

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA HABANA
"JOSÉ ANTONIO ECHEVERRÍA"
FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMÁTICA Y BIOMÉDICA

TRABAJO FINAL DE SISTEMAS DE SCADA

Autor

ARMANDO CESAR MARTIN CALDERÓN

LA HABANA, CUBA

2023

Tabla de Contenido

Introducción	1
1. Descripción del Proceso	2
2. Implementación del Sistema SCADA	4
3. Manejo de Eventos y Usuarios	6
3.1. Avisos	6
3.2. Gestión de usuarios	7
4. Registro e Historial de Datos	9
4.1. Registro de Datos	9
4.2. Historial de Datos	10
5. Comunicación con el Sistema de Control	12
Introducción	13

Índice de Ilustraciones

1.1.	Portada del SCADA.	2
2.1.	Proceso de ósmosis inversa.	4
3.1.	Alarma disparada por alta conductividad a la salida de la 2da etapa de ósmosis.	6
3.2.	Listado de alarmas.	7
3.3.	Grupos de usuarios.	8
4.1.	Imágen de Hitóricos.	10

Introducción

El presente informe detalla el diseño e implementación de un sistema de control y adquisición de datos supervisado (SCADA, por sus siglas en inglés) para una planta de tratamiento de agua, con especial énfasis en el subsistema de ósmosis inversa.

El agua es un recurso vital, pero su disponibilidad en forma segura y utilizable no es universal. Para abordar este desafío, se han desarrollado tecnologías avanzadas de tratamiento de agua, entre las cuales, la ósmosis inversa juega un papel crucial. Esta técnica permite la eliminación eficaz de impurezas y contaminantes, produciendo agua de alta calidad que es segura para el consumo humano y otros usos.

El tratamiento de agua mediante ósmosis inversa es un proceso complejo y multifacético, que requiere un control preciso y constante para asegurar su eficacia y eficiencia. Para esta tarea, los sistemas SCADA son una herramienta invaluable. Proporcionan una interfaz de usuario para el monitoreo y control del proceso, además de características esenciales como el manejo de eventos y alarmas, registro e historial de datos, y comunicación con el sistema de control.

El software TIA Portal de Siemens, que es una plataforma integral para la automatización industrial, fue utilizado para el desarrollo e implementación del sistema SCADA. Este software permite una integración sin fisuras de todos los componentes del sistema, desde los sensores y actuadores en el campo hasta las interfaces de usuario y sistemas de gestión de datos.

El objetivo de este proyecto es proporcionar un control preciso y constante del proceso de ósmosis inversa, permitiendo la detección y corrección temprana de problemas, así como la optimización continua del proceso. Este informe documentará cada paso en el diseño e implementación del sistema, con capturas de pantalla y explicaciones detalladas de cada componente y su función.

Capítulo 1

Descripción del Proceso



Figura 1.1: Portada del SCADA.

El foco de este proyecto es la planta de tratamiento de agua, y más específicamente, el subsistema de ósmosis inversa. La ósmosis inversa es un proceso que elimina la mayor parte de los contaminantes presentes en el agua, incluyendo partículas suspendidas, sales disueltas, bacterias, virus, y otros contaminantes. Este proceso se realiza aplicando una presión mayor a la presión osmótica natural a través de una membrana semipermeable. Esta presión permite que el agua se desplace desde un área de alta concentración de contaminantes a un área de menor concentración, dando como resultado agua purificada.

El proceso comienza con el agua pretratada que se almacena en un tanque. Un sensor de nivel en este tanque proporciona una lectura continua del nivel de agua, lo que permite regular el flujo de agua hacia el sistema de ósmosis inversa.

El agua procede del tanque de almacenamiento y se dosifica con metabisulfito de sodio para eliminar cualquier cloro residual, ya que el cloro puede dañar las membranas de ósmosis inversa. Un sensor de pH se utiliza para monitorear el pH del agua durante esta etapa de pretratamiento.

Posteriormente, el agua pasa por una filtración a través de un filtro de 10 micras para eliminar partículas más grandes. Se utilizan sensores de presión antes y después del filtro para garantizar un correcto funcionamiento de la filtración.

Una vez filtrada, el agua se bombea hacia el sistema de ósmosis inversa, donde un sensor de presión garantiza que se aplica la presión correcta para el proceso. Además, se utilizan sensores de temperatura y conductividad para supervisar estas variables durante el proceso de ósmosis inversa.

El hardware principal para este proyecto incluye los sensores mencionados, junto con bombas, actuadores y un PLC. Este último se utiliza principalmente como repositorio de datos del proceso y como medio para simular variables del proceso, en lugar de realizar un control activo del proceso. Todo está conectado y configurado utilizando el software TIA Portal de Siemens. Este software permite la integración de todos estos componentes en un solo sistema, facilitando el monitoreo del sistema en tiempo real.

Implementación del Sistema SCADA

El sistema SCADA fue implementado utilizando el software TIA Portal de Siemens, una plataforma integral para la automatización industrial que permite una integración fluida entre el hardware y el software del sistema.

En este proyecto, los sensores y actuadores fueron emulados a través del PLC y del propio sistema SCADA, cambiando los valores que simulan las señales de los sensores, las válvulas y las bombas. Aunque el PLC no está programado para un control activo del proceso, es crucial para recoger y almacenar los datos simulados del proceso, permitiendo un fácil acceso a estos datos para el sistema SCADA.

Se crearon varias vistas sinópticas en el TIA Portal para representar visualmente el proceso de ósmosis inversa. Las vistas sinópticas son fundamentales para un sistema SCADA, ya que proporcionan una representación visual intuitiva del sistema que está siendo controlado.

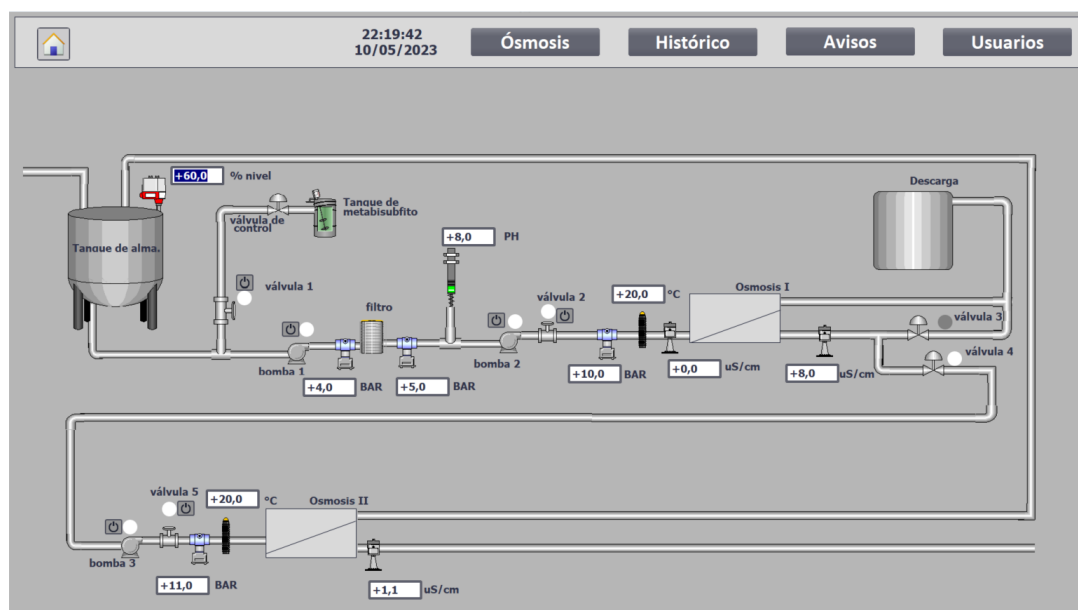


Figura 2.1: Proceso de ósmosis inversa.

Como se puede apreciar en la captura de pantalla anterior, cada componente del proceso está representado con un icono gráfico. Los datos simulados en tiempo real de los sensores se muestran junto a los componentes correspondientes, permitiendo al operador tener una visión rápida del estado del sistema.

Además de las vistas sinópticas, se implementaron otras funcionalidades importantes del sistema SCADA en TIA Portal. Por ejemplo, el sistema está configurado para manejar eventos y alarmas. Cuando un sensor simulado detecta un valor fuera del rango normal, el sistema genera una alarma para alertar al operador.

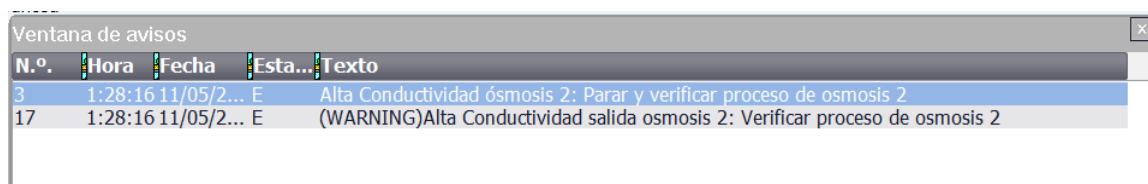
También se implementó el registro y el historial de datos. Estos permiten al operador revisar los datos del proceso a lo largo del tiempo, lo que puede ser útil para identificar tendencias o problemas recurrentes.

Capítulo 3

Manejo de Eventos y Usuarios

3.1. Avisos

El sistema SCADA implementado en este proyecto tiene una serie de alarmas configuradas para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente del proceso de ósmosis inversa. Estas alarmas, o avisos, son generadas por el sistema cuando los valores simulados de las variables del proceso, como la presión, la temperatura y la conductividad, se desvían de los rangos normales.



N.º	Hora	Fecha	Esta...	Texto
3	1:28:16	11/05/2...	E	Alta Conductividad ósmosis 2: Parar y verificar proceso de osmosis 2
17	1:28:16	11/05/2...	E	(WARNING)Alta Conductividad salida osmosis 2: Verificar proceso de osmosis 2

Figura 3.1: Alarma disparada por alta conductividad a la salida de la 2da etapa de ósmosis.

En sistemas de control y automatización, es crucial definir rangos seguros y operativos para todas las variables de proceso importantes. Estos rangos se establecen a menudo en base a normas técnicas, experiencia operativa y consideraciones de seguridad y calidad. El establecimiento de límites de alarma es una práctica común y esencial en la industria para prevenir daños a los equipos, interrupciones del proceso y violaciones de las normas de calidad.

Las alarmas implementadas en el sistema son de dos tipos: avisos de error y avisos de advertencia. Los avisos de error se generan cuando una variable excede un límite crítico, indicando una condición que puede causar un daño significativo al sistema o comprometer la calidad del agua producida. Por otro lado, los avisos de advertencia se generan cuando una variable se acerca a un límite crítico, proporcionando una alerta temprana antes de que se produzca un problema potencial.

Aquí está una descripción más detallada de cada alarma y su importancia:

1. Tanque de almacenamiento lleno/vacío: Estas alarmas garantizan que el tanque de almacenamiento no se sobrellene ni se vacíe completamente. Un tanque demasiado

lleno podría causar desbordamientos y daños, mientras que un tanque vacío podría interrumpir el proceso de ósmosis inversa.

2. Alta conductividad en la ósmosis 1/2: Estas alarmas se activan cuando el agua que pasa a través de las etapas de ósmosis tiene una conductividad más alta de lo normal, lo que podría indicar un funcionamiento ineficiente de las membranas de ósmosis o una calidad de agua inferior a la deseada.
3. Alta/Baja presión en la entrada de la ósmosis 1/2: Las alarmas de presión garantizan que el agua se introduce en las etapas de ósmosis a la presión correcta. Una presión demasiado alta podría dañar las membranas de ósmosis, mientras que una presión demasiado baja podría resultar en un rendimiento ineficiente del sistema.
4. Alta/Baja temperatura en la entrada de la ósmosis 1: Estas alarmas se activan si la temperatura del agua que entra en la primera etapa de ósmosis es demasiado alta o demasiado baja. La temperatura puede afectar la eficiencia de la ósmosis inversa y, en casos extremos, puede dañar las membranas de ósmosis.

Cuando se genera una alarma, el sistema notifica al operador a través de la interfaz SCADA. Esta notificación permite al operador tomar medidas correctivas de manera oportuna para prevenir daños al sistema y garantizar la calidad del agua producida

Avisos analógicos				
ID	Nombre	Texto de aviso	Categoría	
1	Tanque de almacenamiento lleno	Tanque lleno: Parar el proceso y comprobar tanque de almacenamiento	Errors	
2	Tanque de almacenamiento vacío	Tanque vacío: Comprobar funcionamiento en el tanque de almacenamiento	Errors	
3	Alta Conductividad Ósmosis 2	Alta Conductividad ósmosis 2: Parar y verificar proceso de ósmosis 2	Errors	
4	Alta Conductividad ósmosis 1	Alta Conductividad ósmosis 1: Parar y verificar proceso de ósmosis 1	Errors	
5	Alta presión en la entrada de ósmosis 1	Alta presión en la entrada de ósmosis 1: Verificar funcionamiento de la bomba 2	Errors	
6	Baja presión en el proceso de ósmosis 1	Baja presión entrada de ósmosis 1: Verificar funcionamiento de la válvula 2	Errors	
7	Alta temperatura entrada de ósmosis 1	Alta temperatura entrada de ósmosis 1: Verificar proceso de temperatura en la etapa de suavi	Errors	
8	Baja temperatura en la entrada de ósmosis 1	Baja temperatura en la entrada de la ósmosis 1: Verificar proceso de temperatura en la etapa	Errors	
11	Alta presión entrada de ósmosis 2	Alta presión entrada de ósmosis 2: Verificar funcionamiento de la bomba 3	Errors	
12	Baja presión entrada de ósmosis 2	Baja presión entrada de ósmosis etapa 2: Alta presión entrada de ósmosis 2: Verificar funcion	Errors	
15	Warning Tanque lleno	(WARNING) Tanque almacenamiento lleno: Comprobar funcionamiento del tanque del almacer	Warnings	
16	Warning Tanque de almacenamiento vacío	(WARNING) Tanque vacío: Comprobar funcionamiento del tanque de almacenamiento	Warnings	
17	Warning Alta Conductividad salida ósmosis 2	(WARNING) Alta Conductividad salida ósmosis 2: Verificar proceso de ósmosis 2	Warnings	
18	(WARNING) Alta Conductividad entrada ósmosis 1	(WARNING) Alta Conductividad entrada ósmosis 1: Verificar proceso de ósmosis 1	Warnings	
19	(WARNING) Alta presión entrada de ósmosis 1	(WARNING) Alta presión entrada de ósmosis 1: Verificar funcionamiento de la bomba 2	Warnings	
20	(WARNING) Baja presión entrada de ósmosis 1	(WARNING) Baja presión entrada de ósmosis 1: Verificar funcionamiento de la válvula 2	Warnings	
21	(WARNING) Alta temperatura entrada de ósmosis 1:	(WARNING) Alta temperatura entrada de ósmosis 1: Verificar proceso de temperatura en la eta	Warnings	
26	(WARNING) Baja presión entrada de ósmosis etapa 2	(WARNING) Baja presión entrada de ósmosis etapa 2: Verificar funcionamiento de la bomba 3	Warnings	

Figura 3.2: Listado de alarmas.

3.2. Gestión de usuarios

El sistema SCADA implementado en este proyecto incorpora una gestión efectiva de usuarios, esencial para mantener la seguridad y la integridad del sistema. Se han establecido diferentes perfiles de usuario, cada uno con su propio nivel de acceso, lo que proporciona un control detallado sobre quién puede interactuar con el sistema y de qué manera.

Existen tres niveles de acceso para los usuarios del sistema SCADA: Administrador, Monitorización y Operación.

1. **Usuarios de Operación:** Este perfil de usuario está diseñado para los operadores del sistema. Los usuarios con este nivel de acceso pueden visualizar los datos del

proceso y tienen la capacidad de interactuar con el sistema, como encender las bombas del proceso a través de la interfaz SCADA.

2. **Usuarios de Monitorización:** Este perfil proporciona un nivel de acceso superior al de los usuarios de Operación. Además de las capacidades de los usuarios de Operación, los usuarios de Monitorización pueden acceder a las imágenes de los históricos. Esto significa que pueden analizar los datos históricos del sistema, lo que es fundamental para la detección de tendencias y el análisis de rendimiento.
3. **Usuarios Administradores:** Este es el nivel de acceso más alto y proporciona un control total sobre el sistema. Los usuarios Administradores pueden hacer todo lo que pueden hacer los usuarios de Operación y de Monitorización, pero también tienen la capacidad de administrar los perfiles de usuario. Esto significa que pueden crear, modificar y eliminar usuarios, así como ajustar sus niveles de acceso.







Grupos					
	Nombre	Número	Nombre de visualización	Caducidad de l...	Comentario
	Grupo de administradores	1	Grupo de administradores	<input type="checkbox"/>	El grupo 'Administradores' ti...
	Grupo de operadores	2	Grupo de operadores	<input type="checkbox"/>	El grupo 'Usuarios' tiene inici..
	Grupo de supervisores	3	Grupo de supervisores	<input type="checkbox"/>	
	<Agregar>				
Permisos					
	Activo	Nombre	Nombre de visualización	Número	Comentario
	<input checked="" type="checkbox"/>	Administración de usuarios	Administración de usuarios	1	Permiso 'Administración de ...
	<input checked="" type="checkbox"/>	Monitorización	Monitorización	2	Permiso 'Supervisar'.
	<input checked="" type="checkbox"/>	Operación	Operación	3	Permiso 'Operación'.
		<Agregar>			

Figura 3.3: Grupos de usuarios.

El acceso basado en roles es fundamental para garantizar la seguridad del sistema y minimizar el riesgo de errores humanos. También mejora la trazabilidad, ya que todas las acciones realizadas en el sistema pueden ser registradas y vinculadas a un usuario específico.

Capítulo 4

Registro e Historial de Datos

4.1. Registro de Datos

Una parte integral de cualquier sistema de control y supervisión es el registro de datos. En este sistema SCADA implementado en TIA Portal, se registra y almacena una amplia gama de datos del proceso de tratamiento de agua.

Los datos se almacenan en archivos específicos para cada parte del proceso. Esto facilita el acceso a los datos y ayuda a mantener un registro organizado. A continuación, se detalla cómo se almacenan los datos:

1. Archivo de Dosificación: Este archivo almacena los datos del sensor de pH, que se utiliza para controlar la dosificación de metabisulfito de sodio. El pH es un indicador crucial de la calidad del agua y es esencial para el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento de agua.
2. Archivo de Filtrado: Este archivo almacena las lecturas de los sensores de presión antes y después del filtro de 10 micras. Estos datos son vitales para asegurar que el sistema de filtrado está funcionando correctamente y que el agua está siendo debidamente filtrada antes de pasar al proceso de ósmosis inversa.
3. Archivo de Nivel de Tanque: En este archivo se guarda el nivel del tanque de almacenamiento de agua. Este dato es crucial para asegurar que siempre haya suficiente agua para el proceso de ósmosis inversa.
4. Archivos de Ósmosis 1 y Ósmosis 2: Estos archivos guardan datos como la conductividad, la presión y la temperatura antes y después de cada etapa de la ósmosis inversa. Estos datos son fundamentales para el monitoreo y el control del proceso de ósmosis inversa, ya que permiten identificar cualquier problema potencial y tomar medidas correctivas cuando sea necesario.

Además de estos archivos de proceso, se ha creado un archivo de alarmas. Todas las alarmas de la categoría "Error" se registran en este archivo. Este archivo de alarmas proporciona un registro de todos los eventos que han desencadenado una alarma, lo que es útil para la resolución de problemas y la mejora continua del sistema.

4.2. Historial de Datos

Además del registro y almacenamiento de datos, nuestro sistema SCADA también rastrea y visualiza el historial de varias variables del proceso en tiempo real. Esto se logra a través de una serie de gráficos en el software TIA Portal, que proporcionan una visión clara de cómo han evolucionado ciertas variables clave del proceso con el tiempo. A continuación, se detalla cada uno de estos gráficos:

1. **Histórico - pH:** Este gráfico muestra el historial de los valores de pH en la etapa de dosificación. El pH es un parámetro crítico para la operación segura y eficiente de la planta de tratamiento de agua. Este historial permite a los operadores y a los ingenieros de control evaluar la efectividad del sistema de dosificación y hacer ajustes según sea necesario.
2. **Histórico - Presiones:** Este gráfico contiene el historial de las presiones antes y después del filtro. Si se observa una diferencia significativa entre estas dos presiones, podría ser un indicador de que el filtro necesita mantenimiento. Por tanto, tener un historial de estas presiones es esencial para la programación del mantenimiento preventivo.
3. **Histórico - Conductividad 1 y 2:** Estos gráficos muestran el historial de la conductividad a la salida de la primera y segunda etapas de la ósmosis inversa, respectivamente. La conductividad es un indicador clave de la eficacia del proceso de ósmosis inversa. Si aumenta, podría indicar un problema con las membranas de ósmosis inversa que necesitaría ser investigado.

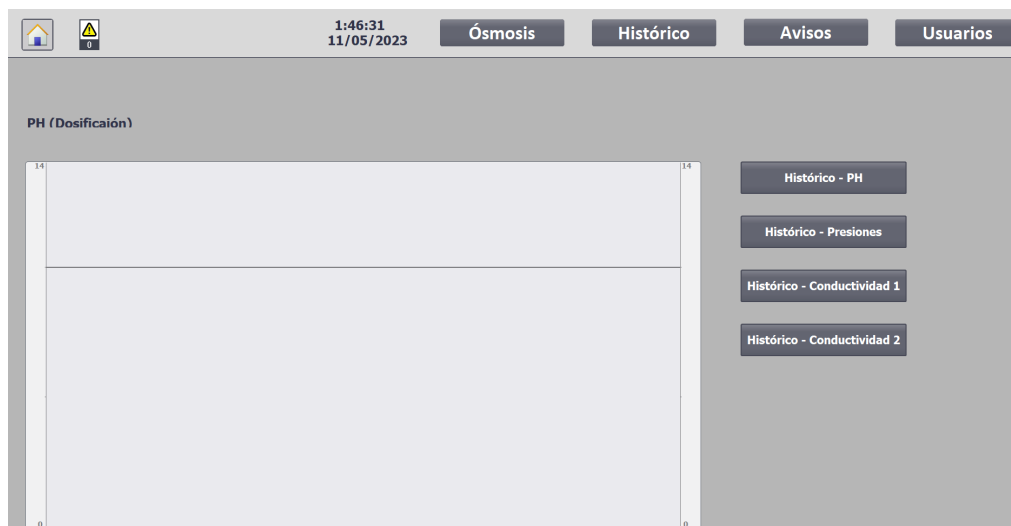


Figura 4.1: Imágen de Hitóricos.

Los datos para estos gráficos se toman directamente de los archivos que se mencionaron en la sección anterior 4.1. Esto significa que incluso si el sistema se detiene, los gráficos seguirán actualizándose con los datos almacenados en los archivos.

Además, se ha configurado el visor de alarmas para cargar las alarmas directamente desde el archivo de alarmas. Esto permite a los usuarios ver un historial de alarmas, lo que es útil para la solución de problemas y la mejora continua del sistema.

Capítulo 5

Comunicación con el Sistema de Control

La comunicación entre el sistema SCADA y el sistema de control es crucial para el correcto funcionamiento de nuestra planta de tratamiento de agua. En nuestro caso, el sistema de control es un PLC Siemens S7-1200, que es conocido por su robustez y fiabilidad.

La comunicación entre el PLC y el sistema SCADA se realizó a través de una red Profinet, que es un estándar de comunicación industrial basado en Ethernet. Profinet ofrece alta velocidad y la capacidad de manejar una gran cantidad de datos, lo que lo convierte en una opción ideal para nuestra aplicación.

Para configurar la comunicación, se asignaron el PLC y el sistema SCADA a la misma subred. Esto se logró configurando sus direcciones IP de tal manera que solo difieren en el último número. Por ejemplo, si la dirección IP del PLC es 192.168.1.1, la del sistema SCADA podría ser 192.168.1.2. Esta configuración asegura que ambos dispositivos puedan comunicarse entre sí sin interferencia de otros dispositivos en la red.

Una vez establecida la comunicación, el PLC se utiliza para simular las señales de los sensores y actuadores del proceso. Estos valores se transmiten al sistema SCADA, que luego los utiliza para controlar el proceso y generar alarmas según sea necesario.

Es importante señalar que aunque el PLC es esencialmente un dispositivo de simulación en este contexto, en una implementación real de este sistema, el PLC sería el corazón del sistema de control. Controlaría directamente los sensores y actuadores basándose en su programación y transmitiría los datos del proceso al sistema SCADA para su visualización y control de alto nivel.

Este esquema de comunicación permite un control y monitoreo eficientes del proceso, así como una rápida detección y respuesta a cualquier condición anormal. Aquí se puede incluir una captura de pantalla de la configuración de comunicación en TIA Portal para ilustrar esta sección.

Conclusiones

En este proyecto, hemos implementado un sistema SCADA para controlar y monitorear un subsistema de ósmosis inversa en una planta de tratamiento de agua utilizando el software TIA Portal y un PLC Siemens S7-1200. El sistema ha sido diseñado y configurado para cumplir con los requerimientos de sinópticos, manejo de eventos, registro de datos, historial de datos y eventos, y comunicación con el sistema de control.

El SCADA que desarrollamos permite una visión global del proceso y brinda una interfaz de usuario intuitiva para la monitorización y control del sistema. Con la implementación de alarmas, podemos detectar y responder rápidamente a condiciones anormales para garantizar la seguridad y la eficiencia del proceso.

Hemos registrado y almacenado datos críticos del proceso y eventos en archivos dentro del TIA Portal. Estos datos pueden ser accedidos en el futuro para análisis y diagnósticos, lo que permite una mejora continua del proceso.

Además, se ha implementado una administración de usuarios con diferentes niveles de acceso, asegurando que las operaciones críticas del sistema solo sean realizadas por personal autorizado.

Por último, la comunicación entre el PLC y el sistema SCADA se logró a través de una red Profinet, lo que permite un control eficiente y una rápida transmisión de datos.

Como resultado, este proyecto no solo proporciona una solución de control y supervisión efectiva para una planta de tratamiento de agua, sino que también demuestra la versatilidad y eficiencia de los sistemas SCADA en la gestión de procesos industriales.

En el futuro, este trabajo puede ser ampliado para incluir otras partes de la planta de tratamiento de agua, así como la implementación de técnicas de control más avanzadas y sistemas de diagnóstico y predicción basados en inteligencia artificial.