO DE PRODUCCIÓN Y REGENREACIÓN

CENTRAL TERMICA ESMERALDAS I PLANTA DESMINERALIZADORA REGISTRO DE PRODUCCION DEL TREN A									
Nº	INICIO DE PRODUCCION				FIN DE PRODUCCION				VOLUMEN (m³)
	FECHA	HORA	CONDUCTIVIDAD (Us/cm)		FECHA	HORA	CONDUCTIVIDAD (Us/cm)		
			T3	T5			T3	T5	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
								TOTAL	0

TURNO	OPERADOR	ING. TURNO

JEFE CONTROL QUIMICO

**CENTRAL TERMICA ESMERALDAS I
PLANTA DESMINERALIZADORA
REGISTRO DE PRODUCCION DEL TREN B**

Nº	INICIO DE PRODUCCION				FIN DE PRODUCCION				VOLUMEN (m³)
	FECHA	HORA	CONDUCTIVIDAD (Us/cm)		FECHA	HORA	CONDUCTIVIDAD (Us/cm)		
			T4	T6			T4	T6	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
TOTAL									0

TURNOS	OPERADOR	ING. TURNO

JEFE CONTROL QUIMICO

CENTRAL TERMICA ESMERALDAS I PLANTA DESMINERALIZADORA REGENERACION DE FILTROS CATIONICO/ANIONICO										HOJA DE CONTROL N.CQ-P-02			
										INICIO DE REGENERACION			
										FIN DE REGENERACION			
FILTRO	CATIONICO [A]				ANIONICO [A]				TURNO	OPERADOR	ING. TURNO		
SECUENCIAS	CAUDAL [m³/h]		PESO ESPECIFICO [kg/l]	DURACION [min]	CAUDAL [m³/h]		PESO ESPECIFICO [kg/l]	TEMPERATURA *C	DURACION [min]				
	SET	REAL			SET	REAL							
CONTRALAVADO	32		1,000	15	7		1,000		10				
REGENERANTE 1%	18,5		1,005	20									
REGENERANTE 2%	9		1,012	20									
REGENERANTE 4%	5		1,025	20	5,3		1,042		73				
PRIMER LAVADO	5		1,000	30	5,3		1,000		30				
LAVADO FINAL	18		1,000	60	18		1,000		60				
TIPO DE REGENERANTE	ACIDO SULFURICO				HIDROSIDO DE SODIO								
OBSERVACIONES													

LECTURA INICIAL MEDIDOR MY-S6	LECTURA FINAL MEDIDOR MY-S6
CONSUMO DE ACIDO SULFURICO [kg]	
0	
LECTURA INICIAL MEDIDOR MY-S10	LECTURA FINAL MEDIDOR MY-S10
CONSUMO HIDROXIDO DE SODIO LIQUIDO [kg]	
0	

OPERADOR DE TURNO

JEFE CONTROL QUIMICO

CENTRAL TERMICA ESMERALDAS										HOJA DE CONTROL N.CQ-P-02		
PLANTA DESMINERALIZADORA										INICIO DE REGENERACION		
REGENERACION DE FILTROS DE MONORESINA										FIN DE REGENERACION		
FILTRO	CATIONICO [A]				ANIONICO [A]					TURNO	OPERADOR	ING. TURNO
	CAUDAL [m³/h]		PESO ESPECIFICO [kg/l]	DURACION [min]	CAUDAL [m³/h]		PESO ESPECIFICO [kg/l]	TEMPERATURA °C	DURACION [min]			
TEOR.	REAL	TEOR.			REAL							
CONTRALAVADO	32		1,000	15	7		1,000		10			
REGENERANTE 1%	18,5		1,005	20								
REGENERANTE 2%	9		1,012	20								
REGENERANTE 4%	5		1,025	20	5,3		1,042		73			
PRIMER LAVADO	5		1,000	30	5,3		1,000		30			
LAVADO FINAL	18		1,000	60	18		1,000		60			
TIPO DE REGENERANTE	ACIDO SULFURICO				HIDROSIDO DE SODIO							
OBSERVACIONES												

LECTURA INICIAL MEDIDOR MY-S6	LECTURA FINAL MEDIDOR MY-S6
CONSUMO DE ACIDO SULFURICO [kg]	
0	
LECTURA INICIAL MEDIDOR MY-S10	LECTURA FINAL MEDIDOR MY-S10
CONSUMO HIDROXIDO DE SODIO LIQUIDO [kg]	
0	

OPERADOR DE TURNO

JEFE CONTROL QUIMICO

CENTRAL TERMICA ESMERALDAS I PLANTA DESMINERALIZADORA REGENERACION DE FILTROS LECHO MIXTO										HOJA DE CONTROL N. CQ-P-02		
FILTRO	ANIONICO [A]					CATIONICO [A]				INICIO DE REGENERACION		
	CAUDAL [m³/h]		PESO ESPECIFICO [kg/l]	TEMPERATURA *C	DURACION [min]	CAUDAL [m³/h]		PESO ESPECIFICO [kg/l]	DURACION [min]	FIN DE REGENERACION		
TEOR.	REAL	TEOR.				REAL	TURNO			OPERADOR	ING. TURNO	
CONTRALAVADO	3		1,000		15							
REGENERANTE 4%	2,7		1,042		20	4,8		1,025	20			
PRIMER LAVADO	2,7		1,000		30	4,8			30			
LAVADO FINAL	5,3		1,000		60	4			60			
OBSERVACIONES:												

LECTURA INICIAL MEDIDOR MY-S6	LECTURA FINAL MEDIDOR MY-S6
CONSUMO DE ACIDO SULFURICO [kg]	
0	
LECTURA INICIAL MEDIDOR MY-S10	LECTURA FINAL MEDIDOR MY-S10
CONSUMO HIDROXIDO DE SODIO LIQUIDO [kg]	
0	

OPERADOR DE TURNO

JEFE DE TURNO

CENTRAL TERMICA ESMERALDAS I PLANTA DESMINERALIZADORA REGENERACION DE FILTROS LECHO MIXTO										HOJA DE CONTROL N. CQ-P-02		
FILTRO	ANIONICO [B]					CATIONICO [B]				INICIO DE REGENERACION		
	CAUDAL [m³/h]		PESO ESPECIFICO [kg/l]	TEMPERATURA *C	DURACION [min]	CAUDAL [m³/h]		PESO ESPECIFICO [kg/l]	DURACION [min]	FIN DE REGENERACION		
TEOR.	REAL	TEOR.				REAL	TURNOS			OPERADOR	ING. TURNOS	
CONTRALAVADO	3		1,000		15							
REGENERANTE 4%	2,7		1,005		20	4,8		1,025	20			
PRIMER LAVADO	2,7		1,000		30	4,8			30			
LAVADO FINAL	5,3		1,000		60	4			60			
OBSERVACIONES:												

LECTURA INICIAL MEDIDOR MY-S6	LECTURA FINAL MEDIDOR MY-S6
CONSUMO DE ACIDO SULFURICO [kg]	
0	
LECTURA INICIAL MEDIDOR MY-S10	LECTURA FINAL MEDIDOR MY-S10
CONSUMO HIDROXIDO DE SODIO LIQUIDO [kg]	
0	

OPERADOR DE TURNO

JEFE DE TURNO

ANEXO 6: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ANEXO 7: CARACTERÍSTICAS DEL PLC

Características generales de los procesadores BMX P34 2020



[Enviar comentarios](#)

Generalidades

A continuación, se presentan las características del procesador BMX P34 2020.

Características del procesador BMX P34 2020

En la tabla siguiente se muestran las características generales del procesador BMX P34 2020.

Característica		Disponible	
Funciones	Número máximo de	Entradas/salidas binarias del bastidor	1.024
		Entradas/salidas analógicas del bastidor	256
		Canales expertos	36
		Canales Ethernet	3
		Bus de campo AS-i	4
		Comunicación simultánea EF	16
	Cantidad máxima de módulos	USB	1
		Puerto de enlace Modbus serie incorporado	1
		Puerto maestro CANopen incorporado	-
		Puerto Ethernet incorporado	1
Reloj de tiempo real que puede guardarse		Sí	
Capacidad de memoria de los datos de aplicación que puede guardarse		256 Kb	
Estructura de la aplicación	Tarea MAST		1
	Tarea FAST		1
	Procesamiento de eventos		64
Velocidad de ejecución del código de aplicación	RAM interna	100% booleano	8,1 Kins/ms (1)
		65% booleano + 35% digital	6,4 Kins/ms (1)
Tiempo de ejecución	Una instrucción booleana básica		0,12 µs
	Una instrucción digital básica		0,17 µs
	Una instrucción de coma flotante		1,16 µs

(1) Kins: 1.024 instrucciones (lista)

© 2012 Schneider Electric. Reservados todos los derechos.

Características del módulo de alimentación BMX CPS 3500


[✉ Enviar comentarios](#)

Generalidades

Los módulos BMX CPS 3500 son módulos de alimentación de corriente alterna.

Características

En la tabla siguiente se presentan las características del módulo BMX CPS 3500.

Características del bloque primario	Tensión nominal	100 - 120 V/200 - 240 V	
	Rango de tensión	85 - 264 V	
	Frecuencia nominal/gama de frecuencia	50-60 Hz/47-63 Hz	
	Alimentación	120 VA.	
	Consumo de corriente nominal	1,04 A a 115 V 0,52 A a 240 V	
	Conexión inicial a 25°C (1)	Corriente de irrupción I	≤ 30 A a 120 V ≤ 60 A a 240 V
		I ² t	≤ 1 A ² s a 120 V ≤ 3 A ² s a 240 V
		En el bloqueo	≤ 3 A ² s a 240 V
		It	≤ 0,05 As a 120 V ≤ 0,07 As a 240 V
		En el bloqueo	≤ 0,07 As a 240 V
Duración aceptada de interrupciones de la alimentación	≤ 10 ms		
Protección sobrecorriente integrada	En la interna, fusible sin acceso		
Características del bloque secundario	Potencia útil total	36 W	
	Máxima potencia útil en las dos salidas: 3V3_BAC y 24V BAC	31,2 W	
	Salida 3V3_BAC	Tensión nominal	3,3 V
		Corriente nominal	4,5 A
		Potencia (típica)	15 W
	Salida 24V BAC	Tensión nominal	24 V CC
		Corriente nominal	1,3 A
Potencia (típica)		31,2 W	

Características


[✉ Enviar comentarios](#)

Características generales

Las características generales de los módulos BMX AMO 0410 y [BMX AMO 0410H](#) son las siguientes:

Tipo de salidas	Salidas rápidas de alto nivel	
Naturaleza de las salidas	Tensión o corriente configurada por software	
Número de canales	4	
Resolución del convertidor digital/analógico	16 bits	
Duración de actualización de las salidas	1 ms	
Fuente de alimentación para las salidas	Por parte del módulo	
Tipos de protección	Contra las sobrecargas y cortocircuitos (salida de tensión)	
Separación de potencial:	750 V CC	
• Entre canales	1.400 V CC	
• Entre los canales y el bus	1.400 V CC	
• Entre canales y puesta a tierra	1.400 V CC	
Error de medición del módulo estándar:		
• A 25 °C (77 °F)	0,10% de FS (1)	
• Máximo en el rango de temperatura de 0 a 60 °C (de 32 a 140 °F)	0,20% de FS (1)	
Error de medición del módulo reforzado:		
• A 25 °C (77 °F)	0,10% de FS (1)	
• Máximo en el rango de temperatura de -25 a 70 °C (de -13 a 158 °F)	0,45% de FS (1)	
Deriva de temperatura	45 ppm/°C	
Monotonicidad	Sí	
Sin linealidad	0,1% de FS	
Ondulación de salida de CA	2 mV eficaces en 50 Ω	
Consumo de alimentación (3,3 V)	Típico	0,48 W
	Máximo	0,61 W

Esquema de cableado



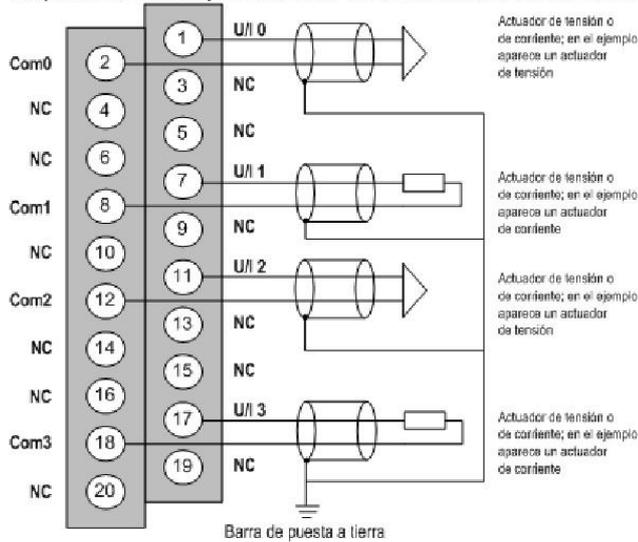
[Enviar comentarios](#)

Introducción

Los actuadores están conectados mediante el bloque de terminales de 20 pins.

Ilustración

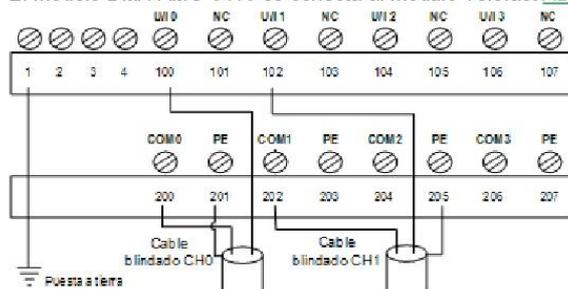
El bucle de corriente se autoalimenta por la salida y no necesita ninguna fuente externa. Las conexiones del bloque de terminales y del cableado de los actuadores se realizan de la manera siguiente:



- U/Ix** entrada de polo + para el canal x
- COMx** entrada de polo - para el canal x
- Canal 0:** actuador de tensión
- Canal 1:** actuador actual

Accesorios de cableado

El modelo BMX AMO 0410 se conecta al módulo Telefast [ABE-7CPA21](#) con el cable BMX FCA 150/300/500.



© 2012 Schneider Electric. Reservados todos los derechos.

Características


[✉ Enviar comentarios](#)

Características generales

Las características generales de los módulos BMX AMI 0810 y [BMX AMI 0810H](#) son las siguientes:

Tipo de entradas	Entradas rápidas aisladas de alto nivel	
Naturaleza de las entradas	Tensión/corriente (resistencias internas protegidas de 250 Ω)	
Número de canales	8	
Tiempo de ciclo de adquisición:		
<ul style="list-style-type: none"> ● Rápido (adquisición periódica para los canales utilizados) 	1 ms + 1 ms x número de canales utilizados	
<ul style="list-style-type: none"> ● Predeterminado (adquisición periódica para todos los canales) 	9 ms	
Resolución de visualización	16 bits	
Filtrado digital	1 ^o orden	
Separación de potencial:		
<ul style="list-style-type: none"> ● Entre canales 	+/-300 V CC	
<ul style="list-style-type: none"> ● Entre los canales y el bus 	1.400 V CC	
<ul style="list-style-type: none"> ● Entre canales y puesta a tierra 	1.400 V CC	
Sobrecarga máxima autorizada para las entradas:	Entradas de tensión: +/- 30 V CC Entradas de corriente: +/- 30 mA Protegido contra cableado accidental: de -19,2 a 30 VCC NOTA: La función Protegido contra cableado accidental no se admite cuando el módulo funciona con cualquier interfaz de Telefast.	
Consumo de alimentación (3,3 V)	Típico	0,32 W
	Máximo	0,48 W
Consumo de alimentación (24 V)	Típico	0,82 W
	Máximo	1,30 W

Rango de medición

Diagrama de cableado



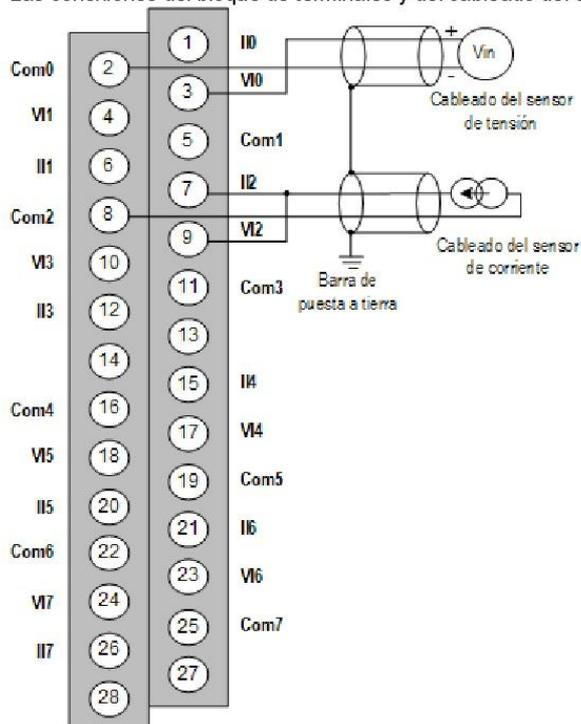
[Enviar comentarios](#)

Introducción

El módulo BMX AMI 0810 está conectado mediante un bloque de terminales de 28 pins.

Figura

Las conexiones del bloque de terminales y del cableado del sensor se realizan de la manera siguiente:



- VIx** entrada de polo + para el canal x
- COM x** entrada de polo - para el canal x
- IIx** entrada + de la resistencia de lectura actual
- Vía 0** sensor de tensión
- Vía 1** sensor de corriente de 2 conductores

Accesorios de cableado

Se proporcionan dos cables BMXFTA150 (1,5 m (4,92 pies)) y BMXFTA300 (3 m (9,84 pies)) para conectar el módulo con las interfaces de Telefast [ABE-7CPA02](#), [ABE-7CPA31](#) o [ABE-7CPA31E](#).

En caso de que la información de HART forme parte de la señal que va a medirse, se deberá utilizar una interfaz de Telefast [ABE-7CPA31E](#) para filtrar esta información que interrumpiría el valor analógico.

© 2012 Schneider Electric. Reservados todos los derechos.

Características



[Enviar comentarios](#)

Características generales de entrada

Las características generales de las entradas de los módulos **BMX AMM 0600** y **BMX AMM 0600H** son las siguientes:

Tipo de entradas	Entradas de modo común sin separación de potencial	
Naturaleza de las entradas	Tensión/corriente (resistencias internas protegidas de 250 Ω)	
Número de canales	Cuatro entradas	
Tiempo de ciclo de adquisición:		
<ul style="list-style-type: none"> ● Rápido (adquisición periódica para los canales utilizados) 	1 ms + 1 ms x número de canales utilizados	
<ul style="list-style-type: none"> ● Predeterminado (adquisición periódica para todos los canales) 	5 ms	
Resolución	14 bits en +/-10 V 12 bits en 0 a 5 V	
Filtrado digital	1 ^o orden	
Separación de potencial:		
<ul style="list-style-type: none"> ● Entre grupo de canales de entrada y grupo de canales de salida 	750 V CC	
<ul style="list-style-type: none"> ● Entre los canales y el bus 	1.400 V CC	
<ul style="list-style-type: none"> ● Entre canales y puesta a tierra 	1.400 V CC	
Sobrecarga máxima autorizada para las entradas:	Entradas de tensión: +/- 30 V CC Entradas de corriente: +/-90 mA	
Consumo de alimentación (3,3 V)	Típico	0,35 W
	Máximo	0,48 W
Consumo de alimentación (24 V)	Típico	1,3 W
	Máximo	2,8 W

Rango de medición de entrada

Los módulos **BMX AMM 0600** y **BMX AMM 0600H** tienen las características de rango de medición de

Esquema de cableado



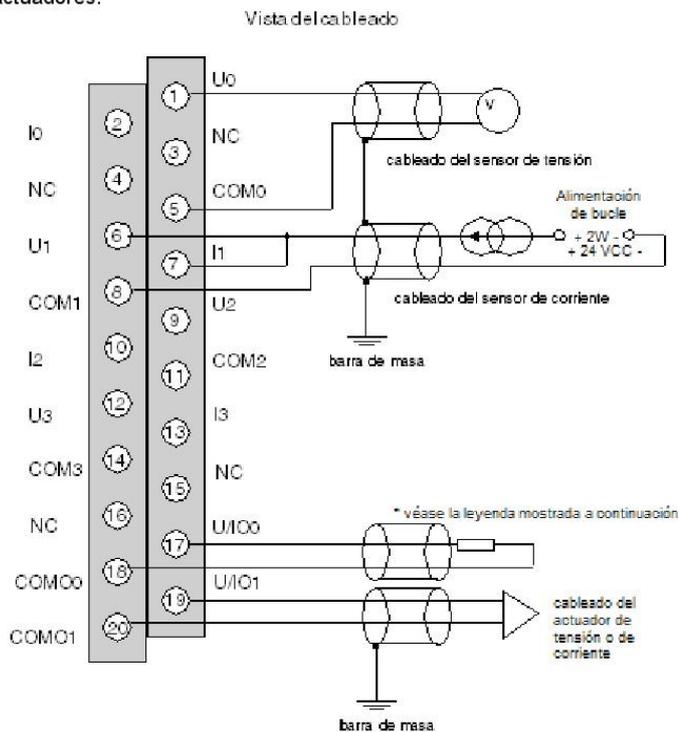
[Enviar comentarios](#)

Introducción

Los actuadores están conectados mediante el bloque de terminales de 20 puntos.

Ilustración

A continuación se detalla la conexión del bloque de terminales, los sensores y el cableado de los actuadores.



U_x entrada de polo + para el canal x

COM_x entrada de polo - para el canal x

U/I_{Ox} salida de polo + para el canal x

COM_{Ox} salida de polo - para el canal x

* El bucle de corriente se autoalimenta por la salida y no necesita ninguna fuente externa.

© 2012 Schneider Electric. Reservados todos los derechos.