



Trabajo de Diploma

Autor: Orlando Rodríguez Fonseca

Tutor: MSc. Luisa Villafruela
Loperena

Consultantes: Ing. Darién Serrano
Ferrera
Ing. Alejandro López
Girón

Santiago de Cuba

2017



**UNIVERSIDAD
DE ORIENTE**

Facultad de Ingeniería Eléctrica
Departamento de Control Automático

Trabajo de Diploma

Título: Propuesta de modernización del sistema de control de la planta de Ósmosis Inversa de la CTE Antonio Maceo, Santiago de Cuba.

Autor: Orlando Rodríguez Fonseca

Tutor: MSc. Luisa Villafruela Loperena

Consultante: Ing. Darién Serrano Ferrera
Ing. Alejandro López Girón

Santiago de Cuba
2017

Pensamiento:

Los sueños parecen al principio imposibles, luego improbables, y luego, cuando nos comprometemos, se vuelven inevitables.

Mahatma Gandhi.

Agradecimientos:

A mis padres y mi hermano por todos los sacrificios que han hecho a lo largo de mis años de estudio; Luisa, Emilio y Osniel.

A los Ing. Darién y Alejandro por dedicarme parte de su limitado tiempo y servirme de guías en este trabajo.

A mi tutora Luisa por su profesionalismo.

Al grupo de Protecciones, en especial a Yuselis e Isidro.

A todos los profesores de la facultad de Ingeniería Eléctrica por ser el eje central de mi formación como Ingeniero en Automática.

A todos mis compañeros.

Resumen.

El presente trabajo muestra una propuesta de modernización del sistema de control de la Planta Ósmosis Inversa, utilizando tecnología SIEMENS con características redundantes.

La modernización fue diseñada partiendo de la necesidad de producción de energía eléctrica en el país, teniendo en cuenta las limitaciones tecnológicas existentes en la Planta. Para desarrollar el presente trabajo se estudió el flujo productivo de la planta a modernizar, para identificar los requerimientos funcionales del proceso, además se realizó un estudio sobre la tecnología e instrumentación SIEMENS disponible, para así seleccionar los instrumentos más adecuados e implementarlos en la creación de un sistema de control acorde con las necesidades requeridas.

Abstract.

The present work shows a proposal of modernization of the control system of the Reverse Osmosis Plant, using SIEMENS technology with redundant characteristics.

The modernization was designed based on the need for electricity production in the country, taking into account the existing technological limitations. In order to develop the present work, the production flow of the plant to be modernized, to identify the functional requirements of the process, was studied. In addition, a study was carried out on the available SIEMENS technology and instrumentation, in order to select the most appropriate instruments and implement them in the creation of a control system in accordance with the required requirements.

Tabla de contenido

Introducción.....	1
Capítulo 1. Caracterización del sistema de control de la Planta de Ósmosis Inversa, así como la Ingeniería de detalles de los procesos secuenciales	4
1.1 Características de los procesos de Ósmosis Inversa	4
Principio de la Ósmosis Inversa y su presencia en la industria	4
1.2 Caracterización desde el punto de vista histórico del sistema de control de la Planta de Ósmosis Inversa de RENTE	6
1.2.1 Importancia de la Planta de Ósmosis Inversa en la CTE RENTE	7
1.2.2 Descripción del flujo productivo	8
1.2.3 Autómatas Programables en la Industria.....	19
1.2.4 Gráfica de control de etapas de transición (GRAFCET).....	20
1.3 Caracterización del actual sistema de control de la Planta de Ósmosis Inversa de RENTE	22
Conclusiones parciales	23
Capítulo 2. Propuesta de modernización del sistema de control de la Planta de Ósmosis Inversa de la Central Termoeléctrica "Antonio Maceo Grajales".....	24
Introducción:	24
2.1 Ingeniería de detalles de la propuesta	24
2.1.1 Caracterización de los sistemas redundantes S7-400H	26
2.1.2 Nodos de redundancia	27
2.2 Instrumentación para el sistema de control propuesto	29
2.2.1 PLC SIMATIC S7-400 con CPU 414-5H	29
2.2.2 Estación SIMATIC ET200M/LINK.....	30
2.2.3 Cables de comunicación	31
2.3 Descripción de la secuencia de trabajo.....	32
2.3.1 Algoritmos del pre-tratamiento	33
2.3.2 Algoritmo de la ósmosis inversa.....	36
2.3.3 Algoritmo del post-tratamiento.....	37
2.4 Programación del autómata industrial	38
2.5 Validación de la programación.....	39
2.6 Valoración económica.....	39
Conclusiones parciales	40
Conclusiones Generales.	42
Recomendaciones.....	44
Bibliografía.....	45

Introducción.

El desarrollo de la automatización no es un fenómeno aislado, sino que está en constante interacción con los cambios que se producen en la industria tecnológica. En los últimos años se ha nutrido de los avances de la microelectrónica y la informática, las cuales han introducido sustanciales cambios en la forma de implementar los sistemas de control, llegando a desarrollarse un sistema amplio de adquisición de datos, elaboración de señales de control y registros en tiempo real de variables importantes del proceso tecnológico.

Si bien es cierto que esta ha sido la filosofía del control desde la década de los 90, lo novedoso de este sistema es la forma en que se implementa. La utilización de transmisores inteligentes permite que muchas funciones que antes eran desarrolladas por equipos independientes y consumidores de energía, ahora se encuentran implementadas en los propios transmisores. Se ha cambiado el uso de los reguladores con control y tecnología convencional Proporcional Integral Derivativo (PID), que se usaban de forma independiente, por autómatas programables, con lo cual se mejora notablemente el tratamiento de señales de entrada y salida con secuencias de programas, dándole al control una mayor flexibilidad y potencialidad de cálculo. La introducción de los posicionadores inteligentes ha permitido implementar un lazo de posición en los elementos de acción final y una exactitud en el control nunca antes lograda, además del uso creciente de la computadora, en todas las esferas de la vida, extendida hasta el área de la automatización [2]. Lo anteriormente mencionado, hizo posible unificar en un solo sistema todas estas ventajas y crear una arquitectura para el control de procesos, específicamente llevada a cabo en la Planta de Ósmosis Inversa, perteneciente a la Central Termoeléctrica "Antonio Maceo Grajales" de Santiago de Cuba (RENTE).

Pero el tiempo de explotación y la obsolescencia del sistema de control en la Planta de Ósmosis, lo que se manifiesta en los frecuentes fallos del sistema de control de la planta de Ósmosis debido a los fallos de la instrumentación asociada, y la pérdida de licencia para actuar sobre el controlador, hace necesaria la sustitución y modernización del sistema de control en dicha planta,

así como la elaboración e implementación de un nuevo proyecto acorde con la nueva propuesta de instrumentación que se pondrá en marcha.

Ante esta situación se plantea como **problema de la investigación** la carencia de un sistema de control adecuado en la planta de Ósmosis debido a los fallos de la instrumentación asociada, y la pérdida de licencia para actuar sobre el controlador. Por ello se define como **objeto de estudio** el sistema de control en el proceso completo de la planta de Ósmosis Inversa de RENTE y como **objetivo** la propuesta de un sistema de control del proceso completo en la planta de Ósmosis Inversa de RENTE y su programación en un Autómata Siemens S7-414-5H, que garantice mayor operatividad, seguridad, confiabilidad y velocidad de respuesta, según los regímenes de trabajo y las prioridades del proceso, con la calidad necesaria [11].

Se establece como **campo de acción** la Ingeniería de detalles de los procesos secuenciales y las instalaciones basadas en Ósmosis Inversa. Por tanto, se plantea la siguiente **hipótesis**: si se logra elaborar un sistema de control para la Planta de Ósmosis Inversa y su programación en un Autómata Siemens S7-414-5H, se dará solución a los frecuentes fallos del actual sistema de control de la Planta de Ósmosis Inversa.

El sistema que se propone aplicar constará con CPU del tipo redundante en una de las salas de control en Ósmosis. Cubrirá toda la información de la instrumentación de campo, de supervisión y tendrá características de alta disponibilidad.

Las **tareas** para dar cumplimiento al objetivo de la presente investigación se relacionan a continuación:

1. Caracterizar desde el punto de vista gnoseológico el proceso objeto de estudio, así como la Ingeniería de detalles de los Sistemas de Control.
2. Levantamiento de las señales de campo.
3. Estudio de la tecnología disponible.
4. Levantamiento de la base de datos y señales.
5. Levantamiento del algoritmo de control programado actual.
6. Elaboración y optimización del nuevo algoritmo mediante la modelación en GRAFCET (modo marcha).

Introducción

7. Traducción al lenguaje PLC, programación en un Autómata Siemens S7-414-5H.
8. Valoración económica.
9. Validación de la programación.

Métodos y técnicas empleadas:

1. Técnicas y métodos empíricos: observación, obtención de información a través de entrevistas a expertos y revisión de fuentes documentales.
2. Método histórico-lógico.
3. Método de análisis y síntesis.

Significación práctica:

La presente investigación permite mostrar las potencialidades que brinda la realización de una Ingeniería de detalles basada en estándares internacionales de diseño, lo que posibilita el reconocimiento del mismo en amplia escala. Además, constituye una gran herramienta para la modernización del sistema de control de la Planta Ósmosis Inversa de RENTE, permitiendo ampliar sus prestaciones al punto de producir agua de calidad no solo para dicha industria, sino también para su comercialización con otras empresas de la provincia.

Capítulo 1. Caracterización del sistema de control de la Planta de Ósmosis Inversa, así como la Ingeniería de detalles de los procesos secuenciales

En este capítulo se ilustran las características de los procesos ligados al tratamiento de agua y se muestra desde el punto de vista gnoseológico e histórico, el actual flujo productivo de la Planta de Ósmosis Inversa de la CTE "Antonio Maceo Grajales". Se presenta además de forma breve el estado del arte del uso de los PLCs como elemento fundamental de un sistema de control industrial, la metodología GRAFCET para la descripción de procesos secuenciales, así como el estado actual de instalaciones afines.

1.1 Características de los procesos de Ósmosis Inversa

Con el desarrollo de la tecnología actual, se han creado nuevas alternativas para el tratamiento de aguas y efluentes, una alternativa es la ósmosis inversa, la cual ha tenido un desarrollo masivo en el campo de la desalación de aguas salobres, sobre todo en el campo industrial, reemplazando o complementando a los métodos anteriores, ya que es un método no excluyente de los otros. Y en algunos países se ha transformado en la única opción factible. Además la mayoría de las aplicaciones de la ósmosis vienen de la capacidad de separar solutos en disolución de forma activa mediante ósmosis inversa utilizando membranas semi-permeables [7].

Principio de la Ósmosis Inversa y su presencia en la industria

La Ósmosis Inversa consiste en separar un componente de otro en una solución, mediante las fuerzas ejercidas sobre una membrana semi-permeable. Su nombre proviene de "ósmosis", el fenómeno natural por el cual se proveen de agua las células vegetales y animales para mantener la vida.

En el caso de la Ósmosis, el solvente (no el soluto) pasa espontáneamente de una solución menos concentrada a otra más concentrada, a través de una membrana semi-permeable. Entre ambas soluciones existe una diferencia de energía, originada en la diferencia de concentraciones. El solvente pasará en el sentido indicado hasta alcanzar el equilibrio. Si se agrega a la solución más concentrada, energía en forma de presión, el flujo de solvente se detendrá

cuando la presión aplicada sea igual a la **presión Osmótica Aparente** entre las 2 soluciones. Esta presión Osmótica Aparente es una medida de la diferencia de energía potencial entre ambas soluciones. Si se aplica una presión mayor a la solución más concentrada, el solvente comenzará a fluir en el sentido inverso: se trata de la **Ósmosis Inversa** (**Figura 1.1**). El flujo de solvente es una función de la presión aplicada, de la presión osmótica aparente y del área de la membrana presurizada [7].

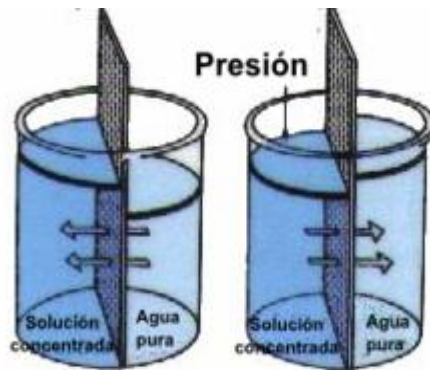


Figura 1.1 Ósmosis inversa.

Los componentes básicos de una instalación típica de ósmosis inversa (**Figura 1.2**), consisten en un tubo de presión conteniendo la membrana, aunque normalmente se utilizan varios de estos tubos, ordenados en serie o paralelo. Una bomba suministra en forma continua el fluido a tratar a los tubos de presión y, además, es la encargada en la práctica de suministrar la presión necesaria para producir el proceso. Una válvula reguladora en la corriente de concentrado, es la encargada de controlar la misma.

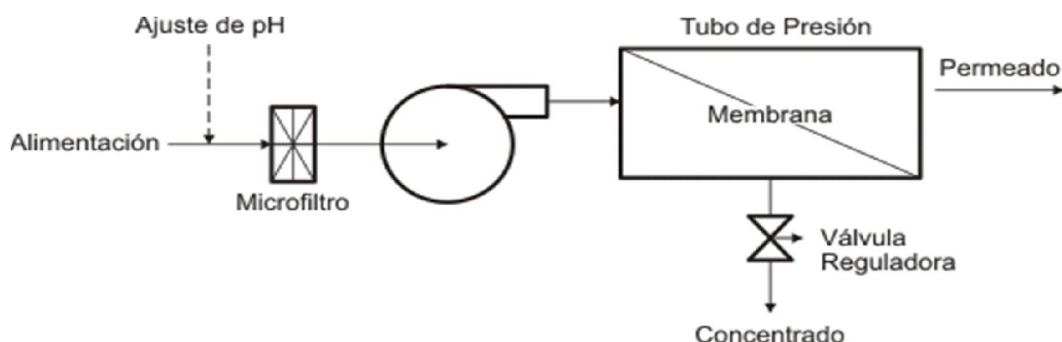


Figura 1.2 Esquema básico de un sistema de ósmosis inversa.

En una planta de Ósmosis Inversa se añaden otros elementos indispensables para lograr una mayor calidad del agua (**Figura 1.3**), incluso el proceso se divide en pre-tratamiento, ósmosis inversa y post-tratamiento para lograr un resultado óptimo en la producción.

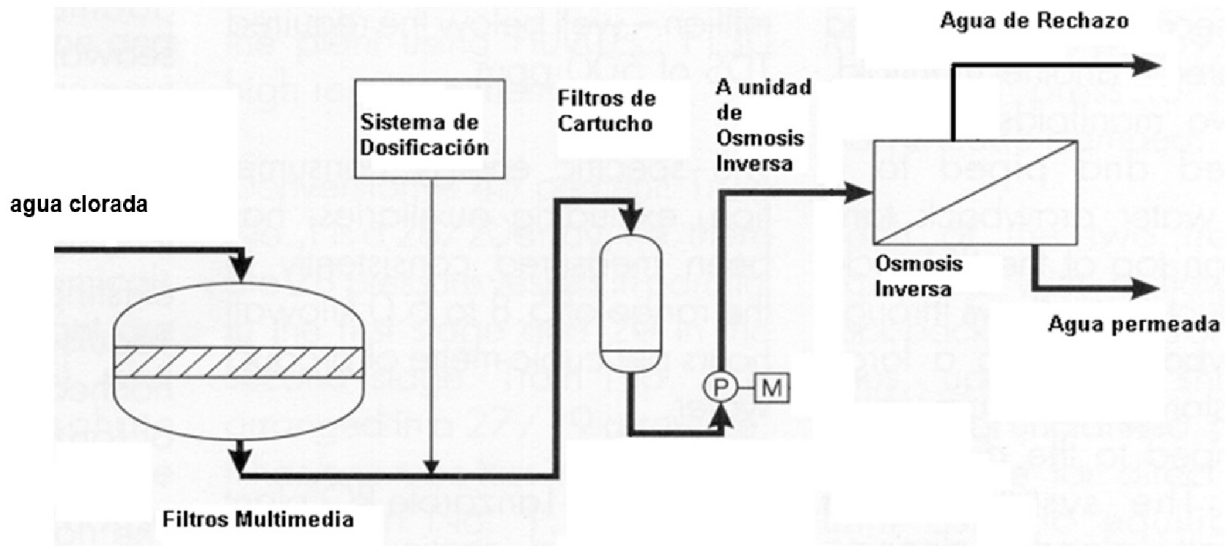


Figura 1.3 Esquema básico de una planta de ósmosis inversa.

1.2 Caracterización desde el punto de vista histórico del sistema de control de la Planta de Ósmosis Inversa de RENTE

Los antecedentes del Sistema de Control de la Planta de Ósmosis de RENTE están ligados a la historia de la Central Termoeléctrica “Antonio Maceo Grajales”. Esta se construyó a 9 kilómetros del municipio Santiago de Cuba en la península de Renté. En esta zona existía una casa de verano de la iglesia Católica y otra de la familia del Mártir santiaguero Renato Guitart, caído el 26 de Julio de 1953. En este lugar fue proyectada la Central Termoeléctrica por los especialistas del hermano y fraterno pueblo soviético y especialistas cubanos. Esto beneficiaría el desarrollo agro-industrial y servicio a la población, pues el sistema eléctrico en aquel entonces era deficiente, anticuado, de poca capacidad, carecía de piezas de repuesto y no satisfacía la demanda de energía. Es necesario señalar que se inician trabajos de preparación del terreno en 1962 y comienzan a llegar equipos y estructuras para ser instalados comenzando la recepción de estos. En este período, el personal técnico cubano era deficiente, producto a la política hostil del gobierno norteamericano

con la naciente revolución cubana, los cuales consiguieron llevarse cuantos técnicos cubanos quisieron. En el año 1964 se cumplen los planes y metas trazadas por los organismos directrices de la obra. Posterior a esto, la Central entre los años 1978 y 1984 realizó un proyecto de ampliación de nuevas unidades y más tarde se modernizó la Planta de Ósmosis Inversa.

1.2.1 Importancia de la Planta de Ósmosis Inversa en la CTE RENTE

Hay razones para justificar la presencia de esta Planta dentro de la Industria, ya que la ósmosis inversa reúne características excepcionales como:

- Permite remover la mayoría de los sólidos (inorgánicos u orgánicos) disueltos en el agua (hasta el 99%).
- Remueve los materiales suspendidos y microorganismos.
- Realiza el proceso de purificación en una sola etapa y en forma continua.
- Es una tecnología extremadamente simple, que no requiere de mucho mantenimiento y puede operarse con personal no especializado.
- El proceso se realiza sin cambio de fase, con el consiguiente ahorro de energía.
- Es modular y necesita poco espacio, lo que le confiere una versatilidad excepcional en cuanto al tamaño de las plantas: desde 1 m³/día, a 1.000.000 m³/día.

En una instalación con un nivel de seguridad tan alto como lo es RENTE, se hace necesario (imprescindible) el tratamiento al agua que posteriormente se conducirá a la caldera, porque las aguas duras contienen iones de calcio y magnesio que pueden precipitar combinados con iones como carbonatos, sulfatos o hidróxidos, estos precipitados se van acumulando (obstruyendo) en las tuberías de distribución, calentadores, etc., provocando eventualmente averías, fallos y roturas a la línea de producción, que pueden desencadenar un accidente de grandes proporciones si tenemos en cuenta que en el proceso de evaporación del agua se trabaja a altas temperaturas y presiones. Con la ósmosis inversa se reducen estos precipitados y se garantiza la calidad del agua requerida (conductividad menor de 2 µS/cm) [3].

1.2.2 Descripción del flujo productivo

La planta de tratamiento (**Figura 1.4**) puede abastecer 55 m³/h de agua desmineralizada para las necesidades de la central eléctrica de Santiago de Cuba, sacándola de un depósito de hormigón conectado a la planta a través de una tubería de 1220 m.

El agua extraída se trata con cloro y luego pasa a través de filtros con arena, desalada con plantas de ósmosis inversa y al final des-ionizada con la utilización de una planta de desmineralización con lechos mixtos.

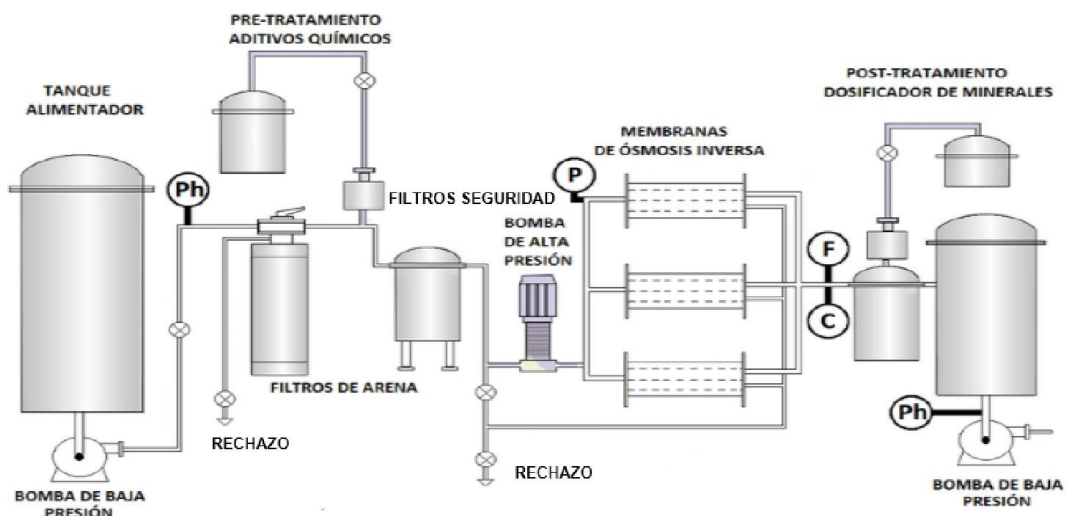


Figura 1.4 Esquema de la Planta de Ósmosis Inversa de RENTE.

Cloración inicial

La primera fase del tratamiento del agua que llega del depósito es la cloración que, además de eliminar todas las posibilidades de contaminación bacterianas presente, permite neutralizar la presencia de otras sustancias indeseables.

El sistema de cloración se instala cerca de la zona del depósito inicial para poder utilizar también la tubería como zona de contacto, porque el largo de la tubería determina un volumen de agua de aproximadamente 50 m³ y siendo 120 m³/h el flujo necesario para la planta, se obtiene que el tiempo de contacto entre agua y cloro sea de 20 minutos, o sea más que suficiente.

Para garantizar una acción completa y eficaz en la cloración, la planta dispone de un sistema de dosificación con cloro disponible como hipoclorito; el sistema dispone de una bomba dosificadora volumétrica, supeditada a un medidor de flujo.

La cantidad de cloro libre es muy importante en todo el proceso de tratamiento y se debe conocer. La concentración de cloro libre en el agua que pasa por la tubería debe estar entre 0.2-0.3 ppm (partes por millón); el eventual arreglo se efectúa a través del calibrador presente en la bomba dosificadora.

Los instrumentos previstos para la fase de cloración y sus funciones relativas se muestran en el **Anexo 1**.

Captación y bombas de alimentación de los filtros mecánicos

La dimensión de la tubería (250 mm de diámetro) que conduce el agua desde el tanque principal, no es capaz de asegurar el flujo necesario para el acondicionamiento de uno de los filtros de arena presentes y mantener la planta en funcionamiento. En tal situación el flujo en la entrada es tal que la pérdida de carga resulta ser superior a la preponderancia geodésica del depósito y entonces las bombas de alimentación no garantizarán el flujo necesario para la alimentación de la planta.

Para resolver esta situación, la planta está dotada de otro tanque de almacenamiento de agua cruda que se encuentra cerca de las bombas de alimentación, que está oportunamente vinculado a la línea de alimentación y que proveerá el agua necesaria para ambas actividades.

Una válvula neumática puesta en la tubería de alimentación de las bombas se abrirá y al agua contenida en el tanque se integrará a la que llega del tanque principal, evitando que ocurra la cavitación de las bombas y la parada de la planta.

Cuando las actividades de contra lavado estén terminadas, la válvula de carga del tanque reintegrará el nivel del mismo.

Los equipos instalados para garantizar el abastecimiento del agua se relacionan en el **Anexo 2**.

Filtrado con arena

En la línea de alimentación al filtrado se encuentra un sensor de presión que protege el funcionamiento de las bombas de alimentación en caso de que el tanque principal esté vacío, si la presión en las tuberías es inferior a 0.3 bar, el sistema de automatización bloquea las bombas.

Se debe filtrar utilizando tres filtros de arena (encargados de retener la materia orgánica y demás partículas $>20\ \mu\text{m}$) del género de presión a contra lavado

automático; dos de estos están en servicio mientras el tercero está en contra lavado o en reserva.

Normalmente el agua que hay que filtrar pasa por el filtro en sentido vertical, de arriba hacia abajo, donde por acción del material de relleno los sólidos suspendidos eventualmente presentes en el agua de alimentación son retenidos.

En la parte inferior del filtro está insertado un sistema porta toberas, con la función de drenar el agua que llega desde arriba del filtro. Las toberas están dotadas de grietas calibradas que impiden el pasaje del material filtrante.

Las secuencias de contra lavado se desarrollan con el sistema de automatización que, en función del criterio impuesto, permite comenzar las actividades acondicionamiento.

Si el criterio de contra lavado se programa a “tiempo”, el sistema de automatización cuenta las horas de servicio y cuando llega al límite ya fijado pone la columna fuera de servicio, pone aquella anteriormente regenerada en servicio y procede al contra lavado de la columna que anteriormente estaba en servicio.

La primera fase de la secuencia de regeneración es el vaciado parcial, con la función principal de despresurizar el filtro.

Después se procede a insuflar aire comprimido, necesario para destruir las eventuales zonas de aglomerados de la cama filtrante, suministrando de abajo hacia arriba aire a baja presión.

Después se pone en acción la bomba de alimentación conectada al filtro, se saca el agua contenida en el tanque de regeneración, descargando el agua con un notable caudal de abajo hacia arriba, para expulsar todas las partículas presentes en el fondo del filtro.

Después que el tiempo programado ha pasado, las válvulas del filtro se ponen en posición para permitir al agua efectuar un lavado en corriente, de arriba hacia abajo, ya sea para reclasificar el lecho del filtrado o para eliminar los restos de sólidos suspendidos presentes todavía.

Los equipos instalados en la sección de filtrado y sus funciones relativas se detallan en el **Anexo 3**.

Regeneración

El procedimiento de regeneración del filtro de arena se articula según las siguientes fases, reportadas aquí en orden cronológico:

1. Vaciado parcial.
2. Insuflado de aire.
3. Contra lavado con agua.
4. Lavado en corriente.
5. Ejercicio.

Los datos característicos en las diferentes fases de regeneración están reportados en la tabla siguiente:

FASE	DURACIÓN	AGUA		AIRE	
		CANTIDAD	CONSUMO	CANTIDAD	CONSUMO
Vaciado Parcial	3'		3 m ³		
Contra lavado con aire	5'			300 Nm ³ /h	25 Nm ³
Contra lavado con agua	10'	150 m ³ /h	25 m ³		
Lavado en corriente	5'	75 m ³ /h	6.25 m ³		

Dosificación de bisulfito

La eliminación del cloro libre presente en el agua de alimentación de la planta a ósmosis inversa es un proceso fundamental y extremadamente importante porque las membranas osmóticas no toleran la presencia del cloro libre en el agua de alimentación.

En este caso, la presencia de cloro libre en el agua de alimentación no es casual, sino una constante y cierta presencia como parte integrante del tratamiento, por el cual la planta de desmineralización a ósmosis inversa está dotada de un sistema para dosificar bisulfito de sodio que, siendo un reductor, elimina la presencia del cloro libre; un eventual exceso de bisulfito de sodio normalmente es tolerado por las membranas osmóticas.

El grupo de dosificación está compuesto por una bomba para la dosificación, vinculada a un medidor de caudal, que dosifica el bisulfito en función del flujo de entrada en la planta de ósmosis inversa.

La dosificación del bisulfito de sodio se debe regular en función de algunas determinaciones analíticas y de todas maneras según el siguiente criterio:

- Determinar la efectiva cantidad de cloro en el agua a la salida del filtrado con arena, poniendo los filtros en lavado final, tomando las muestras y utilizando un sistema de análisis adecuado.
- Preparar la bomba de dosificación, para que dosifique una cantidad de bisulfito de sodio (NaHSO_3) igual a 1.8 ppm de producto al 100% por cada ppm de cloro libre encontrado.
- En el caso que se utilice el metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) la cantidad de producto que hay que dosificar es igual a 2 ppm de producto al 100% por cada ppm de cloro libre encontrado.
- Para regular la bomba es necesario leer el manual de instrucciones y arreglar la cantidad de impulsos generados por el medidor de caudal.

Como ejemplo de dosificación se presenta el siguiente cálculo:

Suponiendo que la presencia de cloro libre en el agua de alimentación es igual a 0.3 ppm, entonces según el criterio anterior se debe dosificar: $0.3 \times 2 = 0.6$ ppm de metabisulfito, igual a 0.6 g/m³ y, si la concentración de metabisulfito de sodio en solución es del 20% esto significa que se debe dosificar: $0.6 / 0.2 = 3$ g/m³ de solución.

En el manual de la bomba se explica que la bomba de metabisulfito (bomba dosificadora) tiene una cilindrada de 0.2 cc/impulso, esto significa que la bomba deberá dar 15 golpes de pistón por cada m³ de agua que pasa a través del medidor de caudal.

Será entonces necesario que el medidor de caudal provoque un impulso por cada 66 litros de agua que lo atraviesan, mientras que la bomba de dosificación deberá ser preparada para que a cada uno de los impulsos recibidos del medidor de caudal pueda dar un golpe de pistón.

En resumen, con el cálculo se obtiene que la bomba de dosificación dará 15.15 impulsos por cada m³ de agua en tránsito por el medidor y entonces consecuentemente dará 3 g de metabisulfito al 20%, igual a 0.6 g de producto al 100% que es el necesario para eliminar 0.3 g/m³ de cloro libre.

Los instrumentos instalados en la fase de dosificación del bisulfito y sus funciones están recogidos en el **Anexo 4**.

Filtración de seguridad

La planta de pre-filtrado está predispuesta para la eliminación de eventuales partículas suspendidas que podrían estar presentes en el agua a tratar y que si no se eliminan podrían dañar la funcionalidad de las membranas.

La instalación prevé que el filtrado de seguridad esté instalado después de un sistema de pre-tratamiento porque el mismo está predispuesto solamente para remover las eventuales partículas que podrían escapar a la acción de las líneas de filtrado con arena.

Cada grupo de filtrado está compuesto por un contenedor metálico soldado eléctricamente, dotado de un fácil sistema de abertura, para permitir la sustitución de los elementos de filtrado.

Los filtros son de polipropileno de un largo nominal de 4" con grado de filtrado de 5 μ y, en el caso que estén tupidos, es necesario sustituirlos sin proceder a intervenciones de limpieza.

El grado de tupición se determina con la diferencia de presión que se obtiene entre los manómetros que están ubicados a la entrada y la salida de la batería de filtrado y que no debe ser superior a 0.8Kg/cm², además se registra con el sistema de automatización en el cual efectivamente están instalados dos transmisores de presión.

La siguiente tabla recoge la información necesaria para la gestión de esta sección:

FILTRACIÓN DE SEGURIDAD			
Instrumentación	Función	Sometimiento	Notas
Filtros 16-CF01, 16-CF02, 16-CF03 a cartucho.	Filtrado mecánico del agua cruda.		Los cartuchos deben tener un grado de filtrado de 5 μ . El máximo valor de la presión diferencial debe ser de cerca de 0.8 Kg/cm ² .

Dosificación de anticrustante

El anticrustante es necesario para aumentar el factor de recuperación de la planta o sea, para mantener en acción el mayor tiempo posible las sales

incrustantes contenidas en el agua de alimentación y prevenir la precipitación por encima de las superficies de las membranas osmóticas.

La dosificación del anticrustante se debe arreglar en función de algunas determinaciones analíticas. Ejemplo de ello es el siguiente cálculo:

Suponiendo que la cantidad de anticrustante necesaria que hay que dosificar en el agua de alimentación es igual a 3 ppm, con el manual de la bomba dosificadora se tiene que la bomba dosificadora de anticrustante tiene una cilindrada de 0.2 cc/impulso, lo que significa que la bomba tendrá que dar 15 golpes de pistón por cada m³ de agua que pasa a través del medidor de caudal al que está sometida.

Considerando el ejemplo precedente, el medidor de caudal da un impulso por cada 66 litros de agua que lo atraviesan, entonces para obtener una dosis de 3 g/m³, la bomba dosificadora tendrá que ser programada para hacer que por cada impulso recibido por el medidor de caudal pueda dar un golpe de pistón.

En resumen, con el cálculo se tiene que la bomba dosificadora dará 15,5 impulsos por cada m³ de agua en tránsito por el medidor y en consecuencia dosificará 3 g de anticrustante por cada m³ de agua de entrada. El **Anexo 5** recoge la instrumentación que interviene en esta sección.

Desmineralización con ósmosis inversa

Todos los aparatos y las secciones precedentemente descritas hay que entenderlas como un pre-tratamiento a la sección de desmineralización con ósmosis inversa; los instrumentos instalados y su relativo funcionamiento son descritos en la tabla que a continuación se muestra:

SECCIÓN DE ÓSMOSIS INVERSA			
Instrumentación	Función	Subordinación o Condición	Notas
16-PT02 Transmisor de presión	Transmite la presión del agua después de los filtros de cartuchos	La señal se registra continuamente por el sistema de automatización y bloquea el funcionamiento de la instalación en caso de baja presión	

SECCIÓN DE ÓSMOSIS INVERSA			
Instrumentación	Función	Subordinación o Condición	Notas
16-PSL01 Manómetro electromecánico para el control de presión	Registrar la presión del agua después de los filtros de cartuchos	En caso de intervención bloquea el funcionamiento de la instalación de ósmosis	Temporizador de espera de cerca de 20 s. El valor de ajuste debe ser de cerca de 1 Kg./ cm ²
41-P01 Bomba de alta presión para la instalación osmótica	Presuriza el agua sobre las membranas		El inicio se gestiona con un sistema de variación de la velocidad
21-TT01 Termóstato de seguridad de la instalación	Controla el valor de la temperatura del agua de alimentación	Bloquea la instalación en el caso en el cual el valor de la temperatura sea superior a 45°	La regulación del umbral de intervención debe ser efectuado por el instrumento
21-PT01 Transmisor de presión	Registra la presión del agua por encima de las membranas osmóticas	La señal es registrada continuamente por el sistema de automatización y bloquea el funcionamiento de la instalación en caso de alta presión	El valor leído se confronta con 21-PT02, en caso que supere al valor diferencial el sistema de automatización bloquea la instalación
21-CT01 Conductímetro del permeado	Conductímetro para el control de la conductividad del permeado	En caso de alta conductividad la instalación es bloqueada	El valor máximo debe ser de cerca de 30 µS
21-FT01 Medidor del caudal del concentrado	Controla el valor del caudal del concentrado	En caso de baja capacidad el sistema de automatización bloquea la instalación	
21-FT02, Medidor del caudal del permeado	Controla el valor del caudal del permeado	En caso de baja capacidad el sistema de automatización bloquea la instalación	

Los dos flujómetros 21-FTO1 y 21-FTO2 controlan continuamente el valor del caudal del permeado y del concentrado cuya relación se debe monitorear y mantener dentro de los límites del proyecto.

SECCIÓN DE LAVADO Y FLUJO			
Instrumentación	Función	Sometimiento	Notas
17-T01 Depósito de preparación de las soluciones de lavado	Acumula el agua para el flujo automático		
17-PV01 Válvula de llenado del contenedor de lavado	Regula el flujo del permeado para el relleno	A los niveles mínimo y máximo presentes en el depósito 17-T01	La válvula es del tipo normalmente abierta
17-P01 Bomba centrífuga	Pone en circulación el agua del flujo y las soluciones químicas de lavado	Al nivel mínimo 17-LS01, en cada parada de la planta osmótica	La bomba entra en servicio automáticamente cuando se para la bomba de alimentación de membranas

Configuración de la instalación a doble salto

Durante el normal funcionamiento de la instalación, las plantas osmóticas “LINEA A” y “LINEA B” funcionan en paralelo mientras que la planta “LINEA C” trata el “permeado” producido en las otras dos, para reducir la salinidad del “permeado” antes de que sea sometido a la desmineralización sobre la cama mixta.

El agua producida en las dos plantas a ósmosis inversa llega a un tanque, donde se dosifica la sosa cáustica hasta a un valor de pH comprendido entre 7.8-8.2, para hacer que los anhídridos carbónicos libres presentes en el permeado se transformen en bicarbonatos de sodio que, siendo una sal, puede bloquear las membranas de la planta “LINEA C”.

La instrumentación asociada se muestra a continuación.

ALIMENTACIÓN A LA SEGUNDA ETAPA			
Instrumentación	Función	Subordinación o Condición	Notas
53-P01 Bomba centrífuga para el envío del permeado a la "LINEA C"	Envía el agua presente a la instalación osmótica "LINEA C"	A la marcha de la instalación y al nivel 53-LT01	
53-VM01 Válvula modulante automática	Regula el nivel del depósito 53-T01, para evitar el balance continuo de los caudales de las instalaciones	Al nivel 53-LT01	El nivel es del tipo analógico continuo
53-PT01 Indicadores de nivel piezoeléctrico	Controlan el nivel del depósito 53-T01	Regula la marcha de la bomba 53-P01 y de la válvula modulante 53-VM01	El valor se reporta en el telecontrol

Sección de lechos mixtos

Después de la desmineralización utilizando doble salto con ósmosis inversa, el agua se debe tratar con una batería de filtrado de camas mixtas. Por esto el agua de salida de la planta de ósmosis inversa se almacena en el depósito 52-T01, para ser después enviada otra vez al tratamiento de desmineralización.

Para ello están previstas tres bombas y cada cual está virtualmente vinculada a una línea de desmineralización de cama mixta; los aparatos instalados para garantizar el abastecimiento del agua se muestran en el **Anexo 6**.

Las operaciones de regeneración de las resinas, son completamente gestionadas por el autómata de la planta de desmineralización y por esto no son necesarias intervenciones manuales. El sistema de automatización que acciona en secuencia las válvulas neumáticas instaladas, hace generar los flujos necesarios para desarrollar todas las fases de regeneración. La duración de las fases individuales y la funcionalidad de las bombas de regeneración 61-P01 y 61-P02 se reportan en la tabla inferior:

Fases	Duración	Bombas 61-P01 61 – P02
Contra – lavado	10'	Encendida
Pausa	2'	Apagada

Fases	Duración	Bombas 61-P01 61 – P02
Aspiración sosa	30'	Encendida
Lavado lento sosa	60'	Encendida
Aspiración ácido	30'	Encendida
Lavado lento ácido	30'	Encendida
Lavado veloz catiónico	20'	Encendida
Vaciado parcial	10'	Apagada
Mezcla con aire	10'	Apagada
Lavado final	10'	Encendida

Instalación de neutralización de las aguas de regeneración

La planta de tratamiento de las aguas de regeneración es indispensable para permitir la descarga al alcantarillado (o salida al mar) del agua residual de las actividades de regeneración.

Los aparatos previstos y sus usos específicos son los siguientes:

INSTALACIÓN DE NEUTRALIZACIÓN			
Instrumentación	Función	Sometimiento	Notas
05-DP03, 05-DP04 Bombas dosificadoras para el ácido sulfúrico diluido	Dosifican el ácido sulfúrico para neutralizar la alcalinidad de la sosa en el depósito 80-T01	Medidor de pH 80-AT01	
06-DP01, 06-DP02 Bombas dosificadoras para la sosa cáustica	Dosifica la sosa cáustica para neutralizar la acidez en el depósito 80-T01	Medidor de pH 80-AT01	
80-AG01 Agitador para la mezcla del agua en el depósito 80-T01	Mezcla el agua presente en el depósito 80-T01	En cada intervención del medidor de pH 80-AI01, con temporizador de retención con tiempo de 10 minutos	Durante la regeneración está siempre en marcha
80-AI01 Medidor de pH electrónico de control	Controla y regula el funcionamiento de las bombas dosificadoras para el ácido y la sosa cáustica	Regula la marcha de las bombas 05-DP02, 05-DP03, 06-DP01, 06-DP02	El valor es registrado en el telecontrol

INSTALACIÓN DE NEUTRALIZACIÓN			
Instrumentación	Función	Sometimiento	Notas
80-P01 Bomba de alimentación del agua neutralizada	Descarga en el alcantarillado la solución contenida en el depósito 80-T01	La bomba entra en acción si el valor del pH está comprendido en límites aceptables	
80-LSLL01 Regulador de nivel flotante	Controla el máximo nivel del depósito 80-T01	Bloquea el funcionamiento de las bombas de regeneración y señala la alarma	
80-LS01 Regulador de nivel flotante	Controla el nivel de partida de la bomba 80-P01	Inicia la marcha de la bomba 80-P01	
80-LSH01 Regulador de nivel a flotante	Controla el nivel de parada de la bomba 80-P01	Detiene la marcha de la bomba 80-P01	

1.2.3 Autómatas Programables en la Industria

La historia del Controlador Lógico Programable comienza en 1968, cuando Ford y General Motors, preocupados por los elevados costos de los sistemas de control a base de relés de lógica cableada, comenzaron a trabajar con Digital en el desarrollo de un sistema de control que evitara estos inconvenientes, el resultado de la colaboración fue un equipo programado, denominado PDP-14, cuyo empleo no tardó en extenderse a otras industrias. Este equipo debía ser fácilmente programable, sin recurrir a los computadores industriales ya en servicio en la industria. A medio camino entre estos microcomputadores y la lógica cableada aparecen los primeros modelos de autómatas, también llamados controladores lógicos programables (PLC's). Limitados originalmente a los tratamientos de lógica secuencial, los Autómatas se desarrollaron rápidamente, y extendieron sus aplicaciones al conjunto de sistemas de control de procesos y de máquinas. En la actualidad existen PLC's

que permiten automatizar a todos los niveles, desde pequeños sistemas mediante autómatas compactos, hasta sistemas sumamente complejos mediante la utilización de grandes redes de autómatas. Hoy día el PLC más pequeño es del tamaño de un simple relé.

A diferencia de lo que ocurría hace unos años, hoy en día es posible encontrar en el mercado entornos de desarrollo de aplicaciones para PLC que permiten crear programas siguiendo las recomendaciones IEC (Norma Internacional para Programación), simularlos en una Computadora Personal (PC) y hacer automáticamente las conversiones necesarias para ejecutarlos en equipos de diferentes fabricantes. Sin embargo aún no se ha llegado a una situación en la que se disponga de un entorno realmente abierto, que pueda ser utilizado tanto para la docencia como a nivel industrial, que tenga la facilidad de uso de los entornos comerciales y que no requiera de grandes desembolsos económicos. Los fabricantes han ido incorporando el estándar lentamente y una década después de su aparición aún hay muchas cuestiones no resueltas en cuanto a la portabilidad de los programas o la semántica de los lenguajes estandarizados.

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales. Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control y señalización; por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, deservicio, comercial o doméstico [6].

1.2.4 Gráfica de control de etapas de transición (GRAFCET).

Una de las herramientas usadas para describir o representar sistemas es el GRAFCET, que no es más que un método gráfico de modelado de sistemas de control secuenciales. El GRAFCET es una secuencia de etapas, por medio del cual se puede llevar cabo con facilidad la programación del PLC.

Nació en el año 1977 en un grupo de trabajo de la AFCET (Asociación Francesa para la Cibernética Económica y Técnica) creada en el año 1975.

La creación del GRAFCET fue necesaria, entre otros motivos, por las dificultades que presentaba la descripción de automatismos con varias etapas simultáneas utilizando el lenguaje normal [4]

La evolución de un proceso representado mediante un gráfico GRAFCET, está formada por una sucesión de etapas que representan cada uno de sus estados, llevando cada una de ellas asociada una o varias acciones a realizar sobre el proceso, que se ejecutarán si las etapas correspondientes están activas. En la **Figura 1.5** se muestra un ejemplo de diagrama GRAFCET.

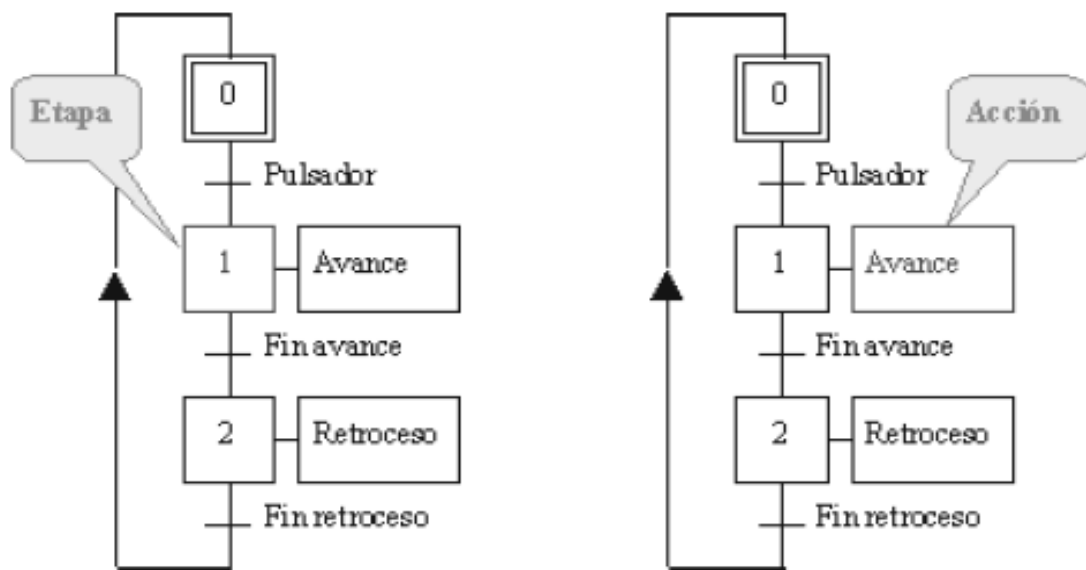


Figura 1.5 Ejemplo de diagrama GRAFCET.

Las acciones, en una primera clasificación, pueden ser incondicionales, que son aquellas que se ejecutan con solo quedar activadas las etapas correspondientes, o condicionales que son acciones que necesitan el cumplimiento de una condición, además de la propia activación de la etapa correspondiente. Las acciones también pueden ser internas que son aquellas que se producen en el equipo de control, por ejemplo temporizaciones, contadores, cálculos matemáticos; y también pueden ser externas, que son aquellas acciones que se producen sobre el proceso, por ejemplo abrir o cerrar una válvula o activar o desactivar una bomba.

El gráfico GRAFCET correspondiente a un proceso, se compone de una serie de etapas secuenciales que se activan una tras otra, unidas mediante una transición. Las transiciones indican la posibilidad de evolución entre etapas, es

decir, la evolución del estado interno del sistema. El paso de una etapa a la siguiente se realiza dependiendo de si se cumple o no la condición de transición entre ellas. Toda transición lleva asociada una condición de transición o función lógica, que puede ser verdadera o falsa.

Los temporizadores son muy empleados para conseguir que el proceso permanezca en un estado (realizando una labor) un determinado número de segundos. Dado que el diagrama en GRAFCET del proceso recoge los estados por los que ha de pasar el proceso, estos temporizadores también han de ser incluidos en el diagrama. El cambio de estado del temporizador puede ser utilizado como condición en la transición. La simbología básica para hacer un diagrama en GRAFCET se muestra en el **Anexo 7**.

En este trabajo es importante el uso del GRAFCET debido a que es la herramienta que se utiliza para describir el algoritmo del programa, lo que permite detallar el comportamiento de cada una de las acciones que ocurren dentro de cada estado.

1.3 Caracterización del actual sistema de control de la Planta de Ósmosis Inversa de RENTE

Desde la última modernización hasta ahora han pasado más de 15 años, y el sistema de control instalado en aquel entonces ya es considerado obsoleto, debido a que estaba diseñado para 10 años de explotación y han existido cambios en la tecnología asociada al proceso. Como consecuencia, se ha perdido el acceso a la estrategia de control actual por falta de hardware, licencias y llaves entre el proveedor y la industria; lo que provoca que el sistema está expuesto a frecuentes fallos y posibles averías en la línea de producción, lo que requiere la completa sustitución del sistema de control actual, compuesto por:

- PLC TSX Premium TSXP57453M: de 96 entradas y 96 salidas digitales.
- 21 módulos remotos.
- Conexión FIPIO a nivel de campo.

Esta modernización no parte de cero, en ella se encuentra montado equipamiento de buena calidad que conservan su funcionalidad hasta ahora, principalmente instrumentación de campo y dispositivos del proceso:

- 25 bombas: alimentación, dosificadoras, de alta presión, de lavado.

- Compresores para la regeneración.
- Mezcladores.
- Sopladores.
- Válvulas neumáticas.
- Selectores manual/automático.
- Medidores de caudal, nivel, pH, presión, temperatura, conductividad.
- Señalización.

Conclusiones parciales

En este capítulo se realizó un estudio de los procesos basados en la técnica de ósmosis inversa, las características de las instalaciones afines y su importancia para la CTE RENTE. Se describió el proceso productivo, así como la evolución y uso de los autómatas en las industrias. Se abordó el tema referente al modelado GRAFCET como solución al desarrollo de programas de control para procesos secuenciales y finalmente se realizó una caracterización del actual sistema de control de la Planta de Ósmosis Inversa de la Central Termoeléctrica “Antonio Maceo Grajales”, demostrando que las deficiencias actuales repercuten en el desarrollo óptimo de la instalación, cuya solución se abordará en el Capítulo 2.

Capítulo 2. Propuesta de modernización del sistema de control de la Planta de Ósmosis Inversa de la Central Termoeléctrica "Antonio Maceo Grajales".

Introducción:

Este capítulo plantea en detalles la propuesta del nuevo sistema de control de la Planta Ósmosis Inversa, con el que se pretende restaurar e implementar el correcto funcionamiento del proceso tecnológico y el control automático de los parámetros fundamentales, para lograr una máxima eficacia en la explotación de los equipos, optimizando el consumo de energía y garantizando además la seguridad que conlleva la puesta en marcha de una modernización en dicha instalación. Por ello se exponen las características del equipamiento e instrumentación solicitada para la nueva propuesta, además, se desarrolla la lógica funcional del sistema mediante el modelado GRAFCET, así como su traducción y programación en el autómatas seleccionado.

2.1 Ingeniería de detalles de la propuesta

El sistema de control (SC) de la Planta de Ósmosis por sus características tecnológicas posee riesgos capaces de producir o generar accidentes, incendios y/o averías, como son: altos valores de energía eléctrica y presión, contaminación química, entre otros. Dichos riesgos dan lugar a la posibilidad de inducir consecuencias adversas sobre receptores vulnerables (personas, bienes materiales) como resultados de los efectos dañinos (térmicos y físicos) originados por sucesos incontrolados en esta instalación.

En la actualidad la tendencia al tratamiento de variables con riesgos potenciales responde a la implementación de un sistema de seguridad de acuerdo al Nivel Íntegro de Seguridad (seguridad intrínseca). En la práctica, los sistemas de automatización redundantes se utilizan con el fin de conseguir una mayor disponibilidad (sistemas 1 de 2) o seguridad (sistemas 2 de 2) contra los fallos: la primera compuesta por PLCs, CPUs, módulos E/S, y finalmente instrumentos de campo como sensores y actuadores. Las CPUs de los PLCs vienen diseñados con dos procesadores, uno de la aplicación (que desarrolla la secuencia del proceso) y otro de seguridad (encargado de la secuencia de seguridad), cada uno con su memoria RAM individual. Estos sistemas son

ideales para procesos grandes y complejos y reducen la probabilidad de pérdidas de producción debido al servicio en paralelo de 2 sistemas. La segunda utiliza lazos de seguridad redundantes a los lazos convencionales del proceso, que actúan de manera autónoma a nivel de campo o local. El objetivo fundamental es proteger vidas humanas, el medio ambiente y el capital mediante la desconexión segura a un estado de reposo seguro [11] En este caso se selecciona la primera opción por las características del proceso y la simplicidad en su implementación, además, teniendo en cuenta que una parada de dicha planta provocaría una parada general en la unidad de generación de la CTE, provocando una caída significativa en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN), se hace necesario la reducción de los cortes de producción, sin importar si estos se deben a un error o a trabajos de mantenimiento.

El sistema de control propuesto, basado en un sistema S7-400H (**Figura 2.1**), cumple los elevados requisitos de disponibilidad, inteligencia y descentralización impuestos. Ofrece todas las funciones necesarias para la adquisición y el acondicionamiento de los datos del proceso, así como para controlar, regular y supervisar la instalación. Además el bastidor UR2-H permite el montaje de dos sistemas parciales independientes con nueve slots cada uno.

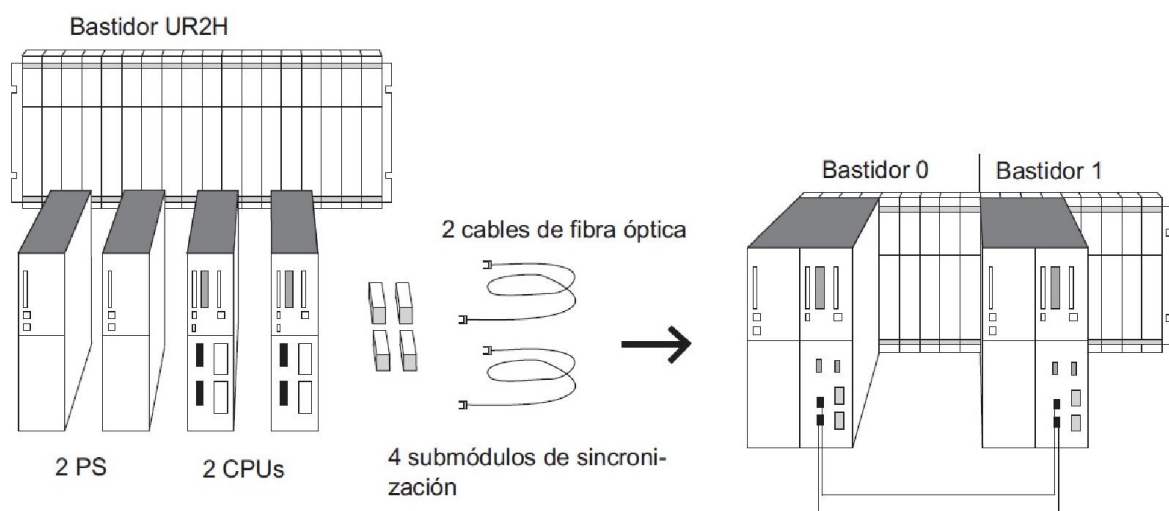


Figura 2.1 Hardware del sistema básico S7-400H.

2.1.1 Caracterización de los sistemas redundantes S7-400H

El concepto de redundancia, junto con el de alta disponibilidad, comprende la capacidad del sistema de comunicaciones para detectar un fallo en la red de la manera más rápida posible y que, a la vez, sea capaz de recuperarse del problema de forma eficiente y efectiva, afectando lo menos posible al servicio.

La redundancia hace referencia a nodos completos que están replicados o componentes de éstos, así como caminos u otros elementos de la red que están repetidos y que una de sus funciones principales es ser utilizados en caso de que haya una caída del sistema. Ligado a esto, la alta disponibilidad consiste en la capacidad del sistema para ofrecer un servicio activo durante un tanto por ciento de un tiempo determinado o a la capacidad de recuperación del mismo en caso de producirse un fallo en la red. Cuando se habla de “caída del sistema” hace referencia tanto a un equipo que ha dejado de funcionar, como un cable que ha sido cortado o desconectado; u otras situaciones que impliquen que la red deje de funcionar. En casos como estos, hace falta que el sistema detecte el fallo del mismo y que, además, reaccione de manera rápida y eficiente en la búsqueda de una solución a la caída.

El sistema de automatización S7-400H y los demás componentes de SIMATIC funcionan conjuntamente, y existe una plena continuidad por todo el sistema desde el puesto de control hasta los sensores y los actuadores, lo cual garantiza un máximo rendimiento del sistema (**Figura 2.2**).

Para que el S7-400H esté disponible en cualquier caso, posee una estructura redundante. A tal efecto, están duplicados el módulo central (CPU), la fuente de alimentación y el hardware para acoplar los dos módulos centrales.

Los módulos de entradas/salidas para señales cableadas, se distribuyen por la instalación, es lo que se denomina "periferia descentralizada", esto ahorra tiradas de cables de señal aproximando la electrónica del control hasta los elementos de campo. Estos módulos de entrada/salida se comunican con los controladores mediante protocolos específicos o de bus de campo (en inglés "fieldbus") para garantizar los tiempos de comunicación entre controlador y periferia en unos tiempos mínimos, del orden de milisegundos, adecuados a las necesidades del proceso.

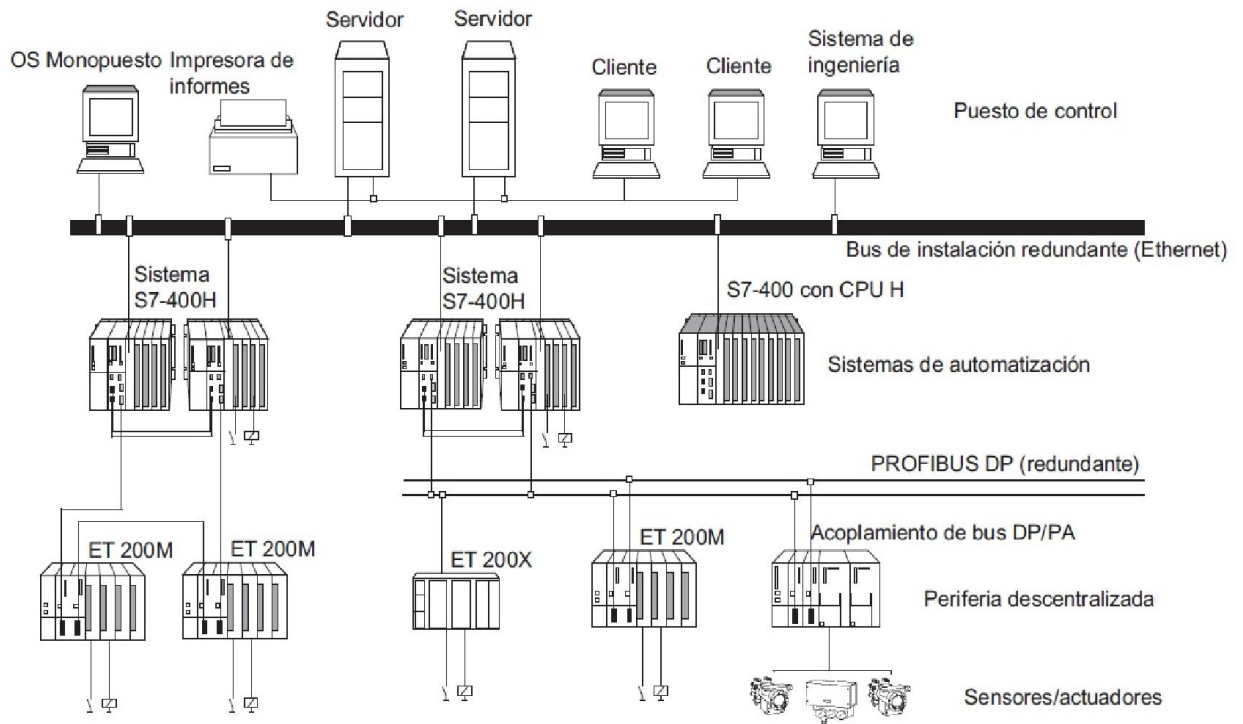


Figura 2.2 Soluciones de automatizaciones homogéneas con SIMATIC.

2.1.2 Nodos de redundancia

Los nodos de redundancia representan la seguridad de los sistemas que cuentan con componentes repetidos. Un nodo de redundancia se considera independiente si el fallo de uno de los componentes del nodo no provoca restricciones de fiabilidad en otros nodos ni en el sistema entero.

La disponibilidad del sistema completo se puede exponer sencillamente mediante un esquema de bloques (**Figura 2.3**). En un sistema 1 de 2 (de alta disponibilidad), puede fallar uno de los componentes del nodo de redundancia sin que se vea afectada la funcionalidad del sistema entero (**Figura 2.4**). En la cadena que forman los nodos de redundancia, el eslabón más débil determina decisivamente la disponibilidad del sistema entero.

- **Sin anomalía:**

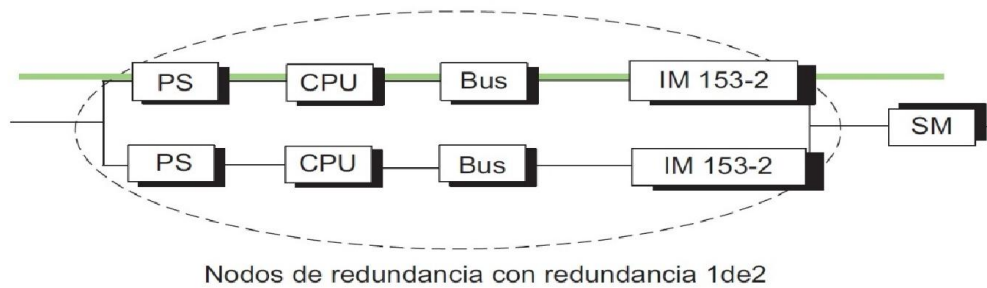


Figura 2.3 Ejemplo de redundancia en una red sin anomalías.

- **Con anomalía:** Puede fallar un componente sin que se vea afectada la funcionalidad del sistema entero.

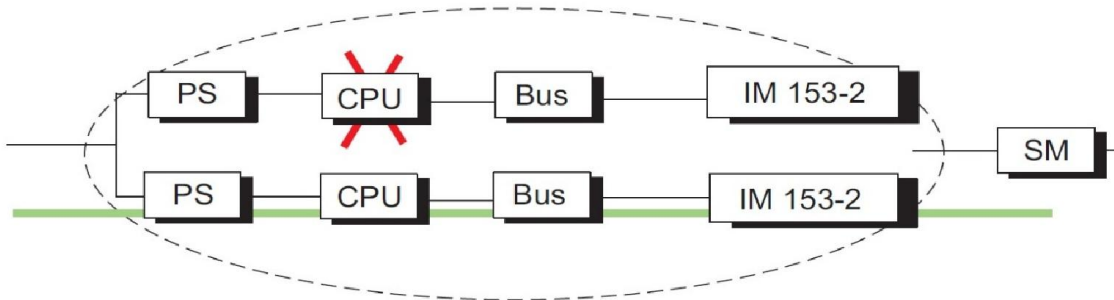


Figura 2.4 Ejemplo de redundancia en un sistema 1 de 2 con anomalía.

- **Fallo de un nodo de redundancia (fallo total):** No puede funcionar todo el sistema, porque en un nodo de redundancia 1 de 2 han fallado los dos componentes parciales (fallo total).

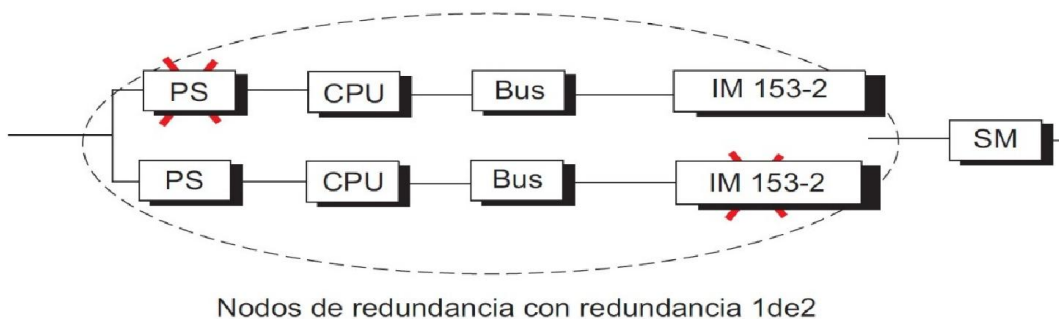


Figura 2.5 Ejemplo de redundancia en un sistema 1 de 2 con fallo total.

2.2 Instrumentación para el sistema de control propuesto

El proceso industrial desarrollado por la Planta de Ósmosis Inversa, responde a las características de un proceso continuo, en el cual se deben mantener las variables (particularmente presión, nivel, flujo y conductividad), en un rango deseado o valor fijo.

Una vez analizada toda la instrumentación existente, compatible con el sistema de control propuesto, se presentan a continuación las demandas necesarias para la puesta en marcha de la nueva propuesta.

2.2.1 PLC SIMATIC S7-400 con CPU 414-5H

El S7-414-5H de SIEMENS, mostrado en la **Figura 2.6**, es en autómata de gama alta, basado en el sistema modular para la configuración de hardware.



Figura 2.6 PLC SIMATIC S7-414-5H de la compañía Siemens.

Es de aplicación flexible gracias a la posibilidad de realizar fácilmente estructuras descentralizadas y a la versátil conectividad a distintas redes de comunicación. Otras características de la CPU se recogen en el **Anexo 7**.

Ventajas que convierten al SIMATIC S7-414-5H en el PLC más adecuado para las necesidades requeridas:

- Es ideal para tareas de muchos datos en la industria de procesos; la gran velocidad de procesamiento y los tiempos de reacción, reducen los tiempos de ciclo de las máquinas rápidas en la industria. El rápido bus de fondo posibilita una conversión eficaz de los módulos periféricos centrales.
- Se utiliza preferentemente para coordinar instalaciones completas y para controlar las líneas de comunicación subordinadas con estaciones esclavas, de ello se ocupan las interfaces integradas y la gran capacidad de comunicación.

- La capacidad para periferia de E/S es prácticamente ilimitada, lo que permite ampliar sus prestaciones.
- Los recursos disponibles en la CPU permiten integrar nuevas funciones sin necesidad de invertir en más hardware, por ejemplo: procesamiento de datos de calidad, cómodo diagnóstico o rápida comunicación a través del sistema de bus.
- Se puede configurar de forma modular, sin necesidad de observar ninguna regla de asignación de slots; posee una amplia gama de módulos disponibles, tanto para estructuras centralizadas como para estructuras descentralizadas.

2.2.2 Estación SIMATIC ET200M/LINK

La estación SIMATIC ET200M/LINK de SIEMENS, mostrada en la **Figura 2.7**, posee un amplio abanico de módulos I/O para una adaptación óptima a la tarea de automatización que se desea realizar. Trabajando junto a los autómatas de la gama S7-400H garantiza un sistema de automatización redundante de alta calidad. Su fácil montaje y manipulación hacen de esta estación un equipo indispensable para el acondicionamiento de las señales. Otras características se pueden apreciar en el **Anexo 8**.



Figura 2.7 Estación SIMATIC ET200M/LINK.

Cuenta con 16 entradas analógicas, 64 entradas digitales y 64 salidas digitales. Lo que implica que para cubrir todas las señales de campo (461 en total), se necesitan como mínimo 4 estaciones similares. Esto se evidencia en un sencillo cálculo; si se tiene presente que las señales se dividen en:

- 201 entradas y 210 salidas digitales.
- 49 entradas y 1 salida analógica.

Luego dividiendo 210 (mayor cantidad de salidas) entre las 64 salidas digitales que posee el equipo, se obtiene un resultado de aproximadamente 3.28 estaciones, aplicando un redondeo lógico se llega a la conclusión de que se necesitan al menos 4 estaciones. La disponibilidad es de 3 estaciones, por lo que la variante a utilizar es la expansión de los módulos disponibles en estos equipos, lo que aumenta la cantidad de entradas o salidas según las necesidades. La instrumentación de campo no está propuesta a cambios, por lo que las señales que intervienen en el proceso se corresponden con la tabla mostrada en el **Anexo 9**.

2.2.3 Cables de comunicación

La comunicación entre el dispositivo de programación, en este caso un ordenador, y el autómata es a través de cable Ethernet (**Figura 2.8**) ya que es una vía factible y de fácil implementación, además la comunicación Ethernet es un estándar de redes de área local, y lo que se pretende que estén ubicados a corta distancia, por lo que la velocidad de comunicación no influye de manera determinante en el montaje.

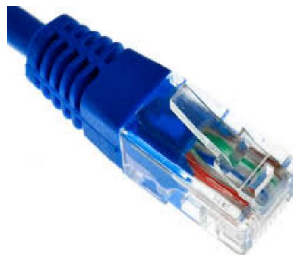


Figura 2.8 Conector Ethernet.

El enlace entre el autómata y las estaciones se implementó a través del protocolo Profibus, un estándar de comunicaciones para bus de campo muy utilizado por Siemens. Desde el punto de vista del control de las comunicaciones, el protocolo Profibus es maestro-esclavo. Este esquema permite ciclos de lectura más cortos que otros como pueden ser las aplicaciones multi-maestros. El cableado se montó con una red Profibus DP (**Figura 2.9**).



Figura 2.9 Terminadores en cada extremo del bus Profibus DP.

2.3 Descripción de la secuencia de trabajo

La programación en el autómata, correspondiente al proceso de la planta de Ósmosis Inversa, se llevó a cabo a partir de la confección de varios algoritmos de trabajo general. Para ello se utilizó el GRAFCET como herramienta que describe a procesos secuenciales como en este caso. A continuación son presentados los algoritmos correspondientes al bloqueo general de la planta (**Figura 2.10**), el pre-tratamiento, ósmosis inversa y el post-tratamiento, por ser los más importantes en el proceso.

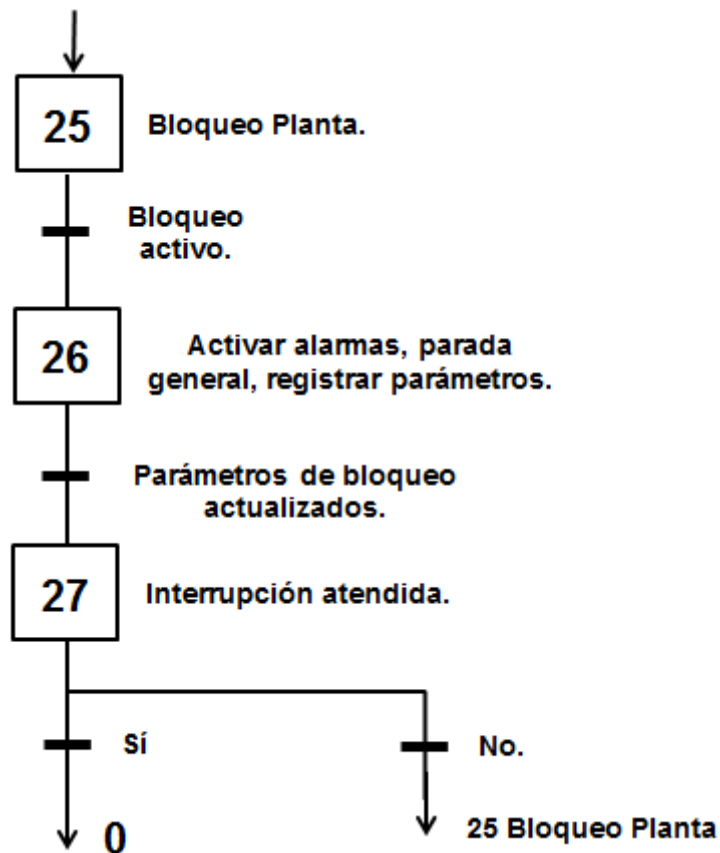


Figura 2.10 Algoritmo del bloqueo general de la planta.

El bloqueo de la planta no es más que llevar a la instalación a un estado seguro, no implica la desconexión de los equipos pero sí la atención de la interrupción, ya sea por el propio sistema de control o por los operarios de la instalación. Un factor importante es la actualización de los registros de estados, ya que en caso necesario, dirigirse al problema es fácil sólo verificando los parámetros de bloqueo que indican el porqué de la caída de la planta.

2.3.1 Algoritmos del pre-tratamiento

Los diagramas GRAFCET correspondientes a las siguientes figuras, se diseñaron a partir de la descripción del proceso plasmada en el Capítulo 1, epígrafe 1.2.2, se definen las etapas de acuerdo a los estados y las transiciones atendiendo a las condiciones en cada una de las etapas del proceso.

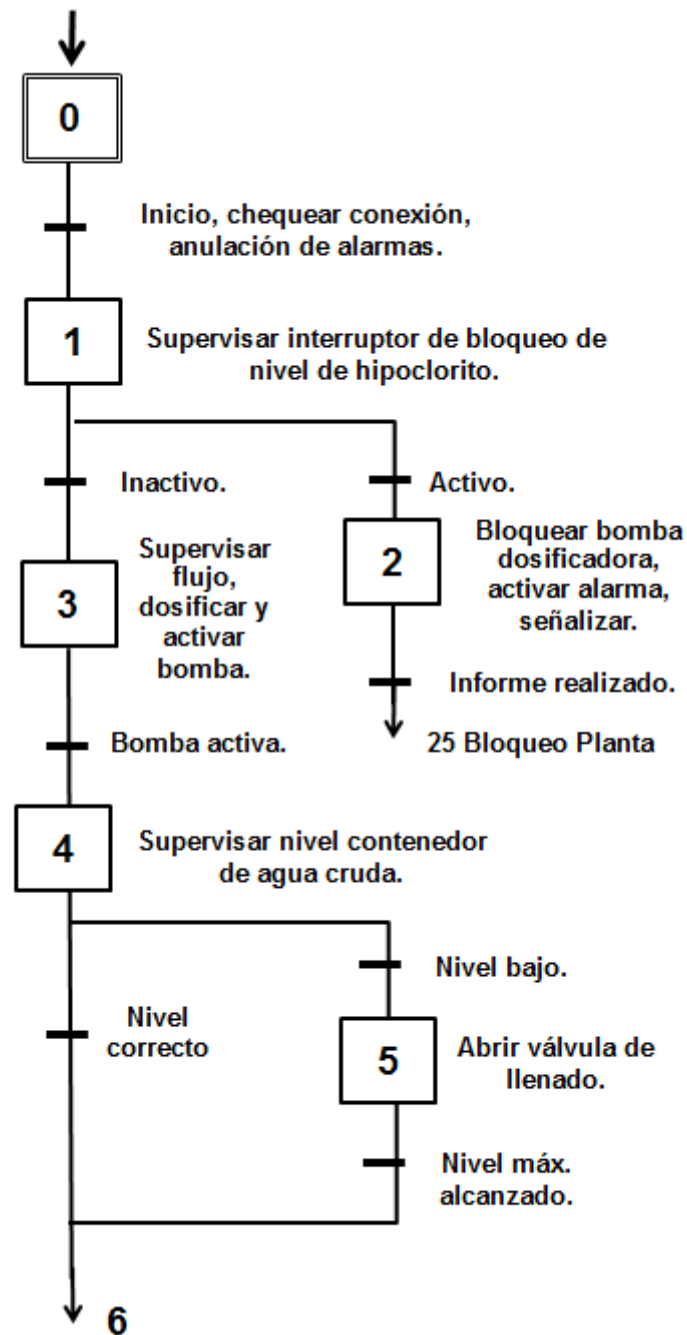


Figura 2.11 Primera etapa del pre-tratamiento.

En un inicio se realiza un barrido del sistema de control completo con el objetivo de verificar conexiones, alarmas activas, solicitudes de estas o cualquier otro estado que impida el arranque del sistema.

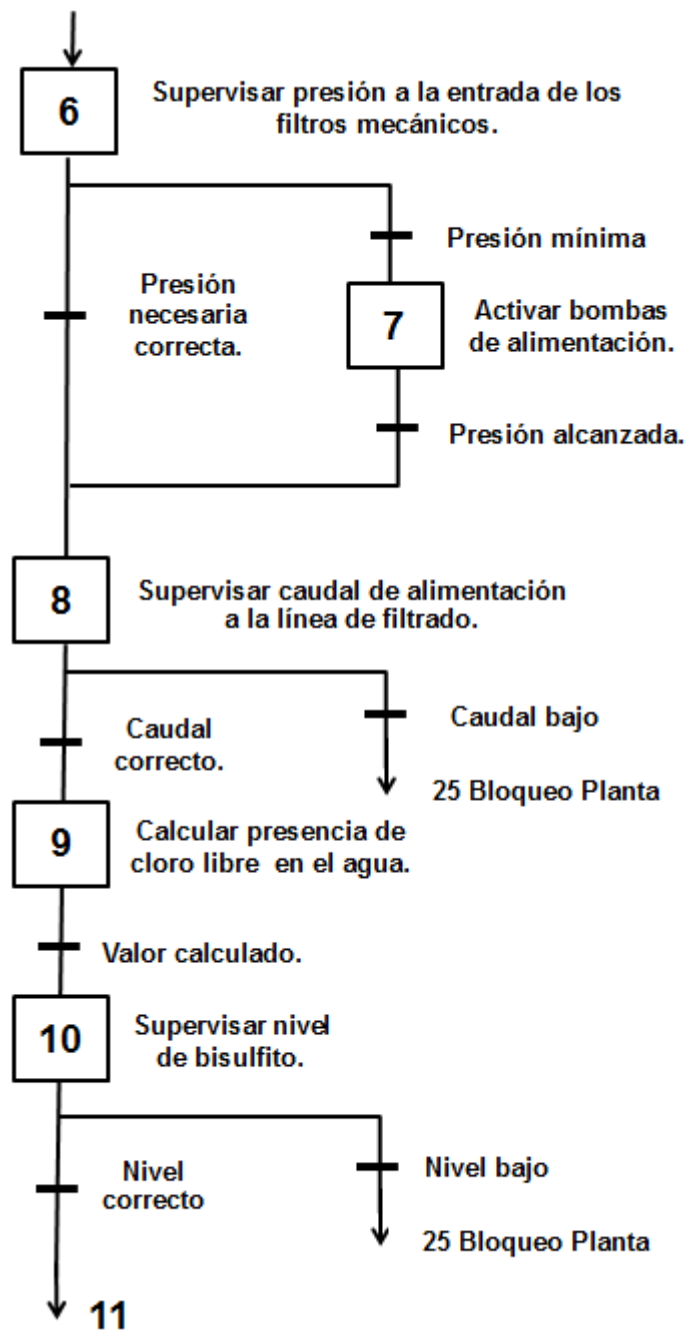


Figura 2.12 Segunda etapa del pre-tratamiento.

Estos diagramas están diseñados con el objetivo de seguir el corriente flujo del proceso evitando paradas innecesarias. Por parte de los operarios queda la supervisión y el mantenimiento del nivel estable en el tanque que suministra el bisulfito, ya que la instalación no cuenta con una línea de llenado automática.

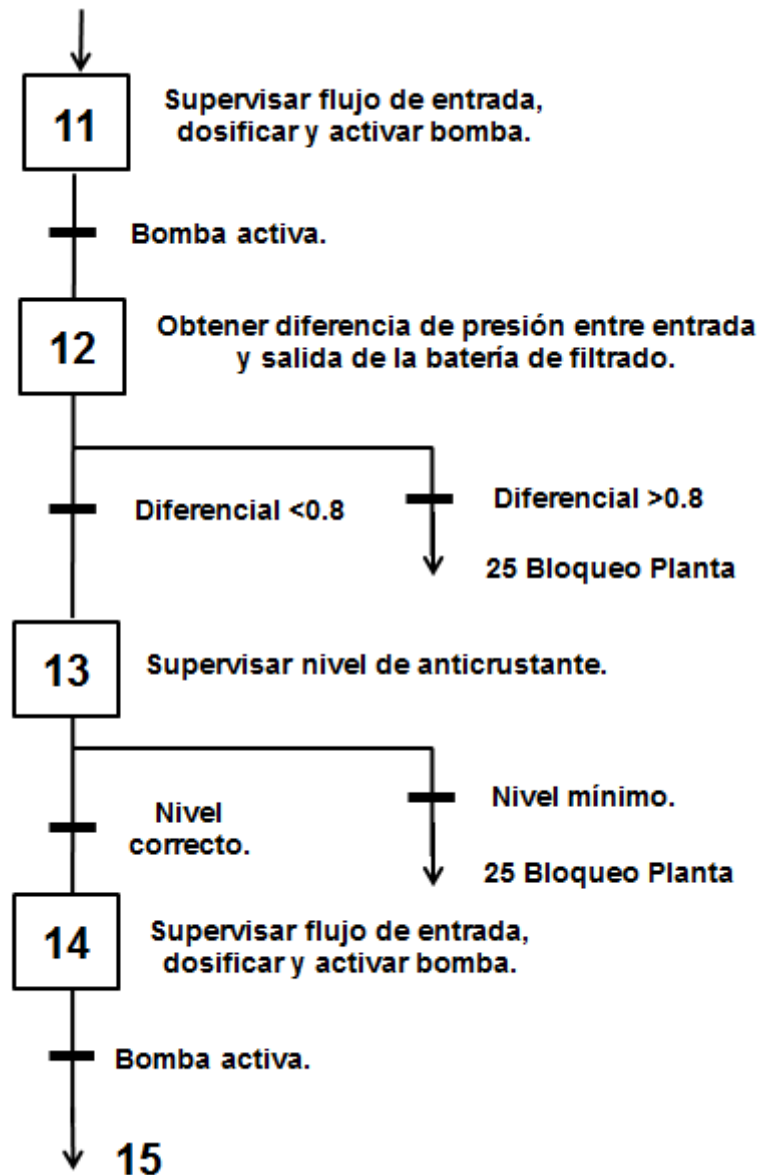


Figura 2.13 Etapa final del pre-tratamiento.

Al igual que en la etapa anterior el llenado del tanque de anticrustante es realizado de forma manual. La supervisión incluye la visualización de los parámetros y actualización de los mismos.

2.3.2 Algoritmo de la ósmosis inversa

El diagrama GRAFCET de la **Figura 2.14** consta de manera simplificada en cinco estados. Las acciones para el control del proceso, están definidas en cada una de las etapas. Estas etapas están unidas por las transiciones, que no son más que las señales provenientes de los sensores ubicados en el proceso,

lo que garantiza el paso de un estado a otro y con ello el funcionamiento deseado.

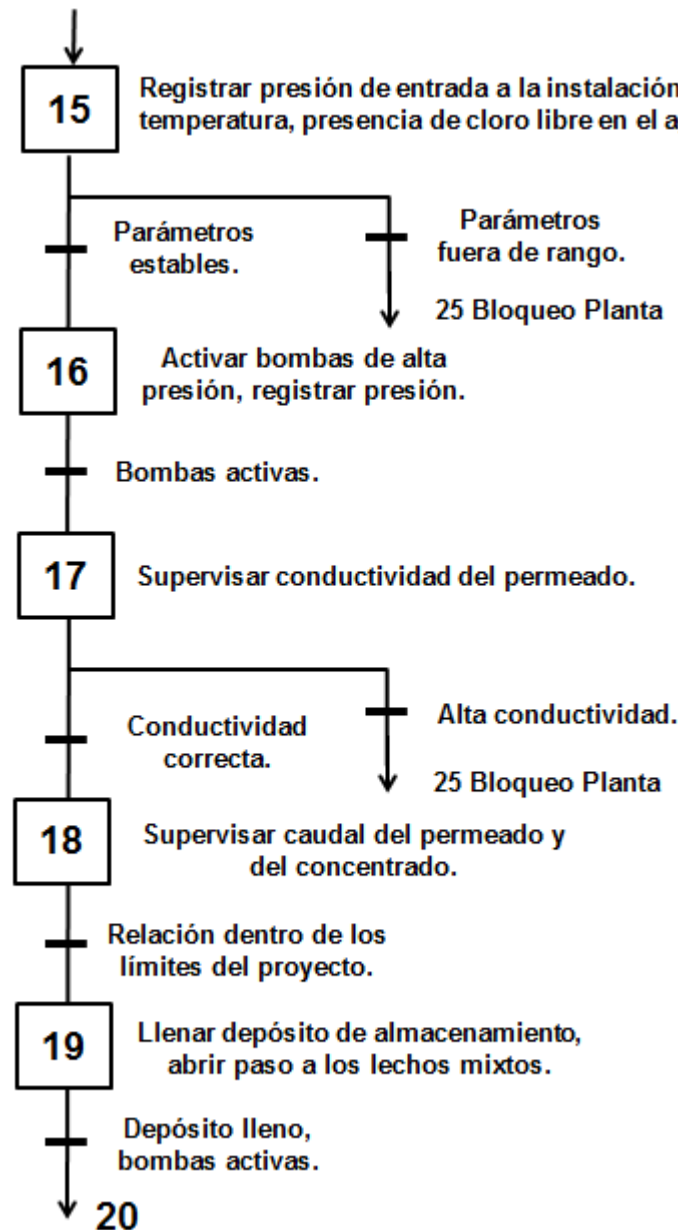


Figura 2.14 Algoritmo correspondiente a la etapa de ósmosis inversa.

En esta sección el principal parámetro a tener en cuenta es la conductividad, ya que es un indicador de fallo de las membranas osmóticas.

2.3.3 Algoritmo del post-tratamiento.

Este esquema recoge las principales acciones y señales a tener en cuenta en el tratamiento del agua en las camas mixtas.

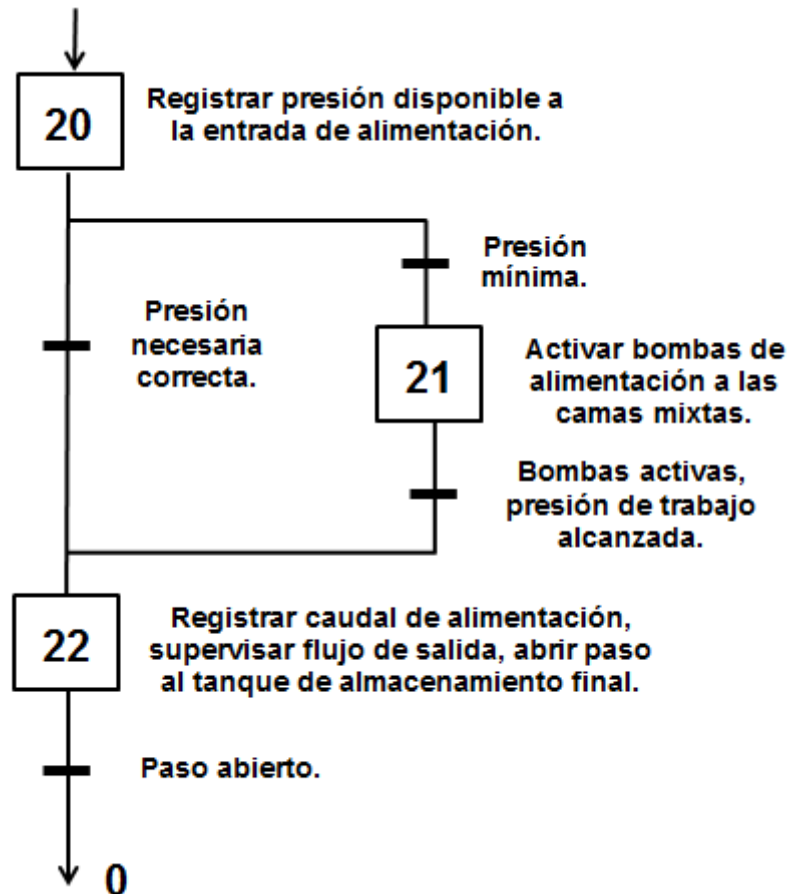


Figura 2.15 Algoritmo del post-tratamiento.

El tratamiento final no permite un retorno del agua a alguna etapa intermedia del proceso. La secuencia es automática, al igual que las acciones de regeneración.

2.4 Programación del autómatas industrial

El PLC seleccionado para el control corresponde a la gama SIMATIC S7-400H de la familia Siemens, específicamente la CPU 414-5H. El STEP 7 es el software estándar para configurar y programar los sistemas de automatización SIMATIC. Mediante la versión v-5.5 del software, se realizó toda la programación del autómatas, teniendo en cuenta la configuración de las entradas y salidas del proceso (Ver **Anexo 9**), así como el control secuencial descrito mediante los diagramas GRAFCET planteados anteriormente. En la interface de acceso a la configuración y programación se accedió de manera online, es decir, estando conectado el sistema de automatización a la PC, teniendo en cuenta las correspondientes observaciones de seguridad. El lenguaje de programación utilizado (de los disponibles en el software, ver

Anexo 10) fue el diagrama de contactos (KOP), en la **Figura 2.16** se muestra una imagen de la programación.

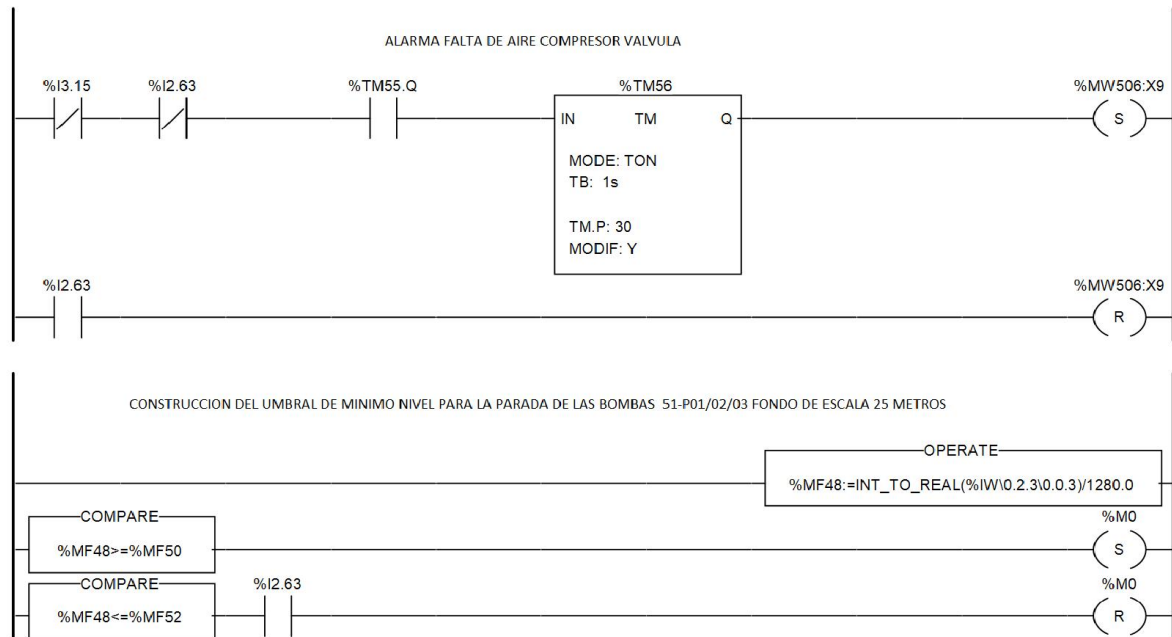


Figura 2.16 Segmento de programación del autómatas.

2.5 Validación de la programación

El proceso de validación y verificación de este trabajo, se realizó por vía de la simulación de la programación del PLC y el enlace establecido entre este y el dispositivo de programación, cargándole dicho programa al autómatas y respondiendo satisfactoriamente iniciando el modo RUN, lo que garantiza el cumplimiento de las funciones de comunicación y de los requisitos funcionales de la misma, se tuvo en cuenta además que en la actualidad la planta Ósmosis Inversa trabaja de forma “transparente” para los Ingenieros y operarios del lugar, debido a la pérdida de acceso a la secuencia de trabajo implementada en el PLC TSX Premium, lo que tiene como resultado baja calidad de la productividad y poca eficiencia.

2.6 Valoración económica

En cualquier trabajo o proyecto, es de vital importancia realizar un análisis técnico-económico para tener una idea de cuánto se va a gastar y cuánto se ahorrará con la realización del mismo. Por lo tanto, teniendo en cuenta que este proyecto es la base para la modernización del sistema de control de la planta de Ósmosis Inversa, a continuación, se analiza cuánto costará la

Capítulo 2

realización de este proyecto. Para este análisis es importante observar la siguiente tabla:

Instrumento	Cantidad	Precio(EUR)	Precio(USD)	Precio(MN)
Bastidor	1	20100	22914	572850
Módulos de comunicaciones Ethernet CP	2	1950(*2=3900)	4446	111150
Estaciones IM 153-2	3	1750(5250)	5985	149625
Módulos de 8 E/S Analógicas	6	1550(9300)	10602	265050
Módulos de 32 entradas digitales	6	1150(6900)	7866	196650
Módulos de 32 salidas digitales	6	1310(7860)	8960.4	224010
CPU	2	9100(18200)	20748	518700
400m de cable Profibus DP	-	1220	1390.8	34770
Accesorio para el montaje	-	3500	3990	99750
Proyecto de Ingeniería	-	55000	62700	1567500
Total	-	111130	149602.2	4258755

Notas:

- El costo de los accesorios para el montaje incluye: Cable Ethernet, fibra óptica de enlace entre las CPUs, 2 switch Ethernet de 5 puntos, terminales de línea Profibus y conectores Profibus DP.
- El Proyecto de Ingeniería contiene la arquitectura (enlace entre el sistema y garantía de disponibilidad), no incluye así la documentación y programación del mismo.

Esta inversión para implementar la propuesta es costosa, pero con las ventajas que promete, este gasto se recuperará y después se obtendrán más ganancias que las que se obtienen hoy en día.

Conclusiones parciales

En este capítulo se realizó un estudio de la propuesta para la modernización del sistema de control de la planta Ósmosis Inversa, además se analizaron las principales características de la instrumentación asociada a la misma, se

Capítulo 2

diseñó un algoritmo de trabajo utilizando diagramas GRAFCET a partir del principio de funcionamiento del proceso, se desarrolló completamente la programación del PLC utilizando el lenguaje de contactos sobre el software STEP7 v-5.5, se comprobó su correcto funcionamiento mediante el modo de simulación online, y se hizo un análisis del costo de implementación de la propuesta.

Conclusiones Generales.

La importancia que reviste en estos momentos para el país la modernización de los sistemas de control de las principales instituciones generadoras de electricidad para lograr una mayor contribución al SEN, así como la seguridad que ello implica, ha sido punto de partida para la elaboración de este proyecto de Modernización de la Planta de Ósmosis Inversa de la C.T.E. Antonio Maceo. En el mismo se trazaron una serie de tareas importantes para dar solución a los problemas existentes mediante la implementación de un moderno sistema de control basado en redundancia. El desarrollo de esta tarea se incluyó la búsqueda de planos clasificados en los archivos de la central, puesto que los mismos eran imprescindibles para conocer el funcionamiento general de la Planta de Ósmosis, tanto de los esquemas de señalización, como los esquemas de control y los de protecciones, así como trabajo de campo detallado. Con todo lo antes planteado, se puede decir que todas las tareas a desarrollar y las soluciones a tomar, fueron complicadas y polémicas.

Con la elaboración de la propuesta de modernización planteada, así como con la realización de los algoritmos de programación y la posterior implementación en PLC, se completó una documentación conforme a normas y estándares internacionales que brindan un buen nivel de detalles e información para llevar a cabo actividades como la gestión del equipamiento y trabajos de mantenimiento, logrando un buen nivel de satisfacción por parte de la Central, por lo que su implementación se será inmediata.

Con este proyecto se ha realizado un trabajo detallado de ingeniería, se han adquirido muchos conocimientos y comprobados otros, se ha estado en contacto con los equipos y personal de trabajo de una industria de producción continua, y se han adquiridos conocimientos que solo se logran con la práctica. Además se logró:

1. Caracterizar el proceso desde el punto de vista gnoseológico e histórico.
2. Hacer un levantamiento de las señales de campo, así como el estudio de la tecnología disponible.
3. Identificar los componentes presentes en el actual sistema de control.
4. Elaborar algoritmos de trabajo mediante la modelación en GRAFCET.
5. Programar la secuencia de trabajo en el autómatas.

6. Realizar un estudio del costo de implementación del proyecto.
7. Validar la programación a nivel de simulación.

Recomendaciones.

Se propone realizar la prueba de ajuste y puesta en marcha de la propuesta, con el objetivo de verificar el comportamiento de la misma y tomar decisiones a nivel de campo para su optimización.

Bibliografía.

- [1] Benítez, I. "Conferencias de Sistemas de Automatización". (25/03/2017).
- [2] Bravo, I. "Introducción a los PLCs". Departamento de Electrónica. Universidad de Alcalá, Escuela Politécnica Superior, Madrid, España, 2010.
- [3] Camacho, A. Máster, "Instalación de instrumentos y áreas clasificadas". (5/04/2017).
- [4] Cursos de GRAFCET y GENMA. (2/04/2017).
- [5] Ferreira, F. "Grafcet: gráfico de comando etapa de transición". Departamento de electrónica, Universidad de Buenos Aires, 2004.
- [6] Moreno, M. "Curso 061 Controlador Lógico Programable (PLC)". (26/03/2017).
- [7] Protecno S.r.l. "Planta de desmineralización de la CTE de Santiago de Cuba. Manual de uso y mantenimiento". Septiembre, 2003.
- [8] SIEMENS, "Estación ET200M/Link. Manual de referencia". Noviembre/2011
- [9] SIEMENS, "Módulo de red Ethernet". Septiembre, 2007.
- [10] SIEMENS, "Programar con STEP 7 v5.3. Manual". Enero, 2004.
- [11] SIEMENS, "Sistemas de alta disponibilidad S7-400H. Manual." Noviembre/2011.
- [12] SIEMENS, "Terminales Profibus". Septiembre, 2007.

Anexos.

Anexo 1: Tabla A1.1 Instrumentación para la cloración inicial.

CLORACIÓN INICIAL			
Instrumentación	Función	Subordinación o Condición	Notas
01-DP01 bomba dosificadora volumétrica;	Dosifica el hipoclorito de sodio;	Al medidor del caudal del líquido 51-FT01, a través de la salida a impulsos;	Para la regulación se debe consultar el manual de la bomba;
01-LAL01 interruptor de nivel;	Señala la falta de hipoclorito en el contenedor 01-T01;	Solo señalización	
01-LALL01 interruptor de nivel;	Bloquea el funcionamiento de la bomba dosificadora 01-DP01;	Bloquea la bomba 01-DP01;	
51-FT01 medidor del caudal del líquido;	Determina y visualiza el flujo en la tubería;	La señal de salida a impulsos se utiliza para el mando de la bomba 01-DP01;	

Anexo 2: Tabla A1.2 Instrumentación para alimentación de filtros mecánicos.

CAPTACIÓN Y BOMBAS DE ALIMENTACIÓN A LOS FILTROS			
Instrumentación	Función	Sometimiento	Notas
51-P01, bomba de alimentación del tipo con eje horizontal;	Envía el agua a la instalación de filtrado 11-QA01	A la mínima presión de 51-PT01, a la marcha de las instalaciones a ósmosis y a la secuencia de contra lavado de 11-QA01;	La bomba está virtualmente conectada al filtro 11-QA01; puede ser usada como repuesto para la bomba 51-P02;
51-P02, bomba de alimentación del tipo con eje horizontal;	Envía el agua a la instalación de filtrado 11-QA02	A la mínima presión de 51-PT01, a la marcha de las instalaciones a ósmosis y a la secuencia de contra lavado de 11-QA02;	La bomba está virtualmente conectada al filtro 11-QA02; puede ser usada como repuesto para la bomba 51-P01, 51-P03;
51-P03, bomba de alimentación del tipo con eje horizontal;	Envía el agua a la instalación de filtrado 11-QA03;	A la mínima presión de 51-PT01, a la marcha de las instalaciones a ósmosis y a la secuencia de contra lavado de 11-QA03;	La bomba está virtualmente conectada al filtro 11-QA03; puede ser utilizada como repuesto para la bomba 51-P02;
51-PT01, transmisor de presión a la entrada de la instalación;	Registra la presión disponible en las tuberías de alimentación;	En el caso en el cual la presión es inferior al límite impuesto bloquea la marcha de la instalación;	En el caso en que la válvula 51-PV02 esté abierta no entra en servicio;
51-LS01 Regulador de nivel con flotante;	Regula el funcionamiento de la válvula 51-PV01;	Cuando la válvula 51-PV02 está cerrada, regula el funcionamiento de la válvula 51-PV01;	

CAPTACIÓN Y BOMBAS DE ALIMENTACIÓN A LOS FILTROS			
Instrumentación	Función	Sometimiento	Notas
11-FT01 Medidor de caudal;	Registra el caudal de alimentación de la línea de filtrado 11-QA01;	La señal del caudal es visualizada en el cuadro de mando gráfico;	El instrumento está activo también durante las actividades de contra lavado del filtro;
11-FT02 Medidor de caudal;	Registra el caudal de alimentación de la línea de filtrado 11-QA02;	La señal del caudal es visualizada en el cuadro de mando gráfico;	El instrumento está activo también durante las actividades de contra lavado del filtro;
11-FT03 Medidor de caudal;	Registra el caudal de alimentación de la línea de filtrado 11-QA03;	La señal del caudal es visualizada en el cuadro de mando gráfico;	El instrumento está activo también durante las actividades de contra lavado del filtro;
51-LSL01 Regulador de nivel con flotante;	Regula el funcionamiento de la válvula 51-PV02;	Cuando el nivel está bajo cierra la válvula 51-PV02;	
51-PV01 Válvula automática tipo mariposa	Llena el contenedor 51-T01 con el agua cruda;	Al nivel 51-LS01;	
51-PV02 Válvula automática tipo mariposa	Se abre durante las actividades de contra lavado de los filtros de arena;	Al nivel mínimo 51-LSL01;	

Anexo 3: Tabla A1.3 Instrumentación de la sección de filtrado con arena.

SECCIÓN DE FILTRADO CON ARENA			
Equipo	Función	Subordinación o Condición	Notas
11-QA01, Filtro de arena del tipo a presión.	Filtrado mecánico del agua cruda.	Las fases de contra lavado son administradas de forma automática por el sistema de automatización.	El máximo valor de la presión diferencial debe ser de cerca de 0.8 Kg/cm ²
11-QA02, Filtro de arena del tipo a presión.	Filtrado mecánico del agua cruda.	Las fases de contra lavado son administradas de forma automática por el sistema de automatización.	El máximo valor de la presión diferencial debe ser de cerca de 0.8 Kg/cm ²
11-QA03, Filtro de arena del tipo a presión.	Filtrado mecánico del agua cruda.	Las fases de contra lavado son administradas de forma automática por el sistema de automatización.	El máximo valor de la presión diferencial debe ser de cerca de 0.8 Kg/cm ²
38-CP01, Soplador de lóbulos rotatorios.	Suministra el aire necesario para el contra lavado de los filtros 11-QA01, 11-QA02, 11-QA03	El soplador se inicializa automáticamente por el sistema automático;	

Anexo 4: Tabla A1.4 Instrumentos para la dosificación de bisulfito.

DOSIFICACIÓN DEL BISULFITO DE SODIO			
Instrumentación	Función	Sometimiento	Notas
07-DP01, bomba dosificadora para la dosificación del bisulfito;	Dosifica el bisulfito de sodio para neutralizar la presencia de cloro libre;	La bomba es del tipo proporcional y está conectada al medidor de caudal 16-FT01;	La bomba debe ser regulada según las indicaciones;
35-AH01, transmisor de potencial redox CPM 223, con sonda de medida de ORO;	Registra el potencial de oxireducción para valorar la presencia de cloro libre en el agua de alimentación;	La señal es continuamente registrada por el sistema de automatización y en caso que supere el umbral bloquea la instalación;	El valor debe ser calibrado por el operador según el procedimiento correspondiente;
07-FAL01, sensor de flujo;	Verifica el funcionamiento efectivo de la bomba dosificadora 07-DP01;	En el caso en el cual, durante el servicio, no llegue la señal de la presencia de flujo, el sistema de automatización bloquea la instalación;	En cada intervención se tiene la señalización en el sistema de automatización;
07-AG01, Agitador para la mezcla;	Es accionado durante la preparación del bisulfito	En el caso en el cual el nivel desciende por debajo del indicador 07-LS02, se realiza el bloqueo;	La marcha es manual;
07-LS01 indicadores de nivel a flotante; 07-LS02 indicadores de nivel a flotante;	Controlan el nivel del bisulfito en el interior del contenedor 07-T01;	El nivel 07-LS02 señala el mínimo nivel, el nivel 07-LS01 bloquea el funcionamiento de la bomba dosificadora y de la instalación a ósmosis;	En cada intervención se tiene la señalización en el sistema de automatización;

Anexo 5: Tabla A1.5 Instrumentos para la dosificación de anticrustante.

SECCIÓN DE DOSIFICACIÓN ANTICRUSTANTE			
Instrumentación	Función	Sometimiento	Notas
08-DP01 Bomba dosificadora idónea para la dosificación del anticrustante líquido como tal o diluido;	Dosifica el anticrustante necesario para la planta de tratamiento a ósmosis inversa;	Al medidor de caudal 16-FT01;	
08-FAL01, sensor de flujo;	Verifica el efectivo funcionamiento de la bomba dosificadora 08-DP01;	En el caso en el cual, durante el servicio, no llega la señal de la presencia de flujo el sistema automático bloquea la instalación;	En cada intervención se tiene la señalización en el sistema de automatización;
08-LS01 Indicadores de nivel a flotante; 08-LS02 Indicadores de nivel a flotante;	Controlan el nivel de bisulfito en el interior del depósito 08-T01;	El nivel 08-LS02 señala el nivel mínimo, el nivel 08-LS01 bloquea el funcionamiento de la bomba dosificadora y de la planta de ósmosis;	En cada intervención se tiene la señalización en el sistema de automatización;

Anexo 6: Tabla A1.6 Instrumentación para la sección de lechos mixtos.

SECCIÓN DE LAS CAMAS MIXTAS			
Instrumentación	Función	Sometimiento	Notas
52-P01, bomba de alimentación del tipo de eje horizontal;	Envía el agua a la instalación de filtrado 20-MB01A	Al nivel mínimo de 52-T01, a la marcha de las instalaciones de camas mixtas;	La bomba está virtualmente conectada al filtro 20-MB01A; puede ser usada como repuesto para la bomba 52-P02;
52-P02, bomba de alimentación del tipo de eje horizontal;	Envía el agua a la instalación de filtrado 20-MB01A	Al nivel mínimo de 52-T01, a la marcha de las instalaciones de camas mixtas;	La bomba está virtualmente conectada al filtro 20-MB01A; puede ser usada como repuesto para la bomba 52-P01, 51-P03;
52-P03, bomba de alimentación del tipo de eje horizontal;;	Envía el agua a la instalación de filtrado 20-MB01A	Al nivel mínimo de 52-T01, a la marcha de las instalaciones de camas mixtas;	La bomba está virtualmente conectada al filtro 20-MB01C puede ser usada como repuesto para la bomba 52-P02;
52-PT01, transmisor de presión a la entrada de la instalación;	Registrar la presión disponible en la tubería de alimentación;	En el caso en el cual la presión es inferior al límite impuesto bloquea la marcha de la instalación;	
20-FT01 Medidor de caudal;	Registra el caudal de alimentación de la línea de filtrado 20-MB01A	La señal del caudal se visualiza en el teclado gráfico;	
20-FT02 Medidor de caudal;	Registra el caudal de alimentación de la línea de filtrado 20-MB01A	La señal del caudal se visualiza en el teclado gráfico;	

Anexo 7: Datos técnicos de la CPU 414-5H.

Technical data: H-CPU's				
CPU	CPU 412-5H	CPU 414-5H	CPU 416-5H	CPU 417-5H
Dimensions (mm)	50x290x219			
Slots	2			
Order No. group: 6ES7	412-5HK.	414-5HM.	416-5HS.	417-5HT.
Firmware	V6.0			
Work memory				
Integrated	1 MB	4 MB	16 MB	32 MB
For program	0.5 MB	2 MB	6 MB	16 MB
For data	0.5 MB	2 MB	10 MB	16 MB
Processing times				
Bit operation	31.25 ns	18.75 ns	12.5 ns	7.5 ns
Word operation	31.25 ns	18.75 ns	12.5 ns	7.5 ns
Fixed-point operation	31.25 ns	18.75 ns	12.5 ns	7.5 ns
Floating-point operation	62.5 ns	37.5 ns	25 ns	15 ns
Bit memories, timers, counters				
Bit memory	8192			
S7 timers/counters	2048/2048			
IEC timers/counters	Unlimited (limited only by the work memory)			
Address ranges				
I/O	8192 bytes			
I/O process image	256 bytes		1 024 bytes	
DP interfaces				
Number of MPI/DP interfaces	1			
Number of DP interfaces	1			
Plug-in interfaces	-			
PN interfaces				
Number of PN interfaces	1			
PROFINET IO	Yes			
PROFINET with IRT	No			
PROFINET CBA	No			
TCP/IP	Yes			
UDP	Yes			
ISO-on-TCP (RFC 1006)	Yes			
Web server	No			
Data set gateway	Yes			

Anexo 8: Datos técnicos de la estación ET200M.

SIEMENS

Product data sheet

6ES7153-2BA02-0XB0



SIMATIC DP,
ET 200M INTERFACE IM 153-2 HIGH FEATURE FOR
MAX. 12 S7-300 MODULES,
WITH REDUNDANCY.
TIME STAMPING FIT FOR ISOCHRON MODE NEW
FEATURES: 12 MODULES / STATION SLAVE
INITIATIVE FOR SWITCHES AND DRIVE ES
EXTENDED DATA FOR HART SECON- DARY
VARIABLES OPERATON WITH 64PT MODULES
EXTENDES TIMESTAMPS WITH 32 SIGNALS /
SLOT

General information	
Vendor identification (VendorID)	801Eh
Supply voltage	
24 V DC	Yes
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
permissible range (ripple included), lower limit (DC)	20.4 V
permissible range (ripple included), upper limit (DC)	28.8 V
External protection for supply cables (recommendation)	2.5 A
Mains buffering	
Mains/voltage failure stored energy time	5 ms
Input current	
Current consumption, max.	600 mA
Rated value at 24 V DC	650 mA
Inrush current, typ.	3 A

Pt	0.1 A ² ·s
Output voltage	
Rated value, 5 V DC	Yes
Output current	
for backplane bus (5 V DC), max.	1.5 A
Power losses	
Power loss, typ.	5.5 W
Address area	
Addressing volume	
Outputs	244 byte
Inputs	244 byte
Hardware configuration	
Number of modules per DP slave interface, max.	12
Time stamping	
Accuracy	1 ms ; 1ms at up to 8 modules; 10ms at up to 12 modules
Number of message buffers	15
Messages per message buffer	20
Number of stampable digital inputs, max.	128 ; Max. 128 signals/station; max. 32 signals/slot
Time format	RFC 1119
Time resolution	0.466 ns
Time interval for transmitting the message buffer if a message is present	1000 ms
Time stamp on signal change	rising / falling edge as signal entering or exiting
Interfaces	
Interface physics, RS 485	Yes
Interface physics, FOC	No
PROFIBUS DP	
Node addresses	1 to 125 permitted
Automatic detection of transmission speed	Yes
PROFIBUS DP, output current, max.	70 mA
Transmission procedure	RS 485
Transmission rate, max.	12 Mbit/s
SYNC capability	Yes
FREECE capability	
Direct data exchange (slave-to-slave communication)	Yes ; Sender
PROFIBUS DP	9-pin sub D
1st interface	
DP slave	
GSD file	SI04801.GSG
Automatic baud rate search	Yes
Communication functions	
Bus protocol/transmission protocol	PROFIBUS DP to EN 50170
Isolation	
Isolation checked with	Isolation voltage 500 V
Degree and class of protection	
IP20	Yes
Ambient conditions	
Operating temperature	
Min.	0 °C
max.	60 °C
Air pressure	
Operating altitude above sea level, max.	3000 m
Dimensions	
Width	40 mm
Height	125 mm
Depth	117 mm
Weight	
Weight, approx.	360 g
Status	Jul 17, 2012

Anexo 9: Tabla A2.1 Entradas y salidas del proceso.

Señales físicas de entrada y salida		
Cantidad	Pin-entrada	Descripción
1	I 2.1	Marcha bomba alimentación 51-P01 al filtro 11-QA.01A
2	I 2.2	B. Térmico bomba alimentación 51-P01
3	I 2.3	Marcha bomba alimentación 51-P02 al filtro 11-QA.01B
4	I 2.4	B. Térmico bomba alimentación 51-P02
5	I 2.5	Marcha bomba alimentación 51-P03 al filtro 11-QA.01C
6	I 2.6	B. Térmico bomba alimentación 51-P03
7	I 2.7	Marcha compresor 38-CP01 regeneración filtros 11-QA.01A/B/C
8	I 2.8	B. Térmico compresor 38-CP01
9	I 2.9	Marcha mezclador de bisulfito 07-AG01
10	I 2.10	B. Térmico mezclador de bisulfito 07-AG01
11	I 2.11	Marcha bomba dosificadora de bisulfito 07-DP01
12	I 2.12	Marcha bomba dosificadora de anticrustante 08-DP01
13	I 2.13	Marcha bomba de ósmosis 41-P01A
14	I 2.14	B. Térmico bomba de ósmosis 41-P01A
15	I 2.15	Marcha bomba de ósmosis 41-P01B
16	I 2.16	B. Térmico bomba de ósmosis 41-P01B
17	I 2.17	Marcha bomba de ósmosis 41-P01C
18	I 2.18	B. Térmico bomba de ósmosis 41-P01C
19	I 2.19	Marcha bomba de lavado 17-P01A del filtro 11-QA.01A
20	I 2.20	B. Térmico bomba de lavado 17-P01A
21	I 2.21	Marcha bomba de lavado 17-P01B del filtro 11-QA.01B
22	I 2.22	B. Térmico bomba de lavado 17-P01B
23	I 2.23	Marcha bomba de lavado 17-P01C del filtro 11-QA.01C
24	I 2.24	B. Térmico bomba de lavado 17-P01C
25	I 2.25	Marcha bomba de alimentación 53-P01
26	I 2.26	B. Térmico bomba de alimentación 41-P01C
27	I 2.27	Marcha mezclador hidróxido de sodio 26-AG.01
28	I 2.28	B. Térmico mezclador hidróxido de sodio 26-AG.01
29	I 2.29	Marcha bomba dosificadora hidróxido de sodio 26-DP01
30	I 2.30	Marcha bomba alimentación 52-P01 al filtro 20-MB-01A
31	I 2.31	B. Térmico bomba alimentación 52-P01
32	I 2.32	Marcha bomba alimentación 52-P02 al filtro 20-MB-01B
33	I 2.33	B. Térmico bomba alimentación 52-P02
34	I 2.34	Marcha bomba alimentación 52-P03 al filtro 20-MB-01C
35	I 2.35	B. Térmico bomba alimentación 52-P03
36	I 2.36	Marcha soplador regeneración 64-SF.01 de los filtros 20-MB-01A/B/C
37	I 2.37	B. Térmico soplador regeneración 64-SF.01 de los filtros 20-MB-01A/B/C
38	I 2.38	Marcha bomba regeneración 61-P.01 de los filtros 20-MB-01A/B/C
39	I 2.39	B. Térmico bomba regeneración 61-P.01
40	I 2.40	Marcha bomba regeneración 61-P.02 de los filtros 20-MB-01A/B/C
41	I 2.41	B. Térmico bomba regeneración 61-P.02
42	I 2.42	Marcha mezclador de neutralización 80-AG.01

Señales físicas de entrada y salida

Cantidad	Pin-entrada	Descripción
43	I 2.43	B. Térmico mezclador de neutralización 80-AG.01
44	I 2.44	Marcha bomba dosificadora de ácido 05-DP.01
45	I 2.45	Marcha bomba dosificadora de ácido 05-DP.02
46	I 2.46	Marcha bomba dosificadora de ácido 05-DP.03
47	I 2.47	Marcha bomba dosificadora de ácido 05-DP.04
48	I 2.48	Marcha mezclador de ácido 05-AG.01
49	I 2.49	B. Térmico mezclador de ácido 05-AG.01
50	I 2.50	Marcha bomba dosificadora de sosa 06-DP.01
51	I 2.51	Marcha bomba dosificadora de sosa 06-DP.02
52	I 2.52	Marcha bomba neutralización 80-P.01
53	I 2.53	B. Térmico bomba neutralización 80-P.01
54	I 2.54	Partida automática bomba de ósmosis 41-P.01A
55	I 2.55	Partida automática bomba de ósmosis 41-P.01B
56	I 2.56	Partida automática bomba de ósmosis 41-P.01C
57	I 2.57	Planta de ósmosis en configuración "A+B" ó "C"
58	I 2.58	Válvula neumática 17-PV.01A
59	I 2.59	Válvula neumática 17-PV.01B
60	I 2.60	Válvula neumática 17-PV.01C
61	I 2.63	Anulación de las Alarmas
62	I 3.0	B. Térmico bomba dosificadora ácido 05-DP.01
63	I 3.1	B. Térmico bomba dosificadora ácido 05-DP.02
64	I 3.2	B. Térmico bomba dosificadora ácido 05-DP.03
65	I 3.3	B. Térmico bomba dosificadora ácido 05-DP.04
66	I 3.4	B. Térmico bomba dosificadora carbonato de sodio 06-DP.01
67	I 3.5	B. Térmico bomba dosificadora carbonato de sodio 06-DP.02
68	I 3.6	B. Térmico compresor válvula neumática 40-CP.01
69	I 3.7	Marcha válvula neumática 05-PV.01
70	I 3.8	Marcha válvula neumática 20-PV.19A
71	I 3.9	Marcha válvula neumática 20-PV.19B
72	I 3.10	Marcha válvula neumática 20-PV.19C
73	I 3.11	Marcha válvula neumática 20-PV.19D
74	I 3.15	Presostato 40-P.01 de los filtros de aire
75	I 3.16	Interruptor de circuito bomba de ósmosis 41-P.01A
76	I 3.17	Interruptor de circuito bomba de ósmosis 41-P.01B
77	I 3.18	Interruptor de circuito bomba de ósmosis 41-P.01C
78	I 3.19	Partida de la Planta
79	I 1/0.0	Manual bomba de alimentación 51-P.01
80	I 1/0.1	Automático bomba de alimentación 51-P.01
81	I 1/0.2	Manual bomba de alimentación 51-P.02
82	I 1/0.3	Automático bomba de alimentación 51-P.02
83	I 1/0.4	Manual bomba de alimentación 51-P.03
84	I 1/0.5	Automático bomba de alimentación 51-P.03
85	I 1/0.6	Manual regeneración filtro 11-QA.01A
86	I 1/0.7	Automática regeneración filtro 11-QA.01A
87	I 1/0.8	Avance manual fase de regeneración filtro 11-QA.01A
88	I 1/0.9	Manual regeneración filtro 11-QA.01B
89	I 1/0.10	Automática regeneración filtro 11-QA.01B

Señales físicas de entrada y salida

Cantidad	Pin-entrada	Descripción
90	I 1/0.11	Avance manual fase de regeneración filtro 11-QA.01B
91	I 1/0.12	Manual regeneración filtro 11-QA.01C
92	I 1/0.13	Automática regeneración filtro 11-QA.01C
93	I 1/0.14	Avance manual fase de regeneración filtro 11-QA.01C
94	I 3/0.0	Caudal agua bruta filtro 11-QA.01A
95	I 3/0.1	Caudal agua bruta filtro 11-QA.01B
96	I 3/0.2	Caudal agua bruta filtro 11-QA.01C
97	I 3/0.3	Nivel piezométrico tanque de agua bruta 51-PT.01
98	I 3/0.4	PH de neutralización 80-AT.01
99	I 3/0.5	Presostato 16-PT.01A del filtro 11-QA.01A
100	I 3/0.6	Presostato 16-PT.01B del filtro 11-QA.01B
101	I 3/0.7	Presostato 16-PT.01C del filtro 11-QA.01C
102	I 4/0.0	Manual compresor 38-CP.01
103	I 4/0.1	Automático compresor 38-CP.01
104	I 4/0.2	Manual bomba dosificadora de bisulfito 07-DP.01
105	I 4/0.3	Automático bomba dosificadora de bisulfito 07-DP.01
106	I 4/0.4	Manual mezclador de bisulfito 07-AG.01
107	I 4/0.5	Automático mezclador de bisulfito 07-AG.01
108	I 4/0.6	Manual bomba dosificadora de anticrustante 08-DP.01
109	I 4/0.7	Automático bomba dosificadora de anticrustante 08-DP.01
110	I 4/0.8	Nivel bloqueo 07-LALL.01 Tanque de bisulfito
111	I 4/0.9	Nivel alarma 07-LAL.01 Tanque de bisulfito
112	I 4/0.10	Baja presión 16-PSL.01 entrada agua
113	I 4/0.11	Nivel bloqueo 08-LALL.01 Tanque de anticrustante
114	I 4/0.12	Nivel alarma 08-LAL.01 Tanque de anticrustante
115	I 4/0.13	Alarma bajo flujo 07-FS.01 bisulfito
116	I 4/0.14	Alarma bajo flujo 08-FS.01 anticrustante
117	I 5/0.0	RX 16-AT.01 agua entrada ósmosis
118	I 5/0.0	Presión 16-PT.01 entrada filtros de cartuchos
119	I 5/0.0	Presión 16-PT.02 salida filtros de cartuchos
120	I 5/0.0	Caudal 16-FT.01 agua entrada ósmosis
121	I 6/0.0	Manual bomba de ósmosis 41-P.01A
122	I 6/0.1	Automático bomba de ósmosis 41-P.01A
123	I 6/0.2	Manual bomba de lavado 17-P.01A
124	I 6/0.3	Automático bomba de lavado 17-P.01A
125	I 6/0.4	Manual válvula neumática 17-PV.01A
126	I 6/0.5	Automático válvula neumática 17-PV.01A
127	I 6/0.8	Bajo nivel 17-LS.01A Tanque lavado
128	I 6/0.9	Medio nivel 17-LS.02A Tanque lavado
129	I 6/0.10	Alto nivel 17-LS.03A Tanque lavado
130	I 7/0.0	Presión entrada ósmosis 21-PT.01A
131	I 7/0.1	Temperatura entrada ósmosis 21-TT.01A
132	I 7/0.2	Presión salida concentrado 21-PT.02A
133	I 7/0.3	Presión salida permeado 21-PT.03A
134	I 7/0.4	Caudal concentrado 21-FT.01A
135	I 7/0.5	Caudal permeado 21-FT.02A
136	I 7/0.6	Conductímetro permeado 21-CT.01A

Señales físicas de entrada y salida

Cantidad	Pin-entrada	Descripción
137	I 8/0.0	Manual bomba de ósmosis 41-P.01B
138	I 8/0.1	Automático bomba de ósmosis 41-P.01B
139	I 8/0.2	Manual bomba de lavado 17-P.01B
140	I 8/0.3	Automático bomba de lavado 17-P.01B
141	I 8/0.4	Manual válvula neumática 17-PV.01B
142	I 8/0.5	Automático válvula neumática 17-PV.01B
143	I 8/0.8	Bajo nivel 17-LS.01B Tanque lavado
144	I 8/0.9	Medio nivel 17-LS.02B Tanque lavado
145	I 8/0.10	Alto nivel 17-LS.03B Tanque lavado
146	I 9/0.0	Presión entrada ósmosis 21-PT.01B
147	I 9/0.0	Temperatura entrada ósmosis 21-TT.01B
148	I 9/0.0	Presión salida concentrado 21-PT.02B
149	I 9/0.0	Presión salida permeado 21-PT.03B
150	I 9/0.0	Caudal concentrado 21-FT.01B
151	I 9/0.0	Caudal permeado 21-FT.02B
152	I 9/0.0	Conductímetro permeado 21-CT.01B
153	I 10/0.0	Manual bomba de ósmosis 41-P.01C
154	I 10/0.1	Automático bomba de ósmosis 41-P.01C
155	I 10/0.2	Manual bomba de lavado 17-P.01C
156	I 10/0.3	Automático bomba de lavado 17-P.01C
157	I 10/0.4	Manual válvula neumática 17-PV.01C
158	I 10/0.5	Automático válvula neumática 17-PV.01C
159	I 10/0.8	Bajo nivel 17-LS.01C Tanque lavado
160	I 10/0.9	Medio nivel 17-LS.02C Tanque lavado
161	I 10/0.10	Alto nivel 17-LS.03C Tanque lavado
162	I 10/0.11	Nivel bloqueo 26-LS.01 carbonato sodio
163	I 10/0.12	Nivel alarma 26-LS.02 carbonato sodio
164	I 11/0.0	Presión entrada ósmosis 21-PT.01C
165	I 11/0.1	Temperatura entrada ósmosis 21-TT.01C
166	I 11/0.2	Presión salida concentrado 21-PT.02C
167	I 11/0.3	Presión salida permeado 21-PT.03C
168	I 11/0.4	Caudal concentrado 21-FT.01C
169	I 11/0.5	Caudal permeado 21-FT.02C
170	I 11/0.6	Conductímetro permeado 21-CT.01C
171	I 12/0.0	Manual bomba de alimentación ósmosis "A+B" ó "C" 53-P.01
172	I 12/0.1	Automático bomba de alimentación ósmosis "A+B" ó "C" 53-P.01
173	I 12/0.2	Manual mezclador carbonato sodio 26-AG.01
174	I 12/0.3	Automático mezclador carbonato sodio 26-AG.01
175	I 12/0.4	Manual bomba dosificadora carbonato sodio 26-DP.01
176	I 12/0.5	Automático bomba dosificadora carbonato sodio 26-DP.01
177	I 12/0.6	Manual bomba de alimentación 52-P.01 al filtro 20-MB.01A
178	I 12/0.7	Automático bomba de alimentación 52-P.01 al filtro 20-MB.01A
179	I 12/0.8	Manual bomba de alimentación 52-P.02 al filtro 20-MB.01B
180	I 12/0.9	Automático bomba de alimentación 52-P.02 al filtro 20-MB.01B
181	I 12/0.10	Manual bomba de alimentación 52-P.03 al filtro 20-MB.01C
182	I 12/0.11	Automático bomba de alimentación 52-P.03 al filtro 20-MB.01C

Señales físicas de entrada y salida

Cantidad	Pin-entrada	Descripción
183	I 12/0.12	Pulso caudal agua 20-FT.01A
184	I 12/0.13	Pulso caudal agua 20-FT.01B
185	I 12/0.14	Pulso caudal agua 20-FT.01C
186	I 13/0.0	Caudal agua entrada al filtro 20-MB.01A
187	I 13/0.1	Caudal agua entrada al filtro 20-MB.01B
188	I 13/0.2	Caudal agua entrada al filtro 20-MB.01C
189	I 13/0.3	PH Tanque 1º Pass 53-AT.01
190	I 13/0.4	Presión tanque agua permeada 52-PT.01
191	I 13/0.5	Presión Tanque 1º Pass 53-PT.01
192	I 14/0.0	Manual bomba regeneración 61-P.01 de los filtros 20-MB.01A/B/C
193	I 14/0.1	Automático bomba regeneración 61-P.01 de los filtros 20-MB.01A/B/C
194	I 14/0.2	Manual bomba regeneración 61-P.02 de los filtros 20-MB.01A/B/C
195	I 14/0.3	Automático bomba regeneración 61-P.02 de los filtros 20-MB.01A/B/C
196	I 14/0.4	Manual soplador aire 64-SF.01
197	I 14/0.5	Automático soplador aire 64-SF.01
198	I 14/0.6	Manual regeneración filtro 20-MB.01A
199	I 14/0.7	Automático regeneración filtro 20-MB.01A
200	I 14/0.8	Manual avance fase regeneración filtro 20-MB.01A
201	I 14/0.9	Manual stop fase regeneración filtro 20-MB.01A
202	I 14/0.10	Manual regeneración filtro 20-MB.01B
203	I 14/0.11	Automático regeneración filtro 20-MB.01B
204	I 14/0.12	Manual avance fase regeneración filtro 20-MB.01B
205	I 14/0.13	Manual stop fase regeneración filtro 20-MB.01B
206	I 14/0.16	Manual regeneración filtro 20-MB.01C
207	I 14/0.17	Automático regeneración filtro 20-MB.01C
208	I 14/0.18	Manual avance fase regeneración filtro 20-MB.01C
209	I 14/0.19	Manual stop fase regeneración filtro 20-MB.01C
210	I 14/0.24	Manual marcha válvula 20-PV.19A
211	I 14/0.25	Automático marcha válvula 20-PV.19A
212	I 14/0.26	Manual marcha válvula 20-PV.19B
213	I 14/0.27	Automático marcha válvula 20-PV.19B
214	I 14/0.28	Manual marcha válvula 20-PV.19C
215	I 14/0.29	Automático marcha válvula 20-PV.19C
216	I 14/0.30	Manual marcha válvula 20-PV.20
217	I 14/0.31	Automático marcha válvula 20-PV.20
218	I 17/0.0	Conductímetro salida agua filtro 20-MB.01A
219	I 17/0.1	Conductímetro salida agua filtro 20-MB.01B
220	I 17/0.2	Conductímetro salida agua filtro 20-MB.01C
221	I 17/0.4	Caudal agua regeneración filtros 20-MB.01A/B/C
222	I 17/0.5	Caudal carbonato sodio regeneración filtros 20-MB.01A/B/C
223	I 17/0.6	Caudal ácido regeneración filtros 20-MB.01A/B/C
224	I 18/0.0	Manual bomba dosificadora ácido 05-DP.01
225	I 18/0.1	Automático bomba dosificadora ácido 05-DP.01

Señales físicas de entrada y salida		
Cantidad	Pin-entrada	Descripción
226	I 18/0.2	Manual bomba dosificadora ácido 05-DP.02
227	I 18/0.3	Automático bomba dosificadora ácido 05-DP.02
228	I 18/0.4	Manual mezclador ácido 05-AG.01
229	I 18/0.5	Automático mezclador ácido 05-AG.01
230	I 18/0.6	Manual bomba dosificadora ácido 05-DP.03
231	I 18/0.7	Automático bomba dosificadora ácido 05-DP.03
232	I 18/0.8	Manual bomba dosificadora ácido 05-DP.04
233	I 18/0.9	Automático bomba dosificadora ácido 05-DP.04
234	I 18/0.10	Manual bomba dosificadora carbonato sodio 06-DP.01
235	I 18/0.11	Automático bomba dosificadora carbonato sodio 06-DP.01
236	I 18/0.12	Manual bomba dosificadora carbonato sodio 06-DP.02
237	I 18/0.13	Automático bomba dosificadora carbonato sodio 06-DP.02
238	I 18/0.14	Manual válvula ácido 05-PV.01
239	I 18/0.15	Automático válvula ácido 05-PV.01
240	I 19/0.0	Nivel tanque ácido 05-PT.01
241	I 19/0.1	Nivel tanque ácido 05-PT.02
242	I 19/0.2	Nivel tanque carbonato sodio 06-PT.01
243	I 19/0.3	Termostato tanque ácido 05-TT.01
244	I 20/0.0	Manual mezclador neutralización 80-AG.01
245	I 20/0.1	Automático mezclador neutralización 80-AG.01
246	I 20/0.2	Manual bomba elevación agua neutralización 80-P.01
247	I 20/0.3	Automático bomba elevación agua neutralización 80-P.01
248	I 20/0.8	Bajo nivel 80-LSLL.01 Tanque neutralización
249	I 20/0.9	Medio nivel 80-LS.01 Tanque neutralización
250	I 20/0.10	Alto nivel 80-LSH.01 Tanque neutralización

Señales físicas de entrada y salida		
Cantidad	Pin-salida	Descripción
1	Q 4.0	Partida bomba dosificadora ácido 01-DP.01
2	Q 4.1	Partida bomba alimentación 51-P.01 al filtro 11-QA.01A
3	Q 4.2	Partida bomba alimentación 51-P.02 al filtro 11-QA.01B
4	Q 4.3	Partida bomba alimentación 51-P.03 al filtro 11-QA.01C
5	Q 4.4	Partida compresor regeneración filtros 38-CP.01
6	Q 4.5	Partida mezclador bisulfito 07-AG.01
7	Q 4.6	Partida bomba dosificadora bisulfito 07-DP.01
8	Q 4.7	Partida bomba dosificadora anticrustante 08-DP.01
9	Q 4.8	Partida bomba ósmosis 41-P.01A
10	Q 4.9	Partida bomba ósmosis 41-P.01B
11	Q 4.10	Partida bomba ósmosis 41-P.01C
12	Q 4.11	Interruptor de circuito bomba de ósmosis 41-P.01A
13	Q 4.12	Interruptor de circuito bomba de ósmosis 41-P.01B
14	Q 4.13	Interruptor de circuito bomba de ósmosis 41-P.01C
15	Q 4.14	Partida bomba de lavado ósmosis 17-P.01A
16	Q 4.15	Partida bomba de lavado ósmosis 17-P.01B
17	Q 4.16	Partida bomba de lavado ósmosis 17-P.01C

Señales físicas de entrada y salida

Cantidad	Pin-salida	Descripción
18	Q 4.17	Partida válvula neumática reintegro 17-PV.01A
19	Q 4.18	Partida válvula neumática reintegro 17-PV.01B
20	Q 4.19	Partida válvula neumática reintegro 17-PV.01C
21	Q 4.20	Partida bomba alimentación 53-P.01 "A+B" ó "C"
22	Q 4.21	Partida mezclador carbonato sodio 26-AG.01
23	Q 4.22	Partida bomba dosificadora carbonato sodio 26-DP.01
24	Q 4.23	Partida bomba de alimentación 52-P.01 al filtro 20-MB.01A
25	Q 4.24	Partida bomba de alimentación 52-P.02 al filtro 20-MB.01B
26	Q 4.25	Partida bomba de alimentación 52-P.03 al filtro 20-MB.01C
27	Q 4.26	Partida soplador regeneración 64-SF.01
28	Q 4.27	Partida bomba regeneración 61-P.01 a los filtros 20-MB.01A/B/C
29	Q 4.28	Partida bomba regeneración 61-P.02 a los filtros 20-MB.01A/B/C
30	Q 4.29	Partida mezclador neutralización 80-AG.01
31	Q 4.30	Partida bomba dosificadora ácido 05-DP.01
32	Q 4.31	Partida bomba dosificadora ácido 05-DP.02
33	Q 4.32	Partida bomba dosificadora ácido 05-DP.03
34	Q 4.33	Partida bomba dosificadora ácido 05-DP.04
35	Q 4.34	Partida bomba dosificadora sosa 06-DP.01
36	Q 4.35	Partida bomba dosificadora sosa 06-DP.02
37	Q 4.36	Partida bomba neutralización 80-P.01
38	Q 4.37	Partida mezclador ácido 05-AG.01
39	Q 4.38	Partida válvula neumática 05-PV.01
40	Q 4.39	Partida válvula neumática 20-PV.19A
41	Q 4.40	Filtro 11-QA.01A Marcha (LED)
42	Q 4.41	Filtro 11-QA.01A Vaciado de agua (LED)
43	Q 4.42	Filtro 11-QA.01A Lavado con aire (LED)
44	Q 4.43	Filtro 11-QA.01A Lavado con agua contracorriente (LED)
45	Q 4.44	Filtro 11-QA.01A Lavado con agua (LED)
46	Q 4.45	Filtro 11-QA.01B Marcha (LED)
47	Q 4.46	Filtro 11-QA.01B Vaciado de agua (LED)
48	Q 4.47	Filtro 11-QA.01B Lavado con aire (LED)
49	Q 4.48	Filtro 11-QA.01B Lavado con agua contracorriente (LED)
50	Q 4.49	Filtro 11-QA.01B Lavado con agua (LED)
51	Q 4.50	Filtro 11-QA.01C Marcha (LED)
52	Q 4.51	Filtro 11-QA.01C Vaciado de agua (LED)
53	Q 4.52	Filtro 11-QA.01C Lavado con aire (LED)
54	Q 4.53	Filtro 11-QA.01C Lavado con agua contracorriente (LED)
55	Q 4.54	Filtro 11-QA.01C Lavado con agua (LED)
56	Q 4.55	Filtro 11-QA.01A Pausa (LED)
57	Q 4.56	Filtro 20-MB.01A Marcha (LED)
58	Q 4.57	Filtro 20-MB.01A Regeneración (LED)
59	Q 4.58	Filtro 20-MB.01B Marcha (LED)
60	Q 4.59	Filtro 20-MB.01B Regeneración (LED)
61	Q 4.60	Filtro 20-MB.01C Marcha (LED)
62	Q 4.61	Filtro 20-MB.01C Regeneración (LED)

Señales físicas de entrada y salida

Cantidad	Pin-salida	Descripción
63	Q 4.62	Filtro 11-QA.01B Pausa (LED)
64	Q 4.63	Alarma General (LED)
65	Q 5.0	Filtros 20-MB.01A/B/C lavado con agua contracorriente (LED)
66	Q 5.1	Filtros 20-MB.01A/B/C Pausa(LED)
67	Q 5.2	Filtros 20-MB.01A/B/C Inyección carbonato sodio(LED)
68	Q 5.3	Filtros 20-MB.01A/B/C lavado lento (LED)
69	Q 5.4	Filtros 20-MB.01A/B/C lavado lento carbonato sodio y ácido (LED)
70	Q 5.5	Filtros 20-MB.01A/B/C lavado rápido ácido(LED)
71	Q 5.6	Filtros 20-MB.01A/B/C vaciado (LED)
72	Q 5.7	Filtros 20-MB.01A/B/C lavado con aire (LED)
73	Q 5.8	Filtros 20-MB.01A/B/C lavado final (LED)
74	Q 5.9	Partida válvula neumática 20-PV.19B
75	Q 5.10	Partida válvula neumática 20-PV.19C
76	Q 5.11	Partida válvula neumática 20-PV.19D
77	Q 5.12	Filtro 11-QA.01C Pausa (LED)
78	Q 5.13	Filtro 11-QA.01A Posición de Espera (LED)
79	Q 5.14	Filtro 11-QA.01B Posición de Espera (LED)
80	Q 5.15	Filtro 11-QA.01C Posición de Espera (LED)
81	Q 5.16	Filtro 20-MB.01A Posición de Espera (LED)
82	Q 5.17	Filtro 20-MB.01B Posición de Espera (LED)
83	Q 5.18	Filtro 20-MB.01C Posición de Espera (LED)
84	Q 5.19	Electro Válvula compresor aire
85	Q 1/0.16	Marcha bomba alimentación 51-P.01 (LED)
86	Q 1/0.17	B. Térmico bomba alimentación 51-P.01 (LED)
87	Q 1/0.18	Marcha bomba alimentación 51-P.02 (LED)
88	Q 1/0.19	B. Térmico bomba alimentación 51-P.02 (LED)
89	Q 1/0.20	Marcha bomba alimentación 51-P.03 (LED)
90	Q 1/0.21	B. Térmico bomba alimentación 51-P.03 (LED)
91	Q 1/0.22	Filtro 11-QA.01A Servicio (LED)
92	Q 1/0.23	Filtro 11-QA.01A Regeneración (LED)
93	Q 1/0.24	Filtro 11-QA.01B Servicio (LED)
94	Q 1/0.25	Filtro 11-QA.01B Regeneración (LED)
95	Q 1/0.26	Filtro 11-QA.01C Servicio (LED)
96	Q 1/0.27	Filtro 11-QA.01C Regeneración (LED)
97	Q 2/0.0	Válvula neumática 11-PV.01A
98	Q 2/0.1	Válvula neumática 11-PV.02A
99	Q 2/0.2	Válvula neumática 11-PV.03A
100	Q 2/0.3	Válvula neumática 11-PV.04A
101	Q 2/0.4	Válvula neumática 11-PV.05A
102	Q 2/0.5	Válvula neumática 11-PV.06A
103	Q 2/0.6	Válvula neumática 11-PV.07A, 11-PV.08A
104	Q 2/0.8	Válvula neumática 11-PV.01B
105	Q 2/0.9	Válvula neumática 11-PV.02B
106	Q 2/0.10	Válvula neumática 11-PV.03B
107	Q 2/0.11	Válvula neumática 11-PV.04B
108	Q 2/0.12	Válvula neumática 11-PV.05B

Señales físicas de entrada y salida

Cantidad	Pin-salida	Descripción
109	Q 2/0.13	Válvula neumática 11-PV.06B
110	Q 2/0.14	Válvula neumática 11-PV.07B, 11-PV.08B
111	Q 2/0.16	Válvula neumática 11-PV.01C
112	Q 2/0.17	Válvula neumática 11-PV.02C
113	Q 2/0.18	Válvula neumática 11-PV.03C
114	Q 2/0.19	Válvula neumática 11-PV.04C
115	Q 2/0.20	Válvula neumática 11-PV.05C
116	Q 2/0.21	Válvula neumática 11-PV.06C
117	Q 2/0.22	Válvula neumática 11-PV.07C, 11-PV.08C
118	Q 4/0.16	Marcha compresor regeneración 38-CP.01 (LED)
119	Q 4/0.17	B. Térmico compresor regeneración 38-CP.01 (LED)
120	Q 4/0.18	Marcha bomba dosificadora bisulfito 07-DP.01 (LED)
121	Q 4/0.19	Marcha mezclador bisulfito 07-AG.01 (LED)
122	Q 4/0.20	B. Térmico mezclador bisulfito 07-AG.01 (LED)
123	Q 4/0.21	Marcha bomba dosificadora anticrustante 08-DP.01 (LED)
124	Q 6/0.16	Marcha bomba de ósmosis 41-P.01A (LED)
125	Q 6/0.17	B. Térmico bomba de ósmosis 41-P.01A (LED)
126	Q 6/0.18	B. Térmico motor bomba de ósmosis 41-P.01A (LED)
127	Q 6/0.19	Marcha bomba de lavado 17-P.01A (LED)
128	Q 6/0.20	B. Térmico bomba de lavado 17-P.01A (LED)
129	Q 6/0.21	Marcha válvula neumática 17-PV.01A (LED)
130	Q 8/0.16	Marcha bomba de ósmosis 41-P.01B (LED)
131	Q 8/0.17	B. Térmico bomba de ósmosis 41-P.01B (LED)
132	Q 8/0.18	B. Térmico motor bomba de ósmosis 41-P.01B (LED)
133	Q 8/0.19	Marcha bomba de lavado 17-P.01B (LED)
134	Q 8/0.20	B. Térmico bomba de lavado 17-P.01B (LED)
135	Q 8/0.21	Marcha válvula neumática 17-PV.01B (LED)
136	Q 10/0.16	Marcha bomba de ósmosis 41-P.01C (LED)
137	Q 10/0.17	B. Térmico bomba de ósmosis 41-P.01C (LED)
138	Q 10/0.18	B. Térmico motor bomba de ósmosis 41-P.01C (LED)
139	Q 10/0.19	Marcha bomba de lavado 17-P.01C (LED)
140	Q 10/0.20	B. Térmico bomba de lavado 17-P.01C (LED)
141	Q 10/0.21	Marcha válvula neumática 17-PV.01C (LED)
142	Q 12/0.16	Marcha bomba alimentación ósmosis "A+B" ó "C", 53-P.01 (LED)
143	Q 12/0.17	B. Térmico bomba alimentación ósmosis "A+B" ó "C", 53-P.01 (LED)
144	Q 12/0.18	Marcha mezclador carbonato sodio 26-AG.01 (LED)
145	Q 12/0.19	B. Térmico mezclador carbonato sodio 26-AG.01 (LED)
146	Q 12/0.20	Marcha bomba dosificadora carbonato sodio 26-DP.01 (LED)
147	Q 12/0.21	Marcha bomba alimentación 52-P.01 al filtro 20-MB.01A (LED)
148	Q 12/0.22	B. Térmico bomba alimentación 52-P.01 al filtro 20-MB.01A (LED)
149	Q 12/0.24	Marcha bomba alimentación 52-P.02 al filtro 20-MB.01B (LED)
150	Q 12/0.25	B. Térmico bomba alimentación 52-P.02 al filtro 20-MB.01B (LED)
151	Q 12/0.26	Marcha bomba alimentación 52-P.03 al filtro 20-MB.01C (LED)

Señales físicas de entrada y salida		
Cantidad	Pin-salida	Descripción
152	Q 12/0.27	B. Térmico bomba alimentación 52-P.03 al filtro 20-MB.01C (LED)
153	Q 21/0.0	Señal 4/20mA Comando Válvula 53-PV.01
154	Q 15/0.0	Marcha bomba regeneración 61-P.01 (LED)
155	Q 15/0.1	B. Térmico bomba regeneración 61-P.01 (LED)
156	Q 15/0.2	Marcha bomba regeneración 61-P.02 (LED)
157	Q 15/0.3	B. Térmico bomba regeneración 61-P.02 (LED)
158	Q 15/0.4	Marcha soplador aire 64-SF.01 (LED)
159	Q 15/0.5	B. Térmico soplador aire 64-SF.01 (LED)
160	Q 15/0.6	Filtro 20-MB.01A Servicio (LED)
161	Q 15/0.7	Filtro 20-MB.01A Regeneración (LED)
162	Q 15/0.8	Filtro 20-MB.01B Servicio (LED)
163	Q 15/0.9	Filtro 20-MB.01B Regeneración (LED)
164	Q 15/0.10	Filtro 20-MB.01C Servicio (LED)
165	Q 15/0.11	Filtro 20-MB.01C Regeneración (LED)
166	Q 15/0.12	Marcha válvula 20-PV.19A (LED)
167	Q 15/0.13	Marcha válvula 20-PV.19B (LED)
168	Q 15/0.14	Marcha válvula 20-PV.19C (LED)
169	Q 15/0.15	Marcha válvula 20-PV.20
170	Q 15/0.16	Válvula neumática 20-PV.01A (Cuadro local filtros 20-MB.01A/B/C)
171	Q 15/0.17	Válvula neumática 20-PV.02A (Cuadro local filtros 20-MB.01A/B/C)
172	Q 15/0.18	Válvula neumática 20-PV.03/04/07A (Cuadro local filtros 20-MB.01A/B/C)
173	Q 15/0.19	Válvula neumática 20-PV.05/06A (Cuadro local filtros 20-MB.01A/B/C)
174	Q 15/0.20	Válvula neumática 20-PV.01B (Cuadro local filtros 20-MB.01A/B/C)
175	Q 15/0.21	Válvula neumática 20-PV.02B (Cuadro local filtros 20-MB.01A/B/C)
176	Q 15/0.22	Válvula neumática 20-PV.03/04/07B (Cuadro local filtros 20-MB.01A/B/C)
177	Q 15/0.23	Válvula neumática 20-PV.05/06B (Cuadro local filtros 20-MB.01A/B/C)
178	Q 15/0.24	Válvula neumática 20-PV.01C (Cuadro local filtros 20-MB.01A/B/C)
179	Q 15/0.25	Válvula neumática 20-PV.02C (Cuadro local filtros 20-MB.01A/B/C)
180	Q 15/0.26	Válvula neumática 20-PV.03/04/07C (Cuadro local filtros 20-MB.01A/B/C)
181	Q 15/0.27	Válvula neumática 20-PV.05/06C (Cuadro local filtros 20-MB.01A/B/C)
182	Q 15/0.28	Válvula neumática 20-PV.08 (Cuadro local filtros 20-MB.01A/B/C)
183	Q 15/0.29	Válvula neumática 20-PV.09 (Cuadro local filtros 20-MB.01A/B/C)

Señales físicas de entrada y salida		
Cantidad	Pin-salida	Descripción
184	Q 15/0.30	Válvula neumática 20-PV.10 (Cuadro local filtros 20-MB.01A/B/C)
185	Q 15/0.31	Válvula neumática 20-PV.11 (Cuadro local filtros 20-MB.01A/B/C)
186	Q 16/0.0	Válvula neumática 20-PV.12 (Cuadro local filtros 20-MB.01A/B/C)
187	Q 16/0.1	Válvula neumática 20-PV.13 (Cuadro local filtros 20-MB.01A/B/C)
188	Q 16/0.2	Válvula neumática 20-PV.14 (Cuadro local filtros 20-MB.01A/B/C)
189	Q 16/0.3	Válvula neumática 20-PV.15 (Cuadro local filtros 20-MB.01A/B/C)
190	Q 16/0.4	Válvula neumática 20-PV.16 (Cuadro local filtros 20-MB.01A/B/C)
191	Q 16/0.5	Válvula neumática 20-PV.17 (Cuadro local filtros 20-MB.01A/B/C)
192	Q 16/0.6	Válvula neumática 20-PV.18 (Cuadro local filtros 20-MB.01A/B/C)
193	Q 18/0.16	Marcha bomba dosificadora ácido 05-DP.01 (LED)
194	Q 18/0.17	B. Térmico bomba dosificadora ácido 05-DP.01 (LED)
195	Q 18/0.18	Marcha bomba dosificadora ácido 05-DP.02 (LED)
196	Q 18/0.19	B. Térmico bomba dosificadora ácido 05-DP.02 (LED)
197	Q 18/0.20	Marcha mezclador ácido 05-AG.01 (LED)
198	Q 18/0.21	B. Térmico mezclador ácido 05-AG.01 (LED)
199	Q 18/0.22	Marcha bomba dosificadora ácido 05-DP.03 (LED)
200	Q 18/0.23	B. Térmico bomba dosificadora ácido 05-DP.03 (LED)
201	Q 18/0.24	Marcha bomba dosificadora ácido 05-DP.04 (LED)
202	Q 18/0.25	B. Térmico bomba dosificadora ácido 05-DP.04 (LED)
203	Q 18/0.26	Marcha bomba dosificadora carbonato sodio 06-DP.01 (LED)
204	Q 18/0.27	B. Térmico bomba dosificadora carbonato sodio 06-DP.01 (LED)
205	Q 18/0.28	Marcha bomba dosificadora carbonato sodio 06-DP.02 (LED)
206	Q 18/0.29	B. Térmico bomba dosificadora carbonato sodio 06-DP.02 (LED)
207	Q 18/0.30	Marcha válvula ácido 05-PV.01 (LED)
208	Q 20/0.16	Marcha mezclador neutralización 80-AG.01 (LED)
209	Q 20/0.17	B. Térmico mezclador neutralización 80-AG.01 (LED)
210	Q 20/0.18	Marcha bomba elevación agua neutralización 80-P.01 (LED)
211	Q 20/0.19	B. Térmico bomba elevación agua neutralización 80-P.01 (LED)

Anexo 10: Lenguajes de programación disponibles en el STEP 7.

Para crear el programa S7 se dispone de los lenguajes de programación indicados en la tabla. El software básico STEP 7 contiene los lenguajes de programación KOP, FUP y AWL. Los demás lenguajes de programación pueden adquirirse opcionalmente.

Gracias a ello tiene la posibilidad de elegir entre diversos lenguajes de programación (esquema de contactos, diagrama de funciones, lista de instrucciones, lenguaje de alto nivel, control secuencial o grafo de estado), pudiendo elegir también si desea programar de forma textual o gráfica.

Mediante la elección del lenguaje de programación se definen también los métodos de introducción admisibles (•).

Lenguaje de programación	Destinatarios	Caso de aplicación	Entrada incremental	Entrada orientada a fuente	Bloque autodocumentable de la CPU
Lista de instrucciones AWL	Usuarios que desean programar a nivel de máquina	Programas optimizados en tiempo de ejecución y uso de memoria	•	•	•
Esquema de contactos KOP	Usuarios familiarizados con esquemas eléctricos	Programación de controles combinacionales	•	-	•
Diagrama de funciones FUP	Usuarios familiarizados con los cuadros lógicos del álgebra de Bool	Programación de controles combinacionales	•	-	•
F-KOP, F-FUP paquete opcional	Usuarios familiarizados con los lenguajes de programación KOP y FUP.	Programación de programas de seguridad para sistemas F	•	-	•