

TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE COACALCO

Diseño y Control Integrado de un Sistema
Sostenible para el Tratamiento de Agua
Pluvial: Aplicación en el Sector
Agropecuario con Tecnologías Siemens y
HMI.

TESIS

Para Obtener el Título de
Maestría en Ciencias en Ingeniería
Industrial

Presenta:
Israel Zermeño Caballero

102120043

Director de Tesis:
Dr. Ricardo Alejandro Balcazar Montes de Oca

Coacalco Estado de México, Marzo 2024.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a los siguientes actores, cuya invaluable contribución ha sido fundamental para el éxito de este proyecto de investigación:

Durante la culminación de este proyecto, deseo expresar mi sincero reconocimiento a quienes han sido pilares fundamentales para su realización:

Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco:

A la institución que ha sido mi hogar académico, el Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, agradezco por proporcionar un espacio propicio para el aprendizaje y la investigación. La calidad de la educación y los recursos brindados han sido esenciales para el desarrollo de esta investigación.

COMECYT (Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología):

Mi gratitud al COMECYT por creer en el potencial de la investigación y por otorgarme la beca del programa de desarrollo social "Becas COMECYT EDOMEX". Esta beca de posgrado ha sido una oportunidad invaluable que ha facilitado el avance en mis estudios y la realización de este proyecto.

Dr. Ricardo Alejandro Balcazar Montes de Oca (Director de Tesis):

Quisiera expresar mi más sincero reconocimiento al Dr. Ricardo Alejandro Balcazar Montes de Oca, mi asesor y director de tesis. Su apertura, flexibilidad y compromiso se manifestaron a lo largo de todo el proceso. No solo proporcionó orientación académica y técnica, sino que también contribuyó con propuestas valiosas, colaboró activamente en cada etapa, y brindó un acompañamiento constante que enriqueció significativamente la calidad de este trabajo de investigación.

Resumen

Este proyecto aborda la necesidad de soluciones integrales y automatizadas para el tratamiento de agua pluvial en el sector agropecuario. La investigación se centra en diseñar e implementar un sistema adaptado a estas necesidades, utilizando tecnologías Siemens y una interfaz HMI-PLC. La metodología abarca desde el diseño del Diagrama de Cuerpo Libre hasta la implementación de la interfaz, incorporando tecnologías Siemens para adquisición de datos, conexiones eléctricas, programación del tratamiento y diseño de controladores PID.

Los resultados muestran avances significativos en el desarrollo del sistema, destacando la eficacia de la automatización y la interfaz HMI-PLC en la monitorización y control del proceso. Estos hallazgos respaldan la viabilidad de un sistema integral de tratamiento de agua pluvial para el sector agropecuario, con implicaciones importantes para la eficiencia hídrica, la preservación del medio ambiente y el aumento de la productividad en actividades agrícolas y ganaderas.

En las conclusiones, se interpreta que la implementación exitosa de cada objetivo específico refuerza la idea de mejorar la gestión del agua en este entorno particular. El proyecto contribuye al desarrollo sostenible del sector al proporcionar una solución innovadora y adaptada a las necesidades específicas del tratamiento de agua pluvial. Las recomendaciones sugieren evaluar la implementación física del sistema en condiciones reales y explorar mejoras para adaptarse a diferentes contextos agrícolas y ganaderos, proporcionando así un punto de partida para investigaciones futuras

Índice

Capítulo 1 Introducción	1
Planteamiento del Problema.....	1
Objetivo General.....	2
Objetivos Particulares	2
Justificación	3
Metodología.....	4
Capítulo 2.- Estado del Arte	7
Capítulo 3.- Marco Teórico	9
3.1 Circuito de conmutación.....	9
3.2 Tipos de botones.....	9
3.3 Tipos de voltajes	11
3.4 PLC	13
3.5 Tipos de sensores	13
3.6 Relevadores	14
3.7 Industria 4.0	15
3.7.1 Tecnologías presentes en la industria 4.0	15
3.8 HMI.....	17
3.9 Tipos de bombas.....	18
3.10 Electroválvulas.....	19
3.11 Tanques de almacenamiento.....	20
3.12 Tipos de filtros.....	21
3.13 Sedimentos	22
3.14 Reductores de turbulencia	23
3.15 Pichancha flotante	23
Capítulo 4.- Desarrollo	25
4.1 Diagrama de cuerpo libra (DTI)	25
4.2 Conexiones eléctricas y electrónicas del proceso	26
4.3 Programación del proceso de tratamiento de agua.....	34

4.4	Comunicaciones Industriales	41
	Capítulo 5.- Modelo Dinámico y Control Automático	46
5.1	Modelo dinámico del filtro de arenas.....	47
5.2	Simulación de la ecuación diferencial del filtro de arenas	48
5.3	Desarrollo del controlador PID	50
5.4	Simulación del control PID aplicado al control de nivel	51
5.6	Simulación de la ecuación diferencial para el tanque de resinas	55
5.7	Simulación del control PID aplicado a la presión que va al tanque de resinas 57	
	Capítulo 6.- Experimentaciones	59
	Conclusiones.....	63
	Trabajos a futuro	65
	Referencias Bibliográficas	66
	Anexos	70

Índice de figuras

Figura 1.- Diagrama de bloques de un sistema de alarma de seguridad. [1].....	9
Figura 2.- Botones pulsadores. [15].....	10
Figura 3.- Gráfica de voltaje corriente alterna	12
Figura 4.- Autómatas Programables y Sistemas de Automatización	13
Figura 5.- Revoluciones Industriales [25]	15
Figura 6.- Arquitectura para una solución IOT [28].....	16
Figura 7.- Ejemplo de HMI.....	18
Figura 8.- Características de Bomba centrífuga	19
Figura 9.- Detalle de electroválvula. Izquierda: de agua. derecha: de gas. [32]	19
Figura 10.- Detalle de conducción y filtrado del agua al entrar al tanque de almacenamiento	21
Figura 11.- Vista simplificada de una estructura de almacenamiento de agua bajo el nivel del suelo.....	21
Figura 12.- Filtro para remoción de sedimentos y aceites. [23]	22
Figura 13.- Filtro para pulir escurrimientos pluviales. [23]	23
Figura 14.- Pichancha flotante [25].....	24
Figura 15.- DTI del proceso de captación y tratamiento de agua pluvial.	25
Figura 16.- DTI del proceso de captación y tratamiento de agua pluvial implementado	26
Figura 17.- Sensor de nivel del tanque 1	27
Figura 18.- Conexiones de sensores de presión	28
Figura 19.- Conexiones de entradas del PLC.....	29
Figura 20.- Conexiones de las salidas del PLC	31
Figura 21.-Conexiones de bombas	32
Figura 22.- Conexión de solenoides	33
Figura 23.- Conexión eléctrica de la salida analógica a la electroválvula analógica.	34
Figura 24.- Parte 1 Programación en escalera	36
Figura 25.- Parte 2 Programación en escalera	37
Figura 26.- Parte 3 Programación en escalera	38
Figura 27.- Parte 4 Programación en escalera	39
Figura 28.- Parte 5 Programación en escalera	40
Figura 29.- Parte 6 Programación en escalera	41
Figura 30.- Conexión de ethernet del PLC.	42
Figura 31.- Conexión ethernet de la PC	42
Figura 32.- Conexiones en RED de equipos de cómputo y equipos inteligentes ..	44

Figura 33.- Generación de un PING	44
Figura 34.- Interface hombre maquina	45
Figura 35.- DTI del proceso de filtro de arena y el TB50	46
Figura 36.- DTI de tanque de resina aniónicas.....	47
Figura 37.- Modelo dinámico del filtro de arenas.....	49
Figura 38.- Control del nivel del filtro de arenas.	52
Figura 39.- Tubo de Pitot 1.....	53
Figura 40.- Tubo de Pitot 2.....	54
Figura 41.- Modelo dinámico del desplazamiento del tubo Pitot.....	55
Figura 42.- Modelo dinámico del desplazamiento del tubo Pitot cuando $q_1 = 0$	56
Figura 43.- Modelo dinámico de la presión.....	57
Figura 44.- Control PID aplicado a la válvula de entrada del tanque de resinas ...	58
Figura 45.- HMI, PLC y PC, desde una página WEB, parte 1	60
Figura 46.- HMI, PLC y PC, desde una página WEB, parte 2	60
Figura 47.- HMI, PLC y PC, desde una página WEB, parte 3	61
Figura 48.- HMI, PLC y PC, desde una página WEB, parte 4	61

Índice de tablas

Tabla 1.- Tipos comunes de pulsadores.....	10
Tabla 2.- Clasificaciones de los sensores	14
Tabla 3.- Descripción del DTI	26
Tabla 4.- Parámetros del sistema dinámico de la ecuación (9)	49
Tabla 5.- Presión del agua en diferentes unidades de medición	50
Tabla 6.- Parámetros de simulación para la presión en la tubería.....	55

Capítulo 1 Introducción

Según CONAGUA [1], el país está perdiendo su calidad de agua y aunado a ello la escasez de agua en México ha estado en aumento. Provocando pérdidas millonarias en ganadería y agricultura y de esta manera elevando los costos de alimentos de la canasta básica. Datos importantes de la contaminación del agua es la de existencia de sólidos en el agua potable como son; manganeso, hierro, heces fecales, nitratos, mercurio, entre otros. Este tipo de contaminantes afectan en grandes medidas a la ganadería. Dando como resultados alimentos de mala calidad para el consumo humano, [2].

Por otro lado, a nivel mundial la cantidad de agua potable que existe es solo del 0.3%, [3], [4].

Aunado a todos estos detalles el mayor porcentaje del agua se van en la ganadería y para procesos agrícolas. [4], donde México afortunadamente dispone del 0.1% de toda el agua dulce del planeta. Sin embargo, los malos hábitos de cuidado del agua perjudican directamente a varios ciudadanos de México. Por otro lado, La contaminación de los cuerpos acuíferos representa un problema adicional al desperdicio y poca disponibilidad, y se genera cuando se descargan aguas residuales sin tratamiento sin importar su origen, ya sea de tipo doméstico, industrial, agrícola o minero. Para 2010, más de 70% de los cuerpos de agua de México estaba contaminado, resaltando las del Valle de México.

De manera general México está perdiendo grandes cantidades de agua y con la creciente estadística del crecimiento poblacional el consumo de alimento sigue en aumento donde la agricultura y la ganadería en ciertas temporadas han presentado recortes de agua, a tal punto que en el año 2019 México inauguró primera planta desalinizadora de agua de mar en el continente americano, para solo apoyar una región de Baja california y esto solo para cultivo agrícola. [5].

Planteamiento del Problema

Debido a la emergencia climática, se potencia la aparición o desarrollo de las sequías, provocando que durante un tiempo prolongado no haya lluvia, resultando en escasez de agua tanto para el consumo humano como para los cultivos o la industria.

La producción agropecuaria es muy sensible al cambio climático. Algunos ejemplos de los impactos más importantes previstos para el sector agropecuario, con relación a la variación de la temperatura, son la disminución de rendimientos de los cultivos debido al estrés causado por la reducción en el suministro y calidad del agua, en cuanto a los fenómenos extremos como las sequías, las lluvias extremas, las granizadas y los ciclones, se tienen previstos daños severos a los cultivos, erosión del suelo, imposibilidad para cultivar por saturación hídrica de los suelos, efectos adversos en la calidad del agua, estrés hídrico y aumento de la muerte del ganado, entre otros.

Por otra parte, en datos de los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU, se calcula que cada año, un tercio de todos los alimentos producidos, equivalentes a 1300 millones de toneladas con valor de alrededor de 1000 millones de dólares, termina pudriéndose en los contenedores de los consumidores y minoristas, o se estropea debido a las malas prácticas del transporte y la cosecha.

Exista una necesidad para el abastecimiento de agua de calidad a la que actualmente no tienen acceso los productores del sector agropecuario, motivo por el cual se ven obligados a comprar agua potable en unidades de reparto de manera semanal y a irrigar los cultivos con aguas residuales en temporada de sequía.

Objetivo General

Diseñar un sistema para la evaluación de construcción de módulos de captación, filtración y almacenamiento de agua pluvial, con el fin de promover su uso y aprovechamiento de manera sustentable en la agricultura y ganadería, logrando así, reducir la competencia en el consumo de agua potable entre pobladores y sus tierras y/o su ganado.

Objetivos Particulares

1. Diseñar e implementar un Diagrama de Cuerpo Libre (DTI) que describa las interacciones físicas y químicas del proceso de tratamiento de agua pluvial, incorporando tecnologías Siemens para la adquisición de datos adaptada a las necesidades agropecuarias.
2. Establecer las conexiones eléctricas y electrónicas necesarias para la operación segura y eficiente del sistema de tratamiento, cumpliendo con los estándares industriales y utilizando componentes Siemens orientados al sector agropecuario.

3. Desarrollar la programación del proceso de tratamiento de agua, integrando lógica de control avanzada mediante tecnologías Siemens para la gestión óptima de recursos y la adaptabilidad a condiciones específicas del sector.
4. Implementar comunicaciones industriales que permitan la supervisión remota, control y recopilación de datos del sistema de tratamiento de agua pluvial, utilizando tecnologías Siemens para garantizar la conectividad en el entorno agropecuario.
5. Modelar dinámicamente el filtro de arenas y el tanque de resinas, simulando las ecuaciones diferenciales asociadas con un enfoque en tecnologías Siemens, adaptando los modelos a las particularidades del sector agropecuario.
6. Diseñar y afinar un controlador PID utilizando tecnologías Siemens para regular el nivel del filtro de arenas y la presión del tanque de resinas, aplicando técnicas avanzadas de control automático adaptadas a las necesidades agrícolas y ganaderas.
7. Integrar un sistema de Interfaz Humano-Máquina (HMI) con un PLC Siemens para la monitorización y control local del proceso, facilitando la interacción del operador con el sistema de manera intuitiva y adaptada al entorno agropecuario.
8. Realizar la estrategia de control para los sistemas que requieren control.
9. Comprobar las ganancias obtenidas dentro del microcontrolador o microprocesador.

Justificación

Resulta necesaria continuar con la implementación de medidas concretas de mitigación y adaptación al cambio climático, así como con el desarrollo de tecnología específica para el sector agropecuario. En este sentido, el proyecto de investigación a desarrollar consta de realizar análisis para el diseño e implementación de sistemas plegables de captación, filtración y almacenamiento de agua pluvial, estos siendo desarrollados de forma estratégica, para permitir el doble uso de las grandes extensiones de terreno en el Estado de México dedicadas a la agricultura y ganadería, posibilitando la cosecha del agua de lluvia en las zonas donde los pobladores no cuentan con acceso a agua potable para sus actividades productivas, con el fin de promover un aprovechamiento sustentable del recurso hídrico.

De esta manera, se considera que el estudio en cuestión contribuye al desarrollo del Estado de México, a través del aprovechar un recurso que actualmente se

desperdicia al mezclarse con aguas residuales una vez que llega al drenaje, e incentivar el arraigo de los productores a su actividad, a partir de mejorar su rentabilidad, disminuir la competencia en el consumo de agua potable y propiciar una producción de alimentos con menos carga de contaminantes al ser irrigados con aguas grises.

Metodología

La siguiente metodología asegura un enfoque integral en el desarrollo del sistema de tratamiento de agua pluvial, garantizando la integración efectiva de tecnologías Siemens, lógica de control avanzada y comunicaciones industriales para cumplir con los objetivos específicos del proyecto.

1. Diseño e Implementación del Diagrama de Cuerpo Libre (DTI):
 - a. Revisión exhaustiva de la literatura existente sobre los procesos de tratamiento de agua pluvial y su representación mediante Diagramas de Cuerpo Libre.
 - b. Identificación de las interacciones físicas y químicas clave en el proceso de tratamiento de agua pluvial aplicado al sector agropecuario.
 - c. Integración de tecnologías Siemens para la adquisición de datos en el Diagrama de Cuerpo Libre.
 - d. Validación del DTI mediante simulaciones preliminares y ajustes según las características específicas del sistema.
2. Establecimiento de Conexiones Eléctricas y Electrónicas:
 - a. Definición detallada de los requisitos eléctricos y electrónicos del sistema de tratamiento de agua pluvial.
 - b. Selección de componentes Siemens que cumplan con los estándares industriales y sean compatibles con la operación segura y eficiente del sistema.
 - c. Diseño de un esquema de conexiones eléctricas y electrónicas, considerando la integración de las tecnologías Siemens y garantizando la compatibilidad con los componentes seleccionados.
 - d. Verificación y validación de las conexiones mediante pruebas preliminares de seguridad y eficiencia.

3. Desarrollo de la Programación del Proceso de Tratamiento de Agua:
 - a. Definición de los requerimientos específicos de programación del proceso, considerando la gestión óptima de recursos y la adaptabilidad a condiciones cambiantes.
 - b. Programación de la lógica de control avanzada utilizando sistemas de automatización Siemens.
 - c. Integración de algoritmos de adaptabilidad climática para garantizar un funcionamiento eficiente en diferentes condiciones meteorológicas.
 - d. Verificación y prueba de la programación en entornos simulados antes de la implementación práctica.
4. Implementación de Comunicaciones Industriales:
 - a. Selección de tecnologías Siemens para la implementación de comunicaciones industriales.
 - b. Configuración de sistemas de comunicación que permitan la supervisión remota, control y recopilación de datos del sistema de tratamiento de agua pluvial.
 - c. Integración de protocolos de comunicación estándar para garantizar la compatibilidad y la eficiencia en la transmisión de datos.
5. Modelado Dinámico del Filtro de Arenas y el Tanque de Resinas:
 - a. Desarrollo de modelos matemáticos que describan dinámicamente el comportamiento del filtro de arenas y del tanque de resinas.
 - b. Simulación de ecuaciones diferenciales asociadas con un enfoque específico en tecnologías Siemens para optimizar el rendimiento del proceso.
 - c. Validación de los modelos mediante comparación con datos experimentales y ajustes para reflejar con precisión el comportamiento del sistema real.
6. Diseño y Sintonización del Controlador PID:
 - a. Diseño de un controlador PID específico utilizando tecnologías Siemens para regular el nivel del filtro de arenas y la presión del tanque de resinas.

- b. Implementación de técnicas avanzadas de control automático para mejorar la eficiencia y la estabilidad del proceso.
- c. Afinación del controlador mediante simulaciones y pruebas prácticas en el sistema de tratamiento de agua pluvial.

7. Integración del Sistema de Interfaz Humano-Máquina (HMI):

- a. Selección y configuración de componentes Siemens para la implementación del HMI.
- b. Diseño de la interfaz gráfica del HMI para la monitorización y control local del proceso.
- c. Integración del HMI con el PLC Siemens para permitir ajustes en tiempo real y optimización de la eficiencia.
- d. Pruebas exhaustivas de la interfaz y ajustes según la retroalimentación del usuario.

Capítulo 2.- Estado del Arte

El agua es sumamente importante para todo ser vivo en esta tierra, donde frecuentemente se plantean cierto tipo de estrategias para poder mejorar su calidad o estrategias para hacer mal uso de ella. En [6], se habla de un método de filtración de agua, el cual emplea un diseño de auto cono y utiliza procesos físicos químicos para potabilizar el agua.

Algunas publicaciones mencionan que una de las mejores maneras o alternativas de suministrar agua limpia es por medio de la captación de agua de lluvia en los hogares, en [7] habla de un análisis estadístico de captación de agua de lluvia en 11 viviendas y en dos temporadas (temporada seca y temporada húmeda), donde los resultados mostraron que los parámetros que cumplen con el estándar de calidad de agua limpia son turbidez, hierro, manganeso, nitrato y nitrito en ambos tiempos de observación. Mientras que el color, el pH, el TDS y la E. coli superan el estándar de calidad del agua limpia. El mayor volumen de escorrentía de agua de lluvia fue de 20,59 m³ para la primera semana y la segunda semana fue de 14,06 m³. En conclusión, el área de captación de la azotea afecta significativamente la cantidad y la calidad de la escorrentía del agua de lluvia y, potencialmente, se puede utilizar como suministro de agua limpia a través de una unidad de tratamiento de agua simple.

De una manera similar en [8] se habla de la calidad de agua pluvial en azoteas donde concluyen que los parámetros involucrados son pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos totales (TSS), nitrógeno amoniacal (NH₃-N), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), E.coli y total. bacterias coliformes. Los resultados mostraron que el valor total de WQI antes y después del tratamiento fue de $86,3 \pm 8,963$ y $87,6 \pm 2,081$, respectivamente. Se encontraron correlaciones positivas para el parámetro NH₃-N, DQO y pH, mientras que la prueba T pareada mostró una significativa en la DQO y la presencia de bacterias. Los coliformes totales aún se encuentran en un nivel seguro según NWQS con un valor promedio y una desviación estándar para antes y después del tratamiento de $38,11 \pm 13,960$ ufc/ml y $10,33 \pm 6,671$ ufc/ml, respectivamente. Dando como resultado un método seguro e higiénico, donde no se necesita grandes procesos para la filtración y purificación del agua.

En [9] se usan expresiones matemáticas para saber cuál es el mejor método a usar para la recolección del agua.

Por otro lado, en [10], usan un método de fotocátalisis para la purificación del agua de lluvia donde, desarrollar un techo de zinc (Zn) descontaminante cubierto por nanoestructuras (NS) de ZnO utilizando un método de crecimiento hidrotérmico sin semillas de un solo paso en 2 h.

Se ha hablado mucho de métodos físicos y químicos, sin embargo, pocos trabajos hablan de como limpiar el agua utilizando radiofrecuencia, un ejemplo de un trabajo de ello se ve en [11]. Donde se introduce un sistema de tratamiento de radiofrecuencia (RF) para purificar el agua de la fuente con una pequeña posibilidad de contaminación. La RF se genera aplicando una frecuencia de 1,5 MHz a través de un reactor de vidrio de 2 mm de diámetro que está envuelto por un hilo de cobre de 2 mm. Los resultados demuestran que el valor UV260 y el carbono orgánico disuelto (DOC) se reducen durante el tratamiento RF. DOC se redujo en una cantidad menor en comparación con UV260, lo que sugiere la transformación parcial de DOM biorrefractario. Una matriz de emisión de excitación de fluorescencia mostró que las sustancias de tipo húmico en el agua de lluvia se reducían más rápido que las de tipo proteico, lo que indica que las sustancias de tipo húmico son susceptibles de reducción mediante el tratamiento con radiofrecuencia. Los resultados ofrecen información sobre el uso del tratamiento RF en un proceso de potabilización de agua de lluvia para la producción de agua potable.

Un artículo el cual puede apoyar mucho el sustento de este trabajo es [12], en este documento se resumen los principios y la clasificación de las tecnologías de liberación sostenida, así como los métodos típicos de preparación de los agentes de liberación sostenida. ; mediante la introducción del progreso de la investigación aplicada de las tecnologías de liberación sostenida en campos ambientales como la purificación de agua de lluvia, el tratamiento de aguas residuales/agua potable y la remediación del suelo y la atmósfera, se evaluaron las características de aplicación de estas tecnologías de liberación sostenida y su perspectiva de aplicación en la remediación ambiental, especialmente en el tratamiento del agua , estaba previsto.

Cabe resaltar que dentro de la investigación que se realiza para este capítulo no se vio dentro de las tres editoriales trabajos referentes a la parte de implementación y el monitoreo de las variables para la recolección de agua de lluvia.

Capítulo 3.- Marco Teórico

3.1 Circuito de conmutación

Los conmutadores analógicos se utilizan mucho en sistemas de adquisición de datos, en los cuales las señales analógicas se transforman a digital y en circuitos conmutados por capacitor utilizados en circuitos integrados programables. Se introducen los fundamentos tanto de comunicación analógica como de compuertas lógicas digitales [13]. Esto se puede ver en la Figura 1

Las tareas específicas realizadas por el software son: la configuración de las fuentes generadoras de señal. El control del sistema de conmutación de cargas, la utilización de algoritmos de potencia y la adquisición y almacenamiento de las señales acondicionadas.[14].

Referente al diseño de circuitos, se muestra en la figura 1 un diagrama de bloques básico de un sistema. Los sensores para cada zona están conectados a los circuitos de conmutación y la salida de éstos se dirige a un circuito de alarma audible y/o al circuito de marcación telefónica. La parte central de esta aplicación son los circuitos de conmutación de transistores. [13]

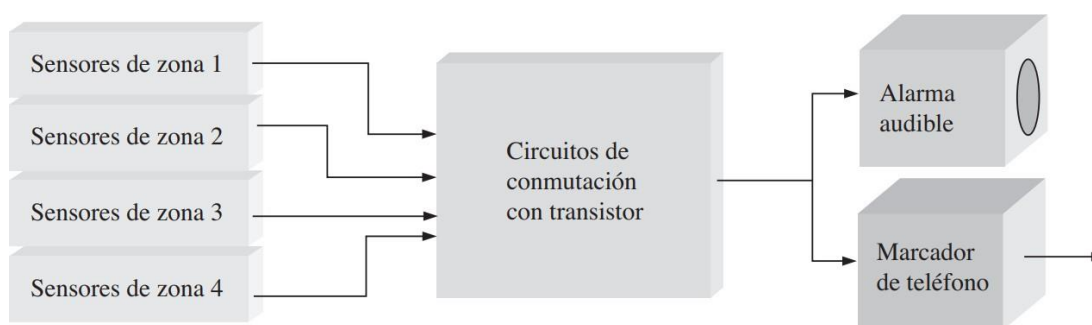


Figura 1.- Diagrama de bloques de un sistema de alarma de seguridad. [1]

3.2 Tipos de botones

Los botones pulsadores y dispositivos de señalización incluyen un amplio espectro de operadores. En la Figura 2, se pueden ver algunos tipos de botones.

Los botones pulsadores son dispositivos auxiliares de mando provistos de un elemento destinado a ser accionado por la fuerza ejercida por una parte del cuerpo humano, generalmente el dedo o la palma de la mano u que tiene una energía de retorno acumulada (resorte). En el argot técnico es frecuente ver utilizar 3 términos:

1. Para el elemento de accionamiento o botón de presión: actuador, cabeza, roseta, tecla, etc.
2. Color del que puede ser todo el elemento de accionamiento, el botón rasante o saliente que se monta a presión o roscado sobre la cabeza.
3. Para el auxiliar de mando o elemento de conexión: bloque de contactos, cámara de contactos, cuerpo, etc. [15].

En la figura 3 se puede observar cómo se compone un botón pulsador.

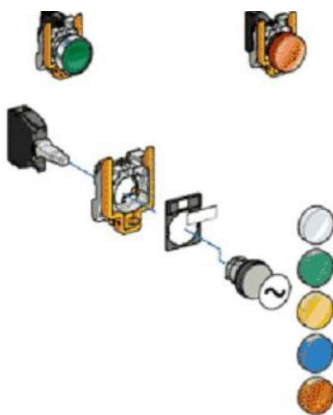


Figura 2.- Botones pulsadores. [15]

En la Tabla 1, se muestran los tipos de pulsadores:

Id	Descripción	Símbolo
1	Botón normalmente abierto. Sirve para realizar el arranque de algún sistema eléctrico electrónico.	BNA
2	Botón normalmente cerrado. Sirve para realizar el arranque de algún sistema eléctrico electrónico.	BNC
3	Interruptor de dos posiciones. Sirve para condicionar una acción con respecto a otra.	Interruptor 2 posiciones

Tabla 1.- Tipos comunes de pulsadores.

Los botones pueden ser un contacto normalmente abierto en reposo NA (normalmente abierto), o con un contacto NC (normalmente cerrado) en reposo. Existen diferentes tipos de pulsadores: basculante, pulsador timbre, con señalizador, circular y extraplano.

El funcionamiento del botón de un dispositivo electrónico funciona por lo general como un interruptor eléctrico, es decir, en su interior tiene dos contactos, al ser pulsado uno, se activará la función inversa de la que en ese momento este realizando, si es un dispositivo NA será cerrado, si es un dispositivo NC será abierto.

Botones giratorios

De dos o tres posiciones mantenidas con retorno automático y cero (selección de circuitos o de un tipo de marcha: marcha manual, automática y parada sobre un equipo compresor o bomba, por ejemplo). [15].

3.3 Tipos de voltajes

Existen diferentes tipos de voltaje: inducido, alterno, de corriente directa y continuo.

Voltaje inducido

En algunos motores y generadores, los conductores o bobinas se mueven con respecto a un flujo constante. El movimiento rotativo produce un cambio en el eslabonamiento de flujo de las bobinas y, en consecuencia, un voltaje inducido de acuerdo con la Ley de Faraday. El cálculo del voltaje inducido con base a los conductores, que hacer referencia a las bobinas mismas. En efecto, siempre que un conductor corte un campo magnético, se induce un voltaje entre sus terminales. El valor del voltaje inducido está dado por la expresión: [16]

$$\varepsilon = \frac{d\phi_B}{dt}$$

Donde ε es la fuerza electromotriz, ϕ_B es el flujo magnético.

Voltaje alterno

Los voltajes de corriente alterna se pueden representar por medio de la gráfica (figura 4). El eje vertical indica el voltaje en cada instante, mientras que el horizontal indica el tiempo correspondiente. Los voltajes son positivos cuando están sobre el eje horizontal y negativos cuando están debajo. [17]

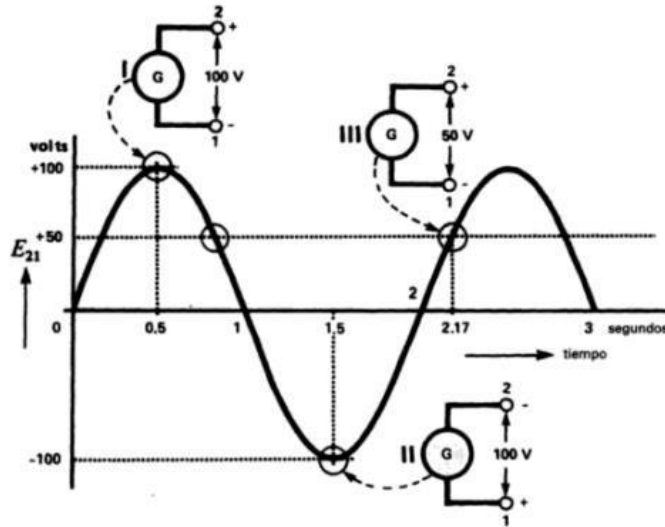


Figura 3.- Gráfica de voltaje corriente alterna

Voltaje de corriente directa.

El voltaje directo tiene una polaridad fija sin variación de frecuencia. Este voltaje es el que usa la gran mayoría de los circuitos electrónicos, ejemplo de este voltaje es el que se encuentra en las pilas alcalinas o las del tipo recargable que se encuentra en el teléfono móvil. La mayoría de los circuitos electrónicos usa voltaje directo, pero siempre tienen un tipo de fuente de poder que transforma el VCA a VCD, la fuente puede ser externa o interna. [18]

Voltaje continuo.

También llamado de corriente continua (VCC), se trata de la corriente más pura que hay, presente en chips, microprocesadores y otros artefactos que requieren de voltajes continuos y constantes. Suele obtenerse luego de tratamiento con condensadores electrolíticos. [19]

3.4 PLC

El PLC (Control Lógico Programable) es un equipo comúnmente utilizado por aquellas industrias que buscan dar un salto significativo en la automatización de todos sus procesos.

Es una computadora industrial que usa la ingeniería para la automatización de procesos y tiene como finalidad, que las máquinas desarrollen efectivamente todos los sistemas que la componen. [20]

Los controladores lógicos electrónicos deben poseer características diferentes en función de las exigencias del sistema controlado por ellos. De ahí el que se puedan realizar de distintas formas, que se diferencian, tal como se indica en la tabla figura 5, por poseer o no una unidad operativa. Al estudio de los diferentes tipos de controladores lógicos a continuación: [21]

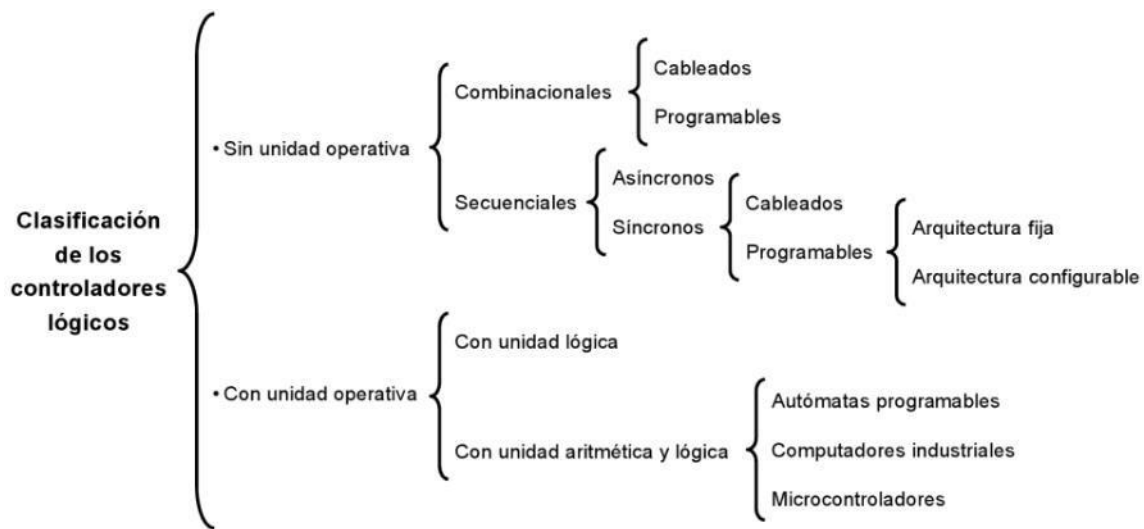


Figura 4.- Autómatas Programables y Sistemas de Automatización

3.5 Tipos de sensores

Según el aporte de energía, los sensores se pueden dividir en moduladores y generadores. En los sensores moduladores o activos, la energía de la señal de salida procede, en su mayor parte, de una fuente de energía auxiliar. La entrada sólo controla la salida. En los sensores generadores o pasivos, la energía de salida es suministrada por entrada.

Según la señal de salida, los sensores se clasifican en analógicos o digitales. En los analógicos la salida varía, a nivel macroscópico, de forma continua. La información está en la amplitud, si bien se suelen incluir en este grupo los sensores con salida en el dominio temporal. [22]

En la Tabla 2. Se recogen todos los criterios de clasificación y se dan algunos ejemplos de sensores de cada clase. Para el estudio de un gran número de sensores se suele acudir a su clasificación de acuerdo con la magnitud de medida. Se habla en consecuencia de sensores de temperatura, presión, caudal, humedad, posición, velocidad, aceleración, fuerza, par, etc.

Criterio	Clases	Ejemplos
Aporte de energía	Moduladores generales	Termistor Termopar
Señal de salida	Analógicos Digitales	Potenciómetro Codificador de posición
Modo de operación	De deflexión De comparación	Acelerómetro Servo acelerómetro

Tabla 2.- Clasificaciones de los sensores

3.6 Relevadores

El término relevador interno, relevador auxiliar o marcador se refieren a todo lo que se puede considerar un relevador interno del PLC. Éstos se comportan como relevadores con sus respectivos contactos, pero en realidad no son relevadores verdaderos sino simulaciones del software del PLC. Algunos respaldos tienen baterías que se pueden utilizar en circuitos para garantizar la seguridad en el corte de energía en una planta cuando hay una interrupción del suministro eléctrico. Los relevadores internos pueden ser muy útiles en la implementación de secuencias de interrupción. [23]

Los relevadores de estado sólido se pueden usar para controlar prácticamente los mismos circuitos que se controlan, con los relevadores electromecánicos, pero debido a que los relevadores de estado sólido difieren en sus funciones de los relevadores electromecánicos, para los relevadores de estado sólido los circuitos de control también difieren, estas diferencias se dan principalmente en cómo el

relevador está conectado en el circuito y no en las aplicaciones del circuito mismo.
[24]

3.7 Industria 4.0

La cuarta revolución industrial, se le conoce también como la era de la digitalización o Industria 4.0, debido al crecimiento exponencial de la tecnología y de las TIC en las últimas décadas.

En la figura 6, se puede observar una sinopsis temporal de las cuatro revoluciones industriales. Esto se puede ver en Figura 5.

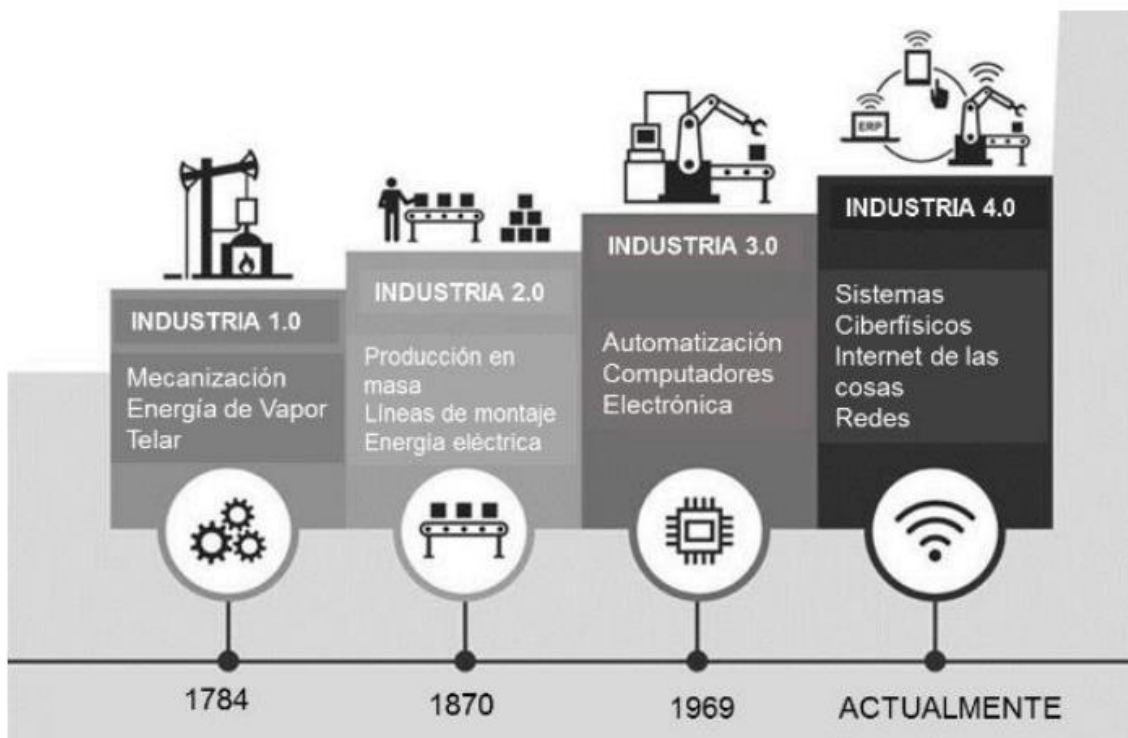


Figura 5.- Revoluciones Industriales [25]

3.7.1 Tecnologías presentes en la industria 4.0

Internet de las cosas- IOT

El concepto de Internet de las Cosas tiene su origen en el MIT, y “representa la próxima evolución de Internet. Dado que los seres humanos avanzan y evolucionan convirtiendo los datos en información, conocimiento y sabiduría, el IoT tiene el potencial de mejorar el mundo tal y como lo conocemos. Lo que tardemos en llegar depende de nosotros” [25], [26]. Esto se puede ver en la Figura 6

Se refiere a escenarios en donde la conectividad de la red y la capacidad de cómputo se extienden a objetos, sensores y artículos de uso diario que habitualmente no se consideran computadores, es decir existe una interacción entre el mundo físico y biológico con los sistemas cibernéticos, permitiendo que estos dispositivos generen, intercambien y consuman datos con una mínima intervención humana. [27]

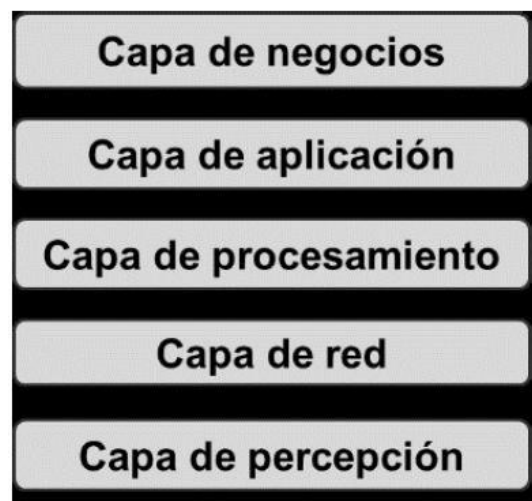


Figura 6.- Arquitectura para una solución IOT [28]

Computación en la nube

La computación en la nube es la piedra angular de cualquier estrategia de Industria 4.0. La plena realización de la manufactura inteligente exige conectividad e integración de ingeniería, cadena de suministro, producción, ventas, distribución y servicio. La nube ayuda a que eso sea posible. Además, la gran cantidad de datos que normalmente se almacenan y analizan se puede procesar de manera más eficiente y rentable con la nube. La computación en la nube también puede reducir los costos iniciales para los fabricantes pequeños y medianos que pueden ajustar sus necesidades y escalar a medida que crece su negocio. [29]

Ciberseguridad.

Para el director del Centro de Ciberseguridad Industrial (CCI) José Valiente, la Ciberseguridad es el conjunto de prácticas, procesos y tecnologías, diseñadas para gestionar el riesgo del ciberespacio derivado del uso, procesamiento, almacenamiento y transmisión de información utilizada en las organizaciones e infraestructuras industriales, utilizando las perspectivas de personas, procesos y tecnologías. [30]

IA y machine learning.

La IA y el machine learning permiten a las empresas manufactureras aprovechar al máximo el volumen de información generada no solo en la planta de producción, sino en todas sus unidades comerciales, e incluso de socios y fuentes de terceros. La IA y el machine learning pueden crear insights que brinden visibilidad, previsibilidad y automatización de operaciones y procesos comerciales. Por ejemplo: las máquinas industriales tienden a averiarse durante el proceso de producción. El uso de datos recopilados de estos activos puede ayudar a las empresas a realizar un mantenimiento predictivo basado en algoritmos de machine learning, lo que resulta en más tiempo de actividad y mayor eficiencia. [29]

3.8 HMI

Se le puede denominar como HMI a cualquier pantalla utilizada como interfaz entre la persona y la máquina en cuestión, ya que normalmente incorporan interfaces gráficas para una sencilla interacción con el usuario, además de mostrar datos en tiempo real de las acciones que realice.

Las pantallas HMI se utilizan para optimizar un proceso industrial digitalizando y centralizando los datos. De esta manera, los operadores pueden ver información importante en gráficos, cuadros de mando digitales, ver y gestionar alarmas, y conectarse con sistemas SCADA y MES, a través de una consola.

La interfaz hombre-máquina se comunica con los controladores lógicos programables (PLC) y los sensores de entrada/salida para obtener y mostrar

información para que los usuarios la vean. Del mismo modo, pueden utilizarse para una sola función, como el monitoreo y el seguimiento, o para realizar operaciones más sofisticadas, como el apagado de máquinas o el aumento de la velocidad de producción, dependiendo de cómo se implementen. [30]

En la siguiente figura (8) se puede observar un ejemplo de HMI.



Figura 7.- Ejemplo de HMI

3.9 Tipos de bombas

La clasificación de las bombas se puede dividir en dos grupos, de acuerdo con los principios mecánicos que se emplean en su funcionamiento: bombas de desplazamiento constante y bombas de desplazamiento variable.

De desplazamiento constante: de émbolo o de pistón, rotatorias y rotor helicoidal.

De desplazamiento variable: bombas centrífugas, de succión elevada, de turbina, de turbina sumergible y de chorro. [31]

En la Figura 8 se puede observar algunas de las características de las bombas centrífugas, además de contar con los siguientes rasgos:

- a) Se adapta a diferentes sistemas de transmisión.
- b) Provocan un flujo suave y uniforme
- c) Tienen bajo par de torsión de arranque y alta eficiencia.

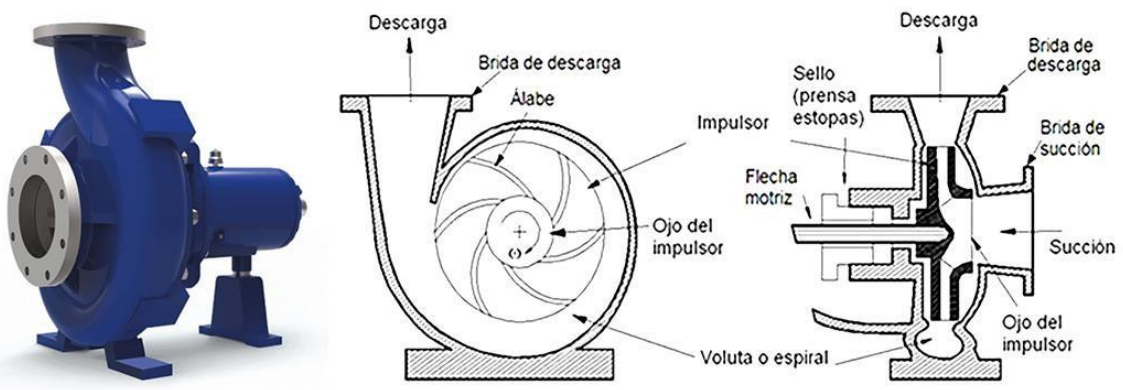


Figura 8.- Características de Bomba centrífuga

3.10 Electroválvulas

Son dispositivos electromecánicos que se componen de dos partes claramente diferenciadas: el elemento sobre el que se actúa eléctricamente, generalmente una bobina o solenoide, y la válvula propiamente dicha, que es el elemento mecánico que favorece o impide el paso del fluido. Esto se puede ver en la Figura 9

Se pueden clasificar en primer lugar como electroválvulas normalmente cerradas y normalmente abiertas, que, en ausencia de energía eléctrica, impiden o no el paso del fluido. Sin embargo, existen multitud de propiedades adicionales a tener en cuenta, como son si el solenoide actúa o no directamente sobre la válvula, o si el sistema de activación es de tipo todo/nada o permite comportamientos más complejos como el comportamiento biestable o la regulación del caudal. [32]



Figura 9.- Detalle de electroválvula. Izquierda: de agua. derecha: de gas. [32]

3.11 Tanques de almacenamiento

La selección del tipo y tamaño del tanque, aparte de los criterios técnicos, hay algunos principios generales que deben respetarse:

- a) Limpieza: Incidirá directamente sobre el tiempo durante el cual se puede almacenar agua manteniendo su potabilidad.
- b) Tapa o cubierta: Para impedir la entrada de material contaminante como disminuir las pérdidas por evaporación.
- c) Impermeabilidad: Que el tanque no tenga fugas por sus paredes o fondo para evitar pérdidas de agua por filtraciones al exterior, prolongar la vida útil del tanque, evitar la contaminación del agua a través de grietas, mantener ambiente limpio.
- d) Buen uso del agua (higiene): Se refiere al mecanismo con que se extrae el agua del tanque para su consumo, tanto para facilitar el uso del agua y disminuir la contaminación. Para tanques construidos, lo ideal es una salida de agua por gravedad (ver Figura 10), para tanques por debajo del nivel del suelo, la salida puede ser extendida unos metros cuando la pendiente del terreno lo permite (Figura 11), el uso de una bomba es recomendado. Lo que se pretende evitar es que se deba abrir el tanque e introducir un recipiente/ utensilio cada vez que se desea extraer agua.
- e) Control de rebalse: Todo tanque construido con este fin deberá llevar un dispositivo de evacuación de excedentes de agua. [32], [33]

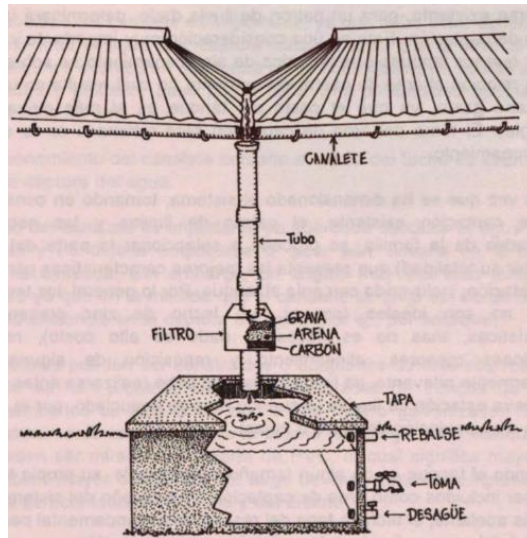


Figura 10.- Detalle de conducción y filtrado del agua al entrar al tanque de almacenamiento.

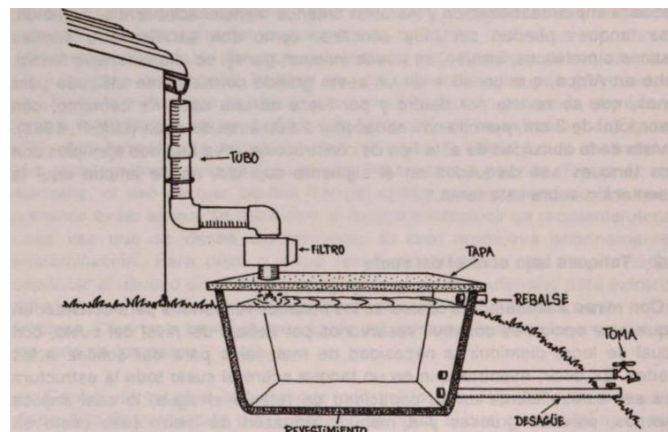


Figura 11.- Vista simplificada de una estructura de almacenamiento de agua bajo el nivel del suelo.

3.12 Tipos de filtros

La eliminación de las partículas contaminantes del agua y la mejora de su calidad se pueden realizar a través de diferentes sistemas y agentes neutralizadores.

- Carbón activado
- Intercambio iónico
- Filtros cerámicos
- Luz ultravioleta
- Ósmosis inversa
- Antracita

3.13 Sedimentos

Para aplicaciones de lluvia usualmente son para remoción de sedimentos, basuras flotantes, grasas y aceites, limpieza del escurrimiento pluvial antes de su almacenamiento, remoción de materia orgánica, nutrientes, metales e hidrocarburos. [34]

La Figura 12 muestra los componentes de un filtro para remoción de sedimentos y aceites.

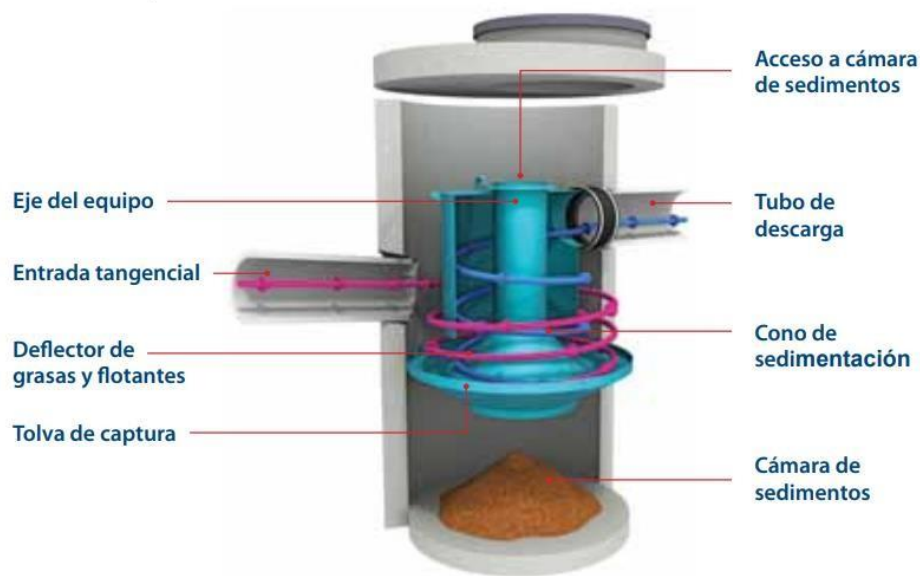


Figura 12.- Filtro para remoción de sedimentos y aceites. [23]

Hay algunas aplicaciones que requiere pulir los escurrimientos pluviales, en el mercado existen algunos filtros que se encargan de realizar el pretratamiento y pulido del agua de lluvia antes de su aprovechamiento o descarga en pozo de infiltración. En la Figura 13 se pueden observar los elementos que lo componen.

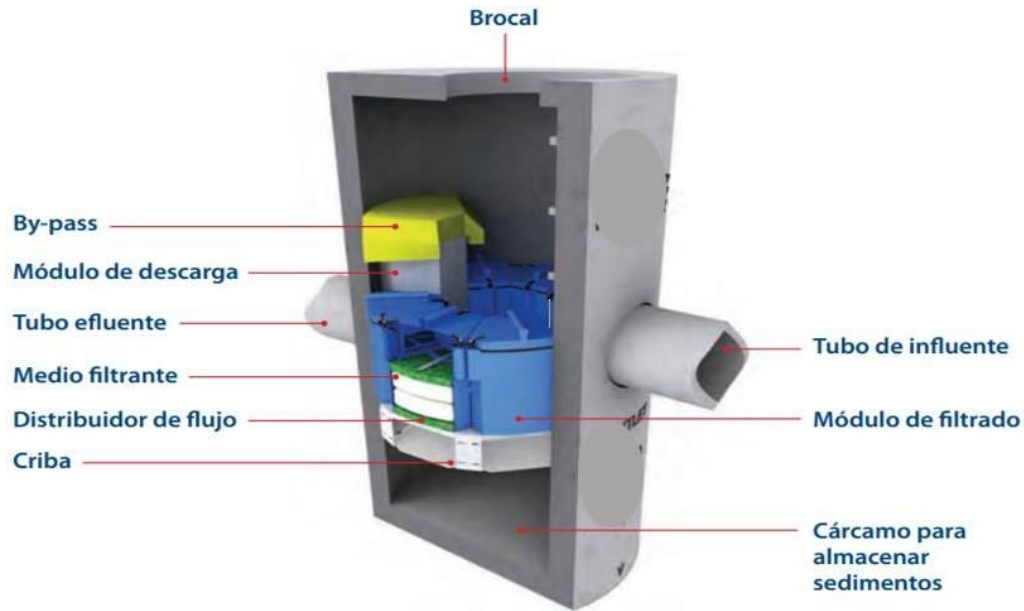


Figura 13.- Filtro para purificar escurrimientos pluviales. [23]

3.14 Reductores de turbulencia

El reductor de turbulencia es un dispositivo diseñado para suavizar la entrada del agua a la cisterna o tanque de almacenamiento, de tal manera que los sedimentos y residuos sólidos que se concentran en el fondo del tanque no sean removidos con la entrada de agua nueva. [35]

El reductor corresponde a la tercera etapa de la limpieza en el tratamiento de agua de lluvia, pues para hacer efectiva la sedimentación, el ingreso de agua a la cisterna debe ser calmada.

3.15 Pichancha flotante

Se refiere a una válvula de pie de cisterna, la cual tiene como principal función evitar el vaciado de la tubería en línea vertical, permitiendo el flujo en un solo sentido, pero sin permitir su retorno. Esto se puede ver en la Figura 13, [36]



Figura 14.- Pichancha flotante [25]

La pichancha flotante corresponde a la cuarta etapa de la limpieza en el tratamiento de agua de lluvia.

3	Canaleta	16	Filtro de carbón activado
4	Bajante	17	Resina de intercambio iónico
5	Válvula de tres vías	18	Resina de intercambio aniónico
6	Válvula de paso	19	Tanque de cloración
7	Tanque de primeras aguas	20	Tanque de cloro
8	Medidor de nivel de agua (indicador y transmisor)	21	Distribución
9	Bomba	22	Línea secundaria de emergencia
10	Desagüe de primeras aguas	23	Canaleta de cemento (drenaje de agua pluvial)
11	Medidor de flujo	24	Desfogue al aire libre
12	Tanque de pretratamiento	25	Drenaje municipal
13	Medidor de pH (indicador y transmisor)	26	Válvula de alivio

Tabla 3.- Descripción del DTI

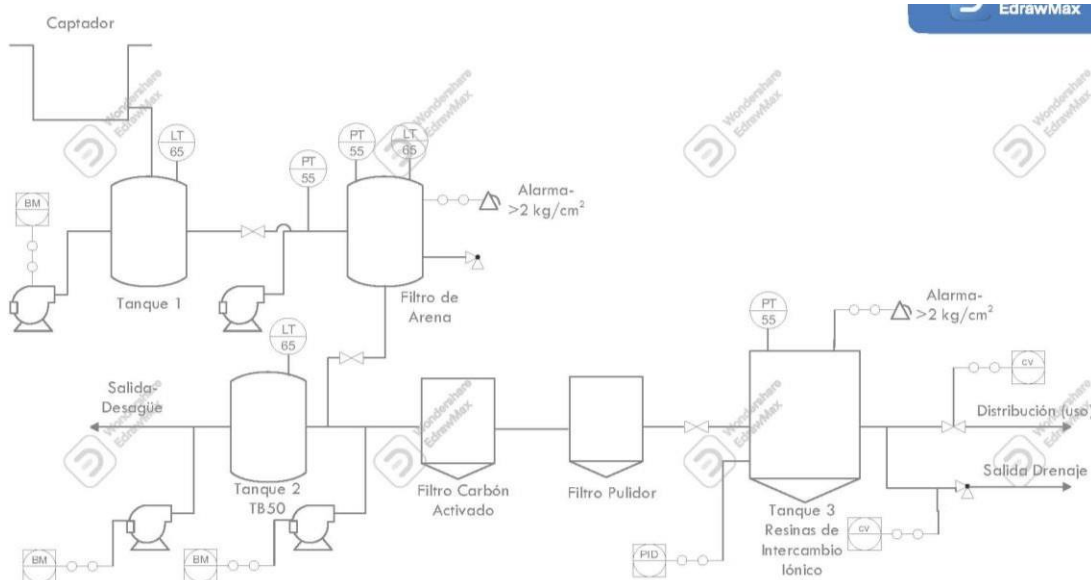


Figura 16.- DTI del proceso de captación y tratamiento de agua pluvial implementado.

En la Figura 16 se muestra el DTI que se piensa implementar el cual toma como base el de la Figura 15.

4.2 Conexiones eléctricas y electrónicas del proceso.

En esta sección se realizan las conexiones eléctricas y electrónicas del proceso de captación y tratamiento de agua, las cuales van enfocadas a su instrumentación

electrónica y actuadores que se van a utilizar. Para esta sección se basa en la Figura 15

Para poder medir el nivel de líquido dentro del primer tanque de almacenamiento, se realiza mediante el arreglo de transistores, resistencias y leds, donde la idea es mandar una serie de cables de ciertas medidas dentro del tanque los cuales indican el nivel del tanque cuando hay continuidad. Dicho diagrama se ve en la Figura 17. Cabe mencionar que en la parte de anexos se ven con mejor claridad dicho diagrama electrónico.

Posteriormente se realiza el diagrama del sensor de presión, este tipo de sensor es analógico el cual envía una señal de 0 – 10 Vcd, las cuales van conectadas a entradas analógicas del PLC. Dicho diagrama se puede ver en Figura 18

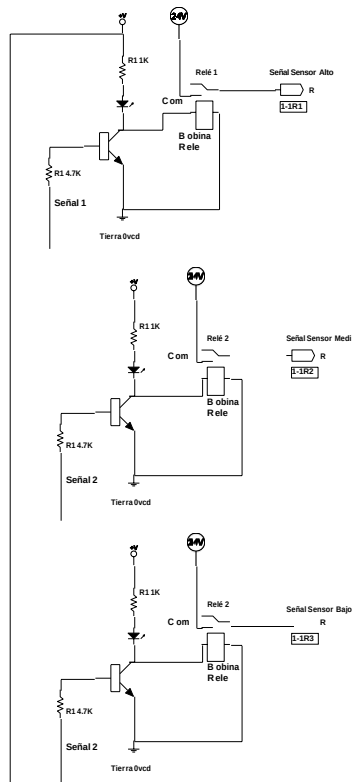


Figura 17.- Sensor de nivel del tanque 1

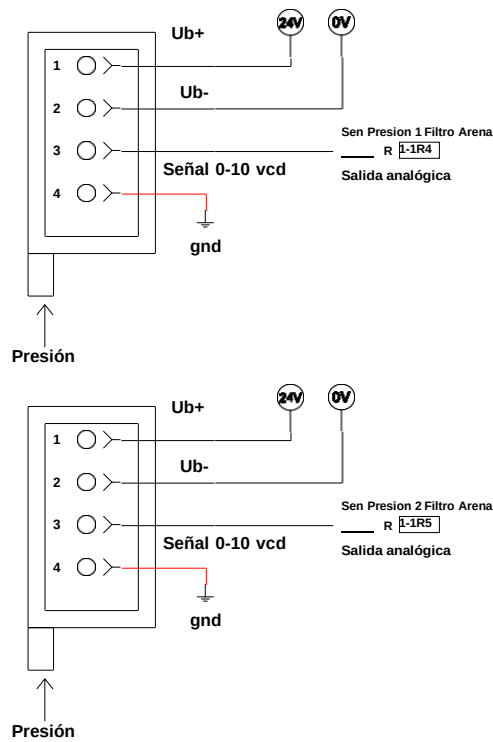


Figura 18.- Conexiones de sensores de presión

Cabe mencionar que la Figura 17 y Figura 18 se repite en dos ocasiones una es para el tanque TB50 y otra para el tanque de resinas aniónicas (TRA).

Tomando en cuenta las conexiones de la Figura 17 y Figura 18 y los botones pulsadores que se van a utilizar para arranque, paro activaciones automáticas o manuales y la activación del PID. Se realiza el diagrama de conexiones de las entradas del PLC, este se puede ver en la Figura 19. Cabe mencionar que el PLC que se utiliza es necesario comprar módulos de expansión de entradas digitales y de entradas analógicas. Por otro lado, el diagrama de la Figura 19 se ve con mejor claridad en la parte de anexos.

Conexión de Entradas del PLC

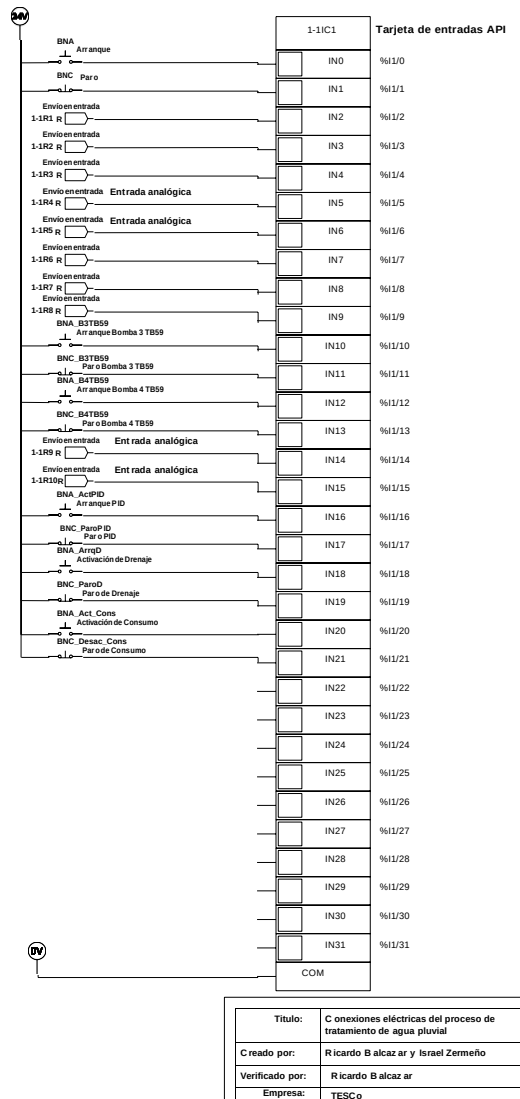


Figura 19.- Conexiones de entradas del PLC

Para realizar las conexiones de las salidas del PLC se toma en cuenta la Figura 15, para visualizar la cantidad de actuadores que se encuentran en el proceso, en general son 8 actuadores los cuales en general son bombas y solenoides. Para la parte de los solenoides la electroválvula tiene un regreso mediante un muelle. A manera de descripción cuando el solenoide se activa el paso del agua se cierra y cuando el solenoide se desactiva el regreso de la electroválvula es mediante un muelle, esto ayuda a que no se usen más salidas y aunado a ello se usen menos relevadores y de igual manera usar una fuente de 24 vcd con una mayor capacidad de corriente.

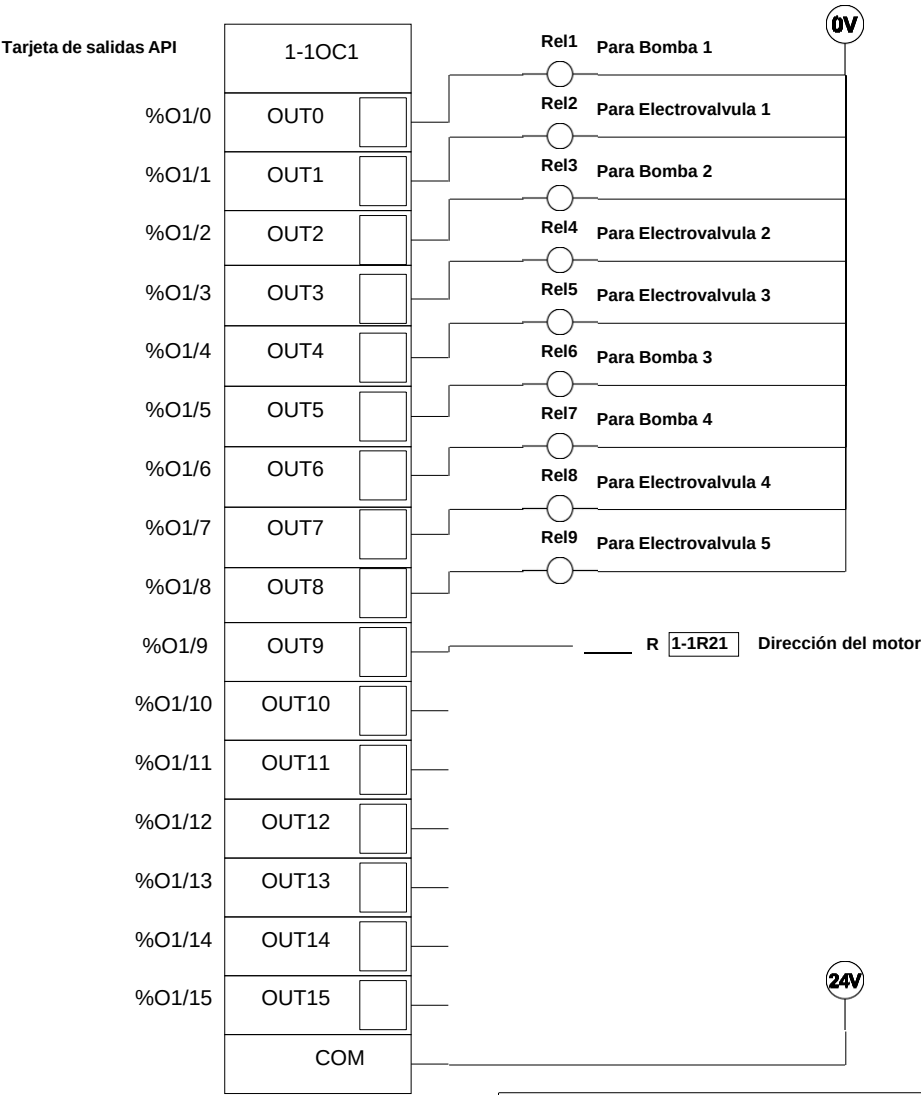
Por otro lado, se usa una salida la cual sirve para realizar un cambio de giro de una electroválvula variable. El diagrama de las salidas digitales se puede ver en Figura 20.

En la Figura 21, se ven las conexiones de las bombas, las cuales tienen una protección básica con fusibles y con interruptores termomagnéticos, el arranque de dichas bombas es a tensión plena por lo cual las bombas no deben de exceder los 6 amperes o el medio caballo de fuerza (1/2 HP). Si sucede esto es necesario modificar los fusibles y los termomagnéticos o comprar un arrancador suave para cada motor.

En la Figura 22, se ven las conexiones de los solenoides para las electroválvulas que se conectan en las tuberías hidráulicas, dichas electroválvulas consumen 0.5 amperes a 24 vcd.

Por último, se realiza el diagrama eléctrico, electrónico de la salida analógica, la cual también interviene una salida digital del módulo de salidas digitales. El objetivo aquí es que cuando los sensores de presión detecten una variación en sus presiones, un control PID regule una electroválvula analógica, en pocas palabras abra o cierre en un porcentaje de manera automática. Para ello hay que realizar una etapa de potencia, donde el motor tiene que girar en ambos sentidos y aunado a ello mantenerse en una posición dependiendo de los sensores de presión Para esto se la tarjeta TB6600, el detalle de dicha tarjeta es que la entrada analógica que llegue a dicha tarjeta debe de ser de 5 Vcd, de lo contrario esta se puede quemar. Para solucionar esto solo se aplica la ley de Ohm, sin embargo, una mejor solución seria utilizar un relevador de estado sólido. Dicho esquema eléctrico se ve en Figura 23

Conexiones de las Salidas del PLC



Titulo:	Conexiones eléctricas del proceso de tratamiento de agua pluvial
Creado por:	Ricardo Balcazar y Israel Zermefio
Verificado por:	Ricardo Balcazar
Empresa:	TESCo
Fecha:	10/11/2023 05:25:44 p. m.

Figura 20.- Conexiones de las salidas del PLC

Conexiones de las Bombas

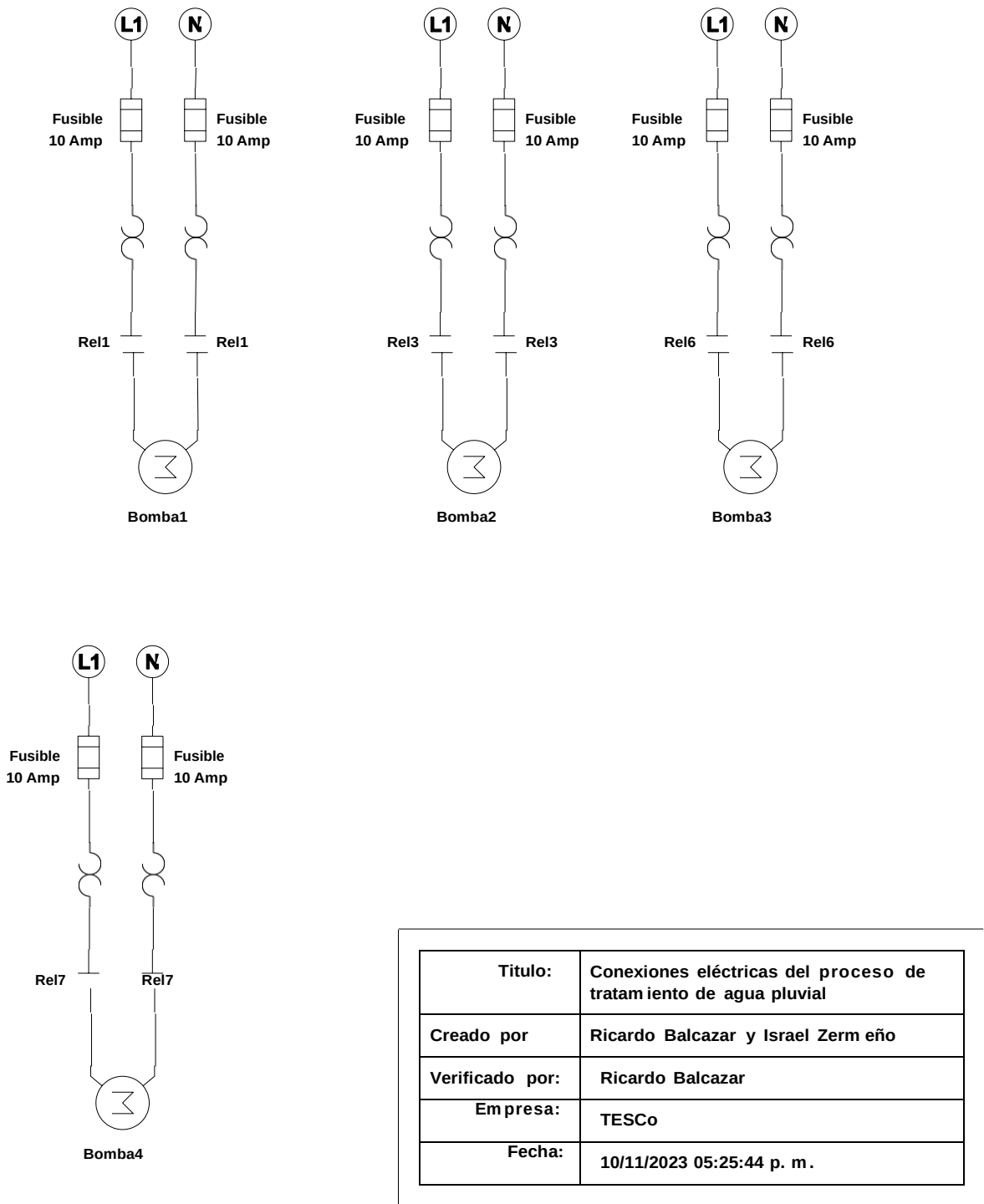


Figura 21.-Conexiones de bombas.

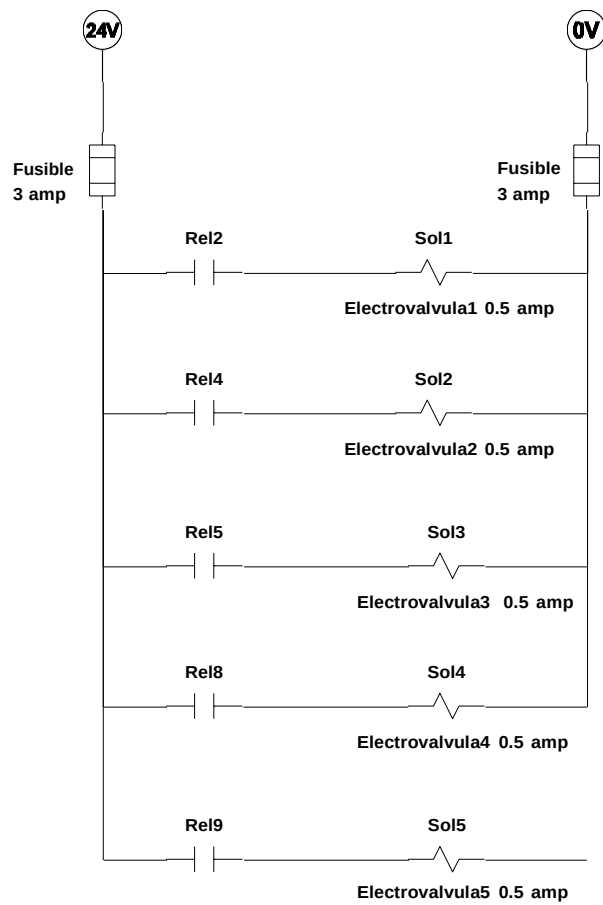
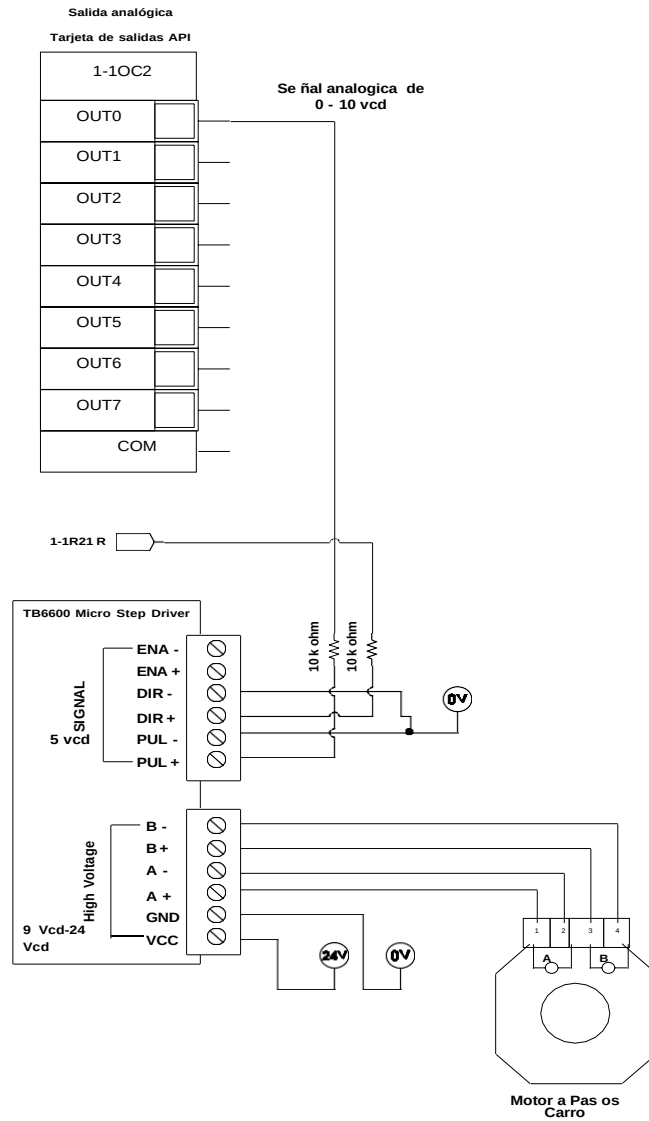


Figura 22.- Conexión de solenoides.

Conexión de Salida Analoga del PLC



Título:	Conexiones eléctricas del proceso de tratamiento de agua pluvial
Creado por:	Ricardo Balcazar y Israel Zerm eño
Verificado por:	Ricardo Balcazar
Em presa:	TESCo
Fecha:	10/11/2023 05:25:44 p. m.

Figura 23.- Conexión eléctrica de la salida analógica a la electroválvula analógica.

4.3 Programación del proceso de tratamiento de agua

En esta sección se realiza la programación del proceso de tratamiento de agua, para poder lograr la programación es necesario ver la sección del DTI y la de las conexiones eléctricas, para tener una idea de como llevar de manera adecuada la programación. El equipo que se va a utilizar es un PLC de la marca SIEMENS modelo LOGO versión 8. Aunado a ello es necesario utilizar módulos de expansión para entradas digitales y salidas digitales, como también un módulo de expansión de entradas analógicas y salidas analógicas. El software que se usa es el LOGOSoft versión 8.

En la Figura 24, se ve la programación en escalera la cual se maneja en diferentes etapas, esto depende a cada uno de los subprocesos que hay para el tratamiento de agua. Dentro de los primeros es un control de nivel de tres etapas (bajo, medio y alto). Donde la bomba se activa si se encuentra en un nivel bajo y se desactiva si es un nivel alto. Posteriormente se realiza la programación del nivel del filtro de arena, donde para medir el nivel del filtro de arena es necesario conocer la presión que tiene el tanque, cabe mencionar que esta es una señal analógica. Si el sensor de nivel se encuentra bajo se cierran dos electroválvulas hasta que se alcance un nivel alto o medio alto, estas se dirigen a tanque de almacenamiento llamado TB50. Dicha programación se ve en la Figura 25 y parte de la Figura 26.

Después se realiza la programación del control de nivel del TB50 y aunado a ello se realiza una activación manual de la bomba 3 y bomba 4, donde la bomba 3 se regresa el agua al tanque 1, esto con el fin de mejorar la calidad del agua dado el caso que no sea la calidad adecuada. La bomba 4 envía el agua a un proceso de filtrado por caucho y carbón activado, donde en este subproceso no es necesario medir o activar alguna variable. La programación de este subproceso se ve en la Figura 26 y parte de la Figura 27.

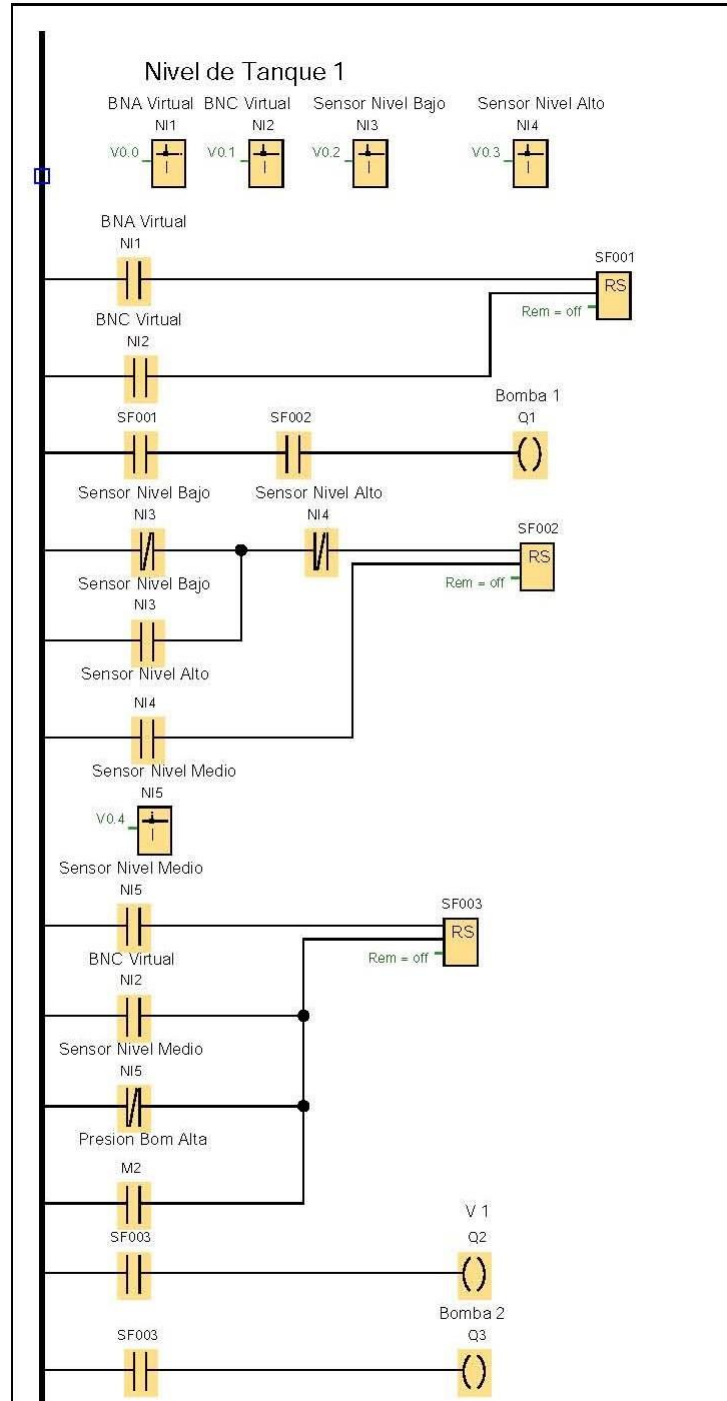


Figura 24.- Parte 1 Programación en escalera

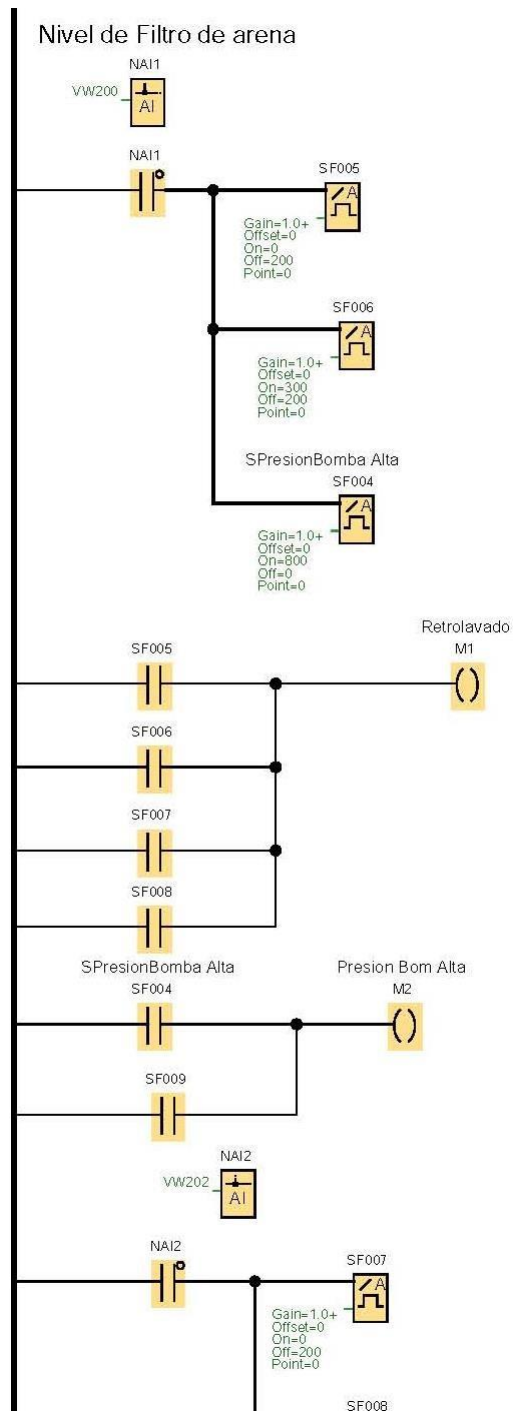


Figura 25.- Parte 2 Programación en escalera

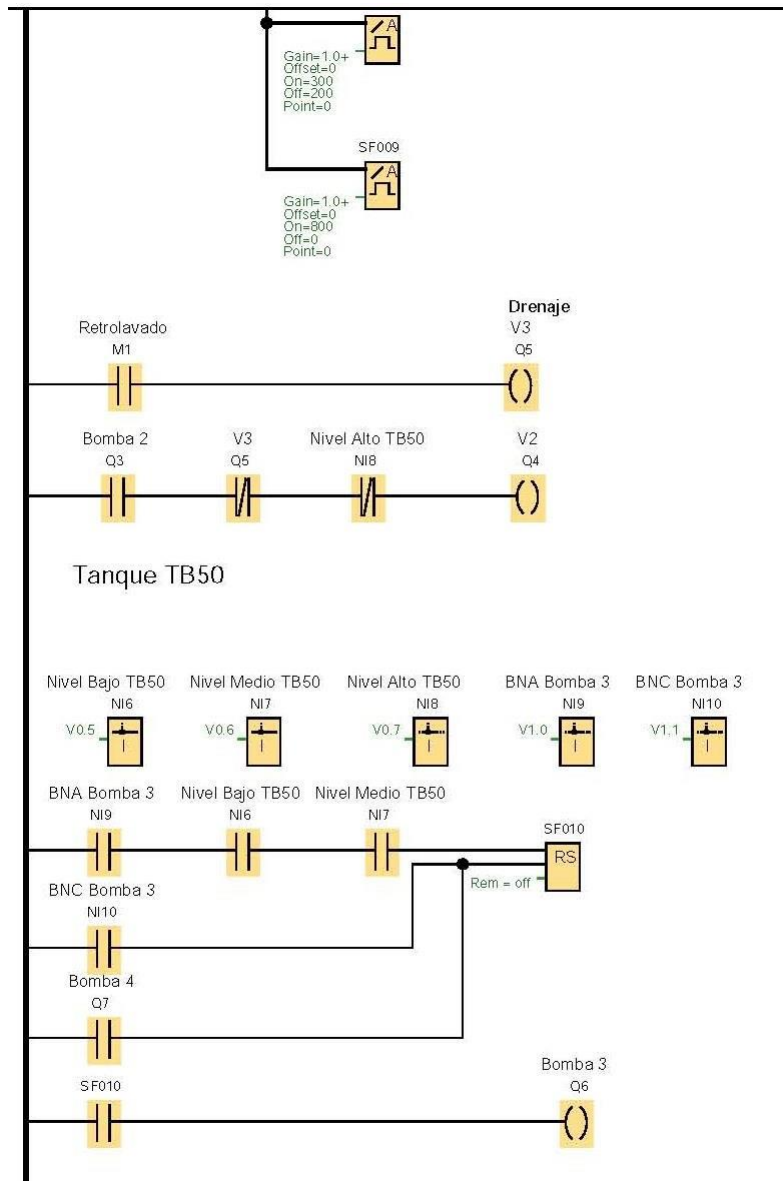


Figura 26.- Parte 3 Programación en escalera

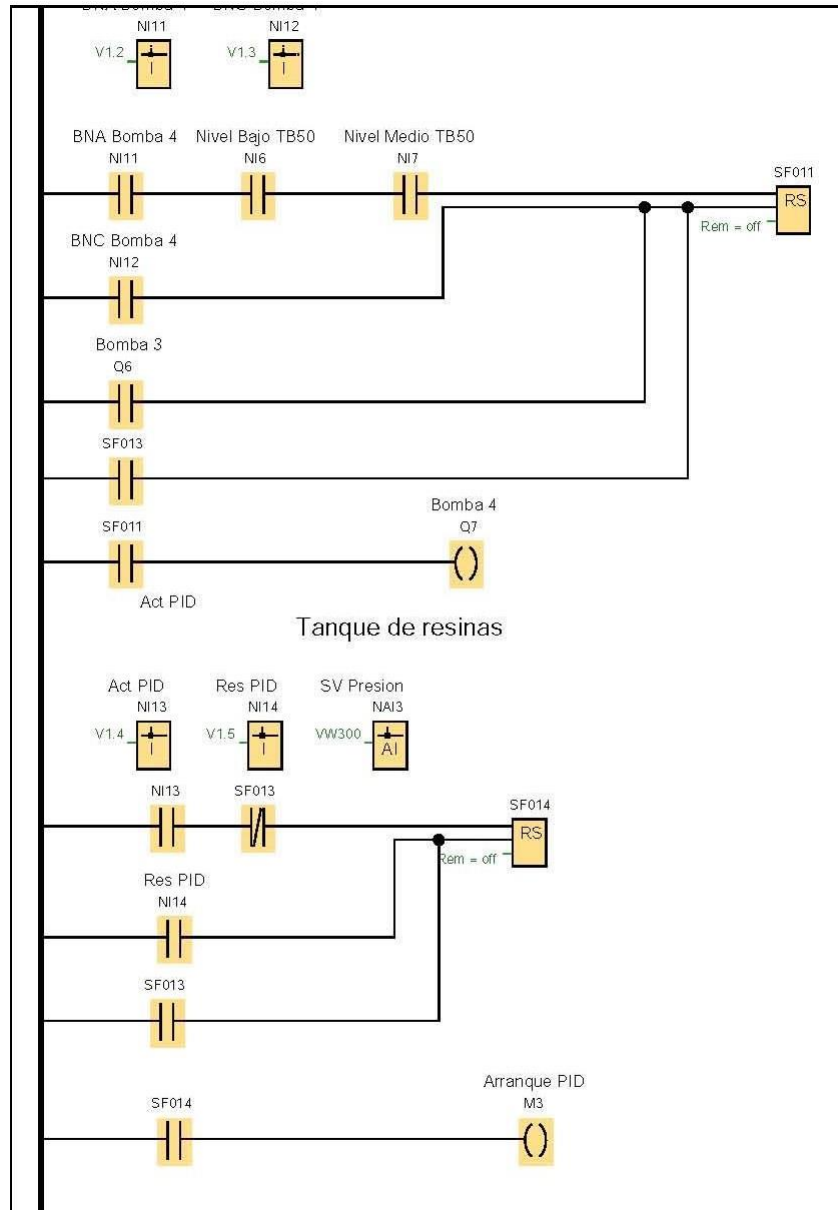


Figura 27.- Parte 4 Programación en escalera

En el subproceso de tanque de resinas debe de estar monitoreada la presión en ambos extremos del tanque esto con el fin de que la resina no se vaya fuera del tanque. Aunado a ello el flujo y la presión se controla por medio de una electroválvula analógica la cual cierra y abre a manrea de porcentaje dependiendo la presión del sensor 1 o el sensor 2, cabe mencionar que la presión que debe de tener la tubería es de 2 a 5 $\frac{kg}{cm^2}$ dentro de la programación se dejó una media de 3 $\frac{kg}{cm^2}$. De igual manera se dejan unos botones para la activación del modo automático (activación del PID) y otros botones para las activaciones de

electroválvulas que llevan el agua al drenaje o al consumo. Cuando se activa la electroválvula de drenaje es para realizar un proceso de limpieza en el tanque. Dicha programación se puede ver en la Figura 27, Figura 28.y Figura 29

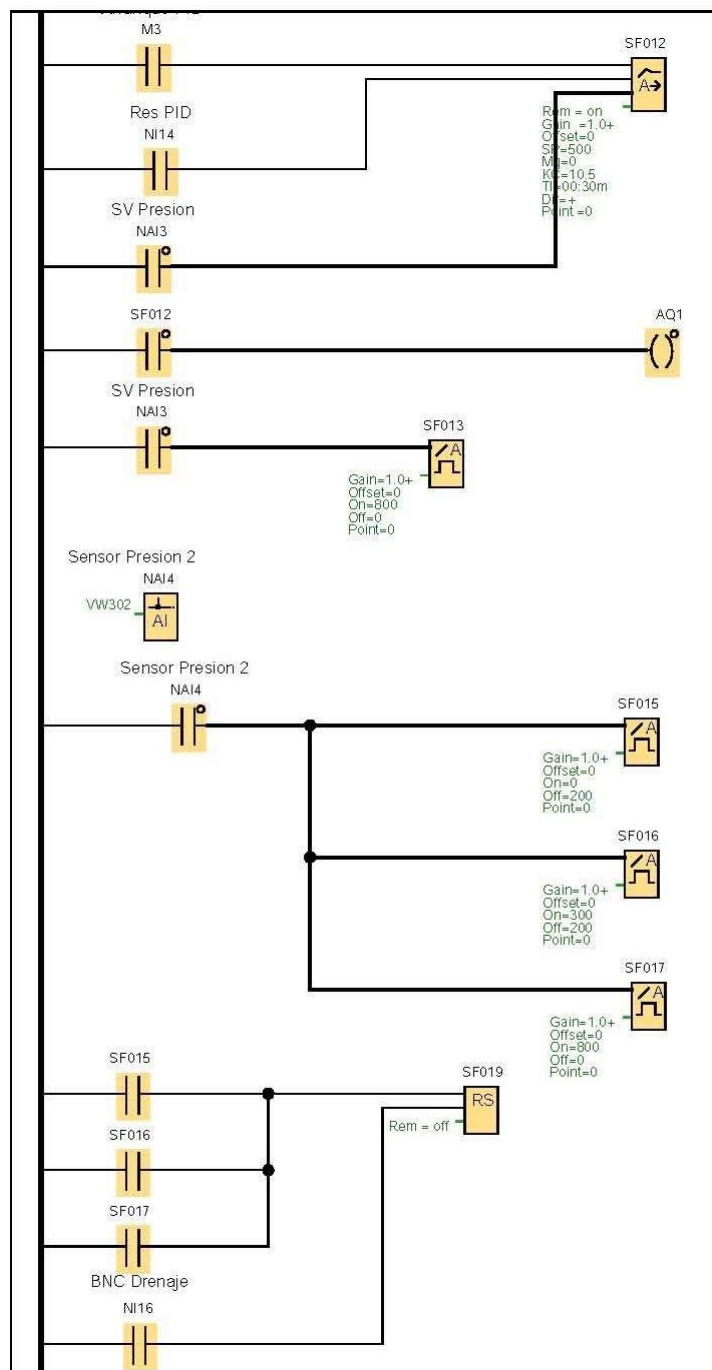


Figura 28.- Parte 5 Programación en escalera

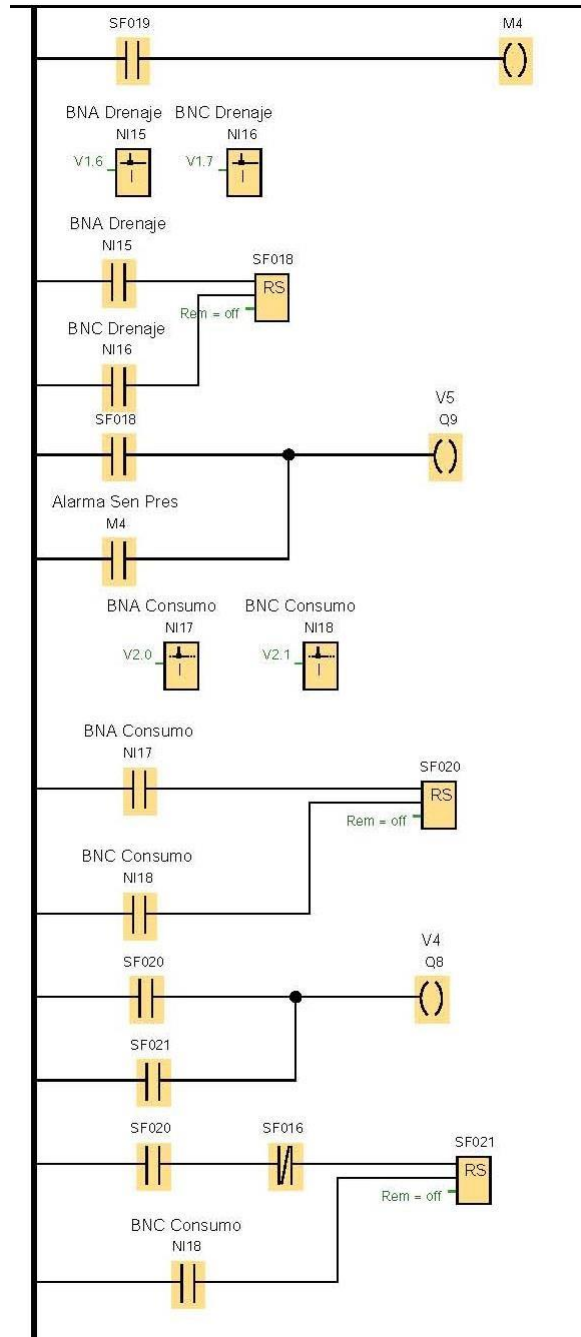


Figura 29.- Parte 6 Programación en escalera

4.4 Comunicaciones Industriales

La parte de las comunicaciones industriales es sumamente importante ya que si esta llega a fallar simplemente la información que se cargue en el PLC no se lograra.

Anteriormente se utilizaba comunicación de tipo MODBUS con puertos serial RS232. Hoy en día se utiliza comunicación PROFINET o DIVICENET con puerto RJ45, dando una mayor versatilidad a las comunicaciones.

Hablando de este proyecto se utiliza una comunicación de tipo PROFINET, para ello es necesario realizar los siguiente en el software del PLC.

Como primer punto es realizar el HOST del equipo en este caso es el que se ve en Figura 30, la parte de la máscara sub red se coloca de manera automática y la puerta de enlace debe de ser similar al HOST del equipo, la parte que cambia es la última tercia, esta puerta de enlace es importe puesto que sin ella no se pueden realizar las comunicaciones de diferentes equipos en una misma red.

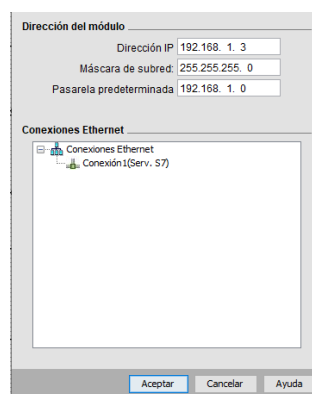


Figura 30.- Conexión de ethernet del PLC.

Por otro lado, hay que realizar la comunicación de la PC con el PLC. Esto se puede ver en Figura 31.

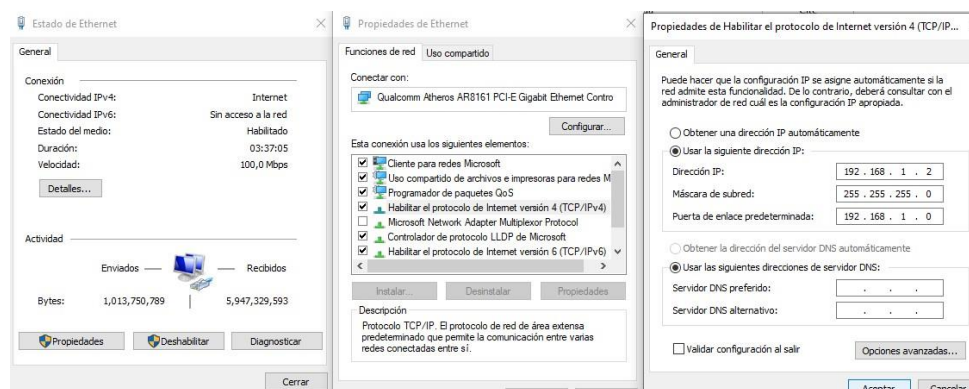


Figura 31.- Conexión ethernet de la PC

4.5 Diagramas de RED de los equipos que pueden acceder al sistema

En esta sección se ve la configuración de RED Ethernet para comunicarse. Como primer punto se realiza una topología de comunicación industrial de tipo estrella, esto por el beneficio que otorga, donde el primer punto de enlace va a ser el PLC, este equipo es el que va estar comunicando las visualizaciones y los accionamientos que ocurran dentro del HMI y de igual manera estará procesando la comunicación de las entradas y salidas físicas.

La comunicación que se utiliza para el PLC es una comunicación de tipo PROFINET, se utiliza un router de la marca STEREN, este router tiene acceso de tipo wifi y ethernet. La configuración se realiza de la siguiente manera:

1. El cable de ethernet que viene del switch principal del TESCO se conecta al WLAN del router, esto con el fin de mantener el internet en los equipos de cómputo o equipos inteligentes.
2. En el router hay que generar direcciones IP para la parte de wifi y la parte del ethernet. Esto se realiza con el fin para que todos los equipos estén en comunicación con el PLC y la dirección web.
3. En cada equipo de cómputo en el puerto LAN se configura su dirección IP, como se ve en la Figura 31.
4. Para los equipos inteligentes se configura su puerto WIFI con la dirección IP como se ve en la Figura 32
5. Se comprueba que las conexiones entre los diferentes equipos, exista comunicación, esto se puede comprobar al realizar un ping en el equipo. En la Figura 33, se puede ver como se realiza dicha situación.
6. Si hay comunicación entre ellos, habrá comunicación al momento de entrar al servidor web del equipo. Cabe mencionar que todos los equipos van a poder entrar.
7. En un buscador de Google o Edge coloca la dirección IP del PLC, te envía a una página web de siemens.
8. Coloca la contraseña.
9. Te abre una ventana donde se visualiza el HMI que se realizó. Esto se puede ver en Figura 34. Nota: En el capítulo de experimentaciones se puede ver con mejor detalle lo que se plantea en este punto.

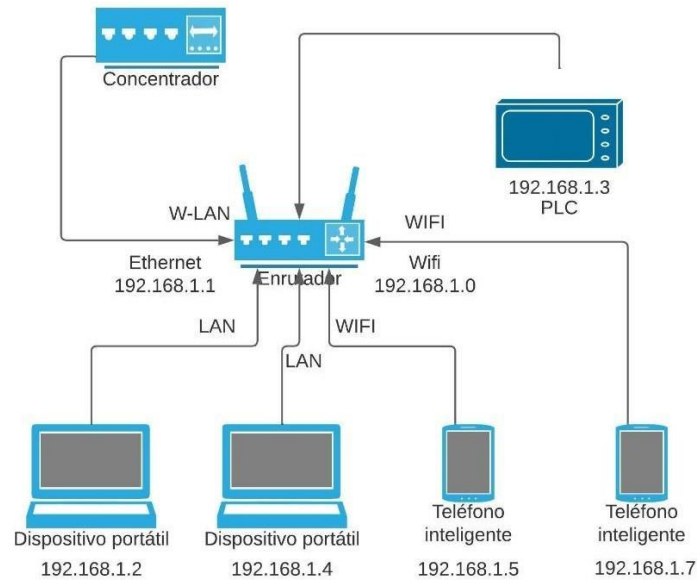


Figura 32.- Conexiones en RED de equipos de cómputo y equipos inteligentes

```

Símbolo del sistema
-6 Forzar el uso de IPv6.

C:\Users\Ricardo>ping 192.168.1.0

Haciendo ping a 192.168.1.0 con 32 bytes de datos:
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.

Estadísticas de ping para 192.168.1.0:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 0, perdidos = 4
              (100% perdidos),

C:\Users\Ricardo>ping 192.168.0.1

Haciendo ping a 192.168.0.1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.0.1:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms
  
```

Figura 33.- Generación de un PING

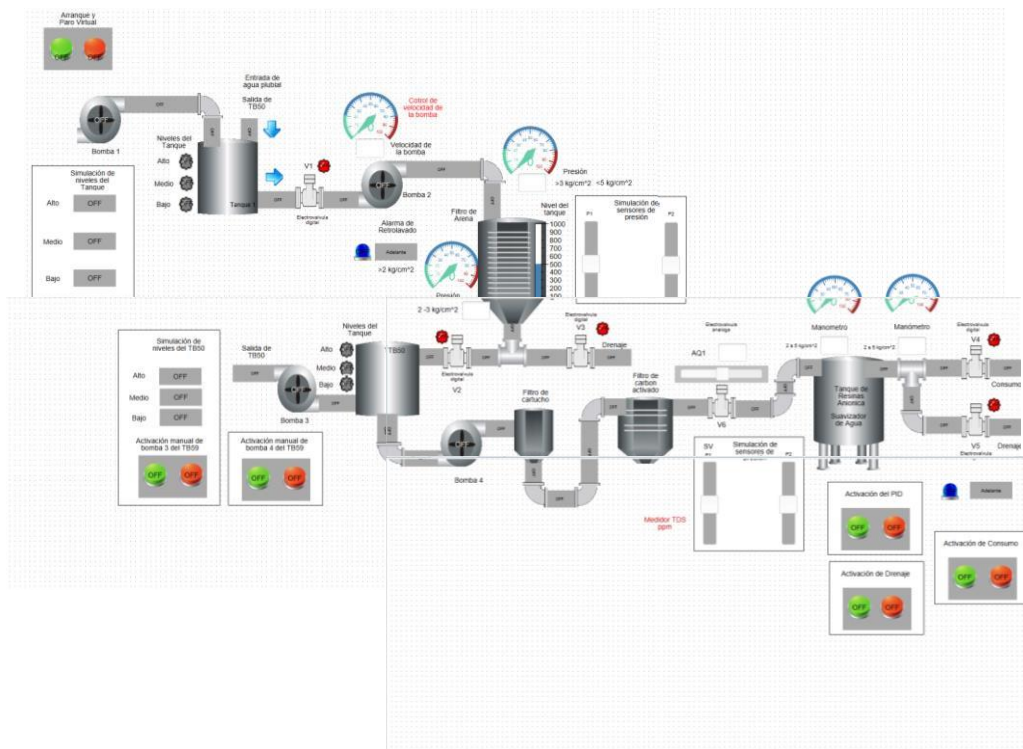


Figura 34.- Interface hombre maquina

Capítulo 5.- Modelo Dinámico y Control Automático

En este capítulo se realiza el modelo dinámico del proyecto, el objetivo de ello es saber que método es el más óptimo para poder controlar ciertas partes del proceso.

Los procesos que necesita un control automático son:

1. El nivel del filtro de arenas y el control del nivel del tanque TB50.
2. La presión de entrada y salida que existe en el tanque de resinas aniónicas

El motivo del porque saber que método es el más optimo es por el ahorro de costos en la compra de equipos.

Para el punto número uno, el control que se puede utilizar es “On-Off” y de igual manera mediante un controlador PID. En la Figura 48, se muestra el DTI del subproceso, donde lo más ideal es realizar un control de nivel regulado para el filtro de arena y control “On-Off” para el tanque TB50. Se realiza el control PID en el filtro de arenas debido a que la presión en este no puede ser mayor a $3 \frac{kg}{cm^2}$ y si el nivel es mayor a lo esperado lógicamente la presión dentro de este tanque es mayor lo cual provoca que se mezclen las arenas finas con las arenas gruesas.

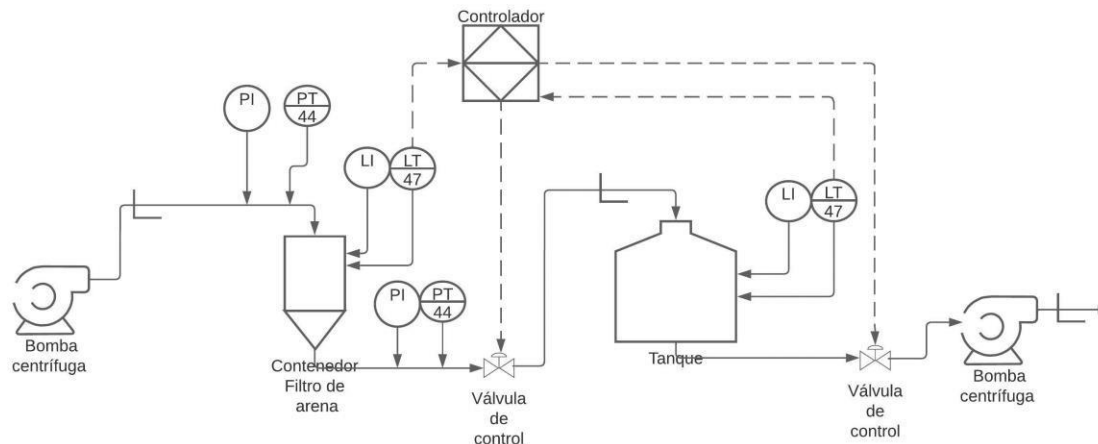


Figura 35.- DTI del proceso de filtro de arena y el TB50

Por ende, en la Figura 35, se realiza el modelo dinámico, del subproceso de filtro de arenas y aunado a ello se realiza un modelo dinámico donde interactúen el filtro de arenas y el TB50.

En la Figura 36, se muestra el DTI para el proceso de resinas aniónicas. El objetivo aquí es controlar la presión con la que entra al tanque, debido a que si supera los 5

$\frac{kg}{cm^2}$ la resina aniónica se ve a ir hacia la toma de consumo. En tipo de control es un control PID aplicado en la válvula de control V1.

Por otro lado, se controla el cierre y apertura de la válvula V2 tomando en cuenta que la presión de salida debe de estar al 20 % de una presión de $5\frac{kg}{cm^2}$. En este caso el control que se utiliza es un control “On-Off”.

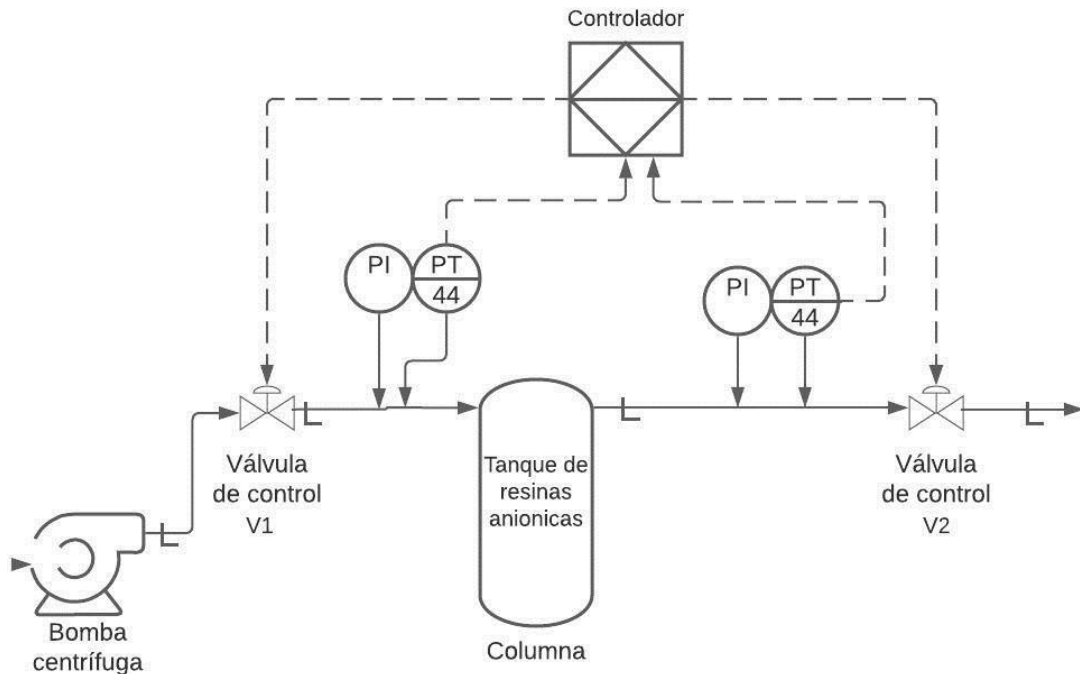


Figura 36.- DTI de tanque de resina aniónicas

5.1 Modelo dinámico del filtro de arenas

Tomando en cuenta la Figura 35 la parte de filtro de arenas se realiza el modelo dinámico, para desarrollar dicho modelo se considera el movimiento de una partícula a través de un fluido, se considera la ecuación

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgH \quad (1)$$

Se despeja a v de la ecuación (1)

$$v = \sqrt{2gH} \quad (2)$$

donde m es la masa de las partículas del fluido y v es la velocidad de salida.

El flujo de salida del tanque para el caso de una sección transversal es:

$$\overline{Q} = Sv = S\sqrt{2gH} \quad (3)$$

Para realizar las ecuaciones de la válvula de entrada y de salida se considerando el flujo que circula a través de la válvula se encuentra en estado estacionario, se plantea la siguiente ecuación

$$Q_v = k_v A \sqrt{\Delta P} \quad (4)$$

donde Q_v es Flujo a través da válvula, k_v una constante (m^3/s) , A es una area de paso, ΔP es la presión diferencial a través de la válvula. $P_2 - P_1$

De manera practica se toma una válvula con un comportamiento automático, donde sea capaz de hacer una aproximación más o menos lineal entre el flujo Q_v y la abertura de la válvula de salida dando como resultado

$$\overline{Q_s} = k_2 a_2 R \sqrt{2gH} \quad (5)$$

donde a_2 es la apertura de la valvula de salida y R es la permeabilidad del flujo del agua. Para el flujo de entrada queda de la siguiente manera:

$$Q_e = k_1 a_1 \quad (6)$$

Para encontrar las ecuaciones diferenciales que definen la dinámica del sistema se parte de la ecuación (7), donde se sustituye la ecuación (5) y (6), dando como resultado la ecuación (8) y (9), donde dichas ecuaciones son no lineales.

$$A \frac{dH}{dt} = Q_e - Q_s \quad (7)$$

$$A \frac{dH}{dt} = k_1 a_1 - k_2 a_2 R \sqrt{2gH} \quad (8)$$

$$\frac{dH}{dt} = \frac{k_1 a_1 - k_2 a_2 R \sqrt{2gH}}{A} \quad (9)$$

5.2 Simulación de la ecuación diferencial del filtro de arenas

Para el desarrollo de esta sección se hace uso del software de Matlab y simulink, se toma en consideración el solucionador de ecuaciones ODE45 y los valores de la Tabla 4.

Id	Descripción	Símbolo, valor y unidad
1	Área del cilindro	$A = 0.5m^2$
2	Altura máxima	$H = 1m$
3	Constante de flujo	$k_1 = 0.092 \frac{m^3}{s}$
4	Contante de área de la válvula 1	$k_2 = 0.015m^2$
5	Entrada de agua en base a la presión de caudal que genera el motor	$a_1 = 1$
6	Apertura de la válvula de salida válvula 1	$a_2 = 1$
7	Gravedad	$g = 9.8 \frac{m}{s^2}$
8	Permeabilidad del agua	$R = 0.1$

Tabla 4.- Parámetros del sistema dinámico de la ecuación (9)

Para realizar la simulación se toma como referencia la ecuación (9) y mediante la realización de un diagrama a bloques se puede obtener la solución del sistema, la cual se ve en la Figura 37.

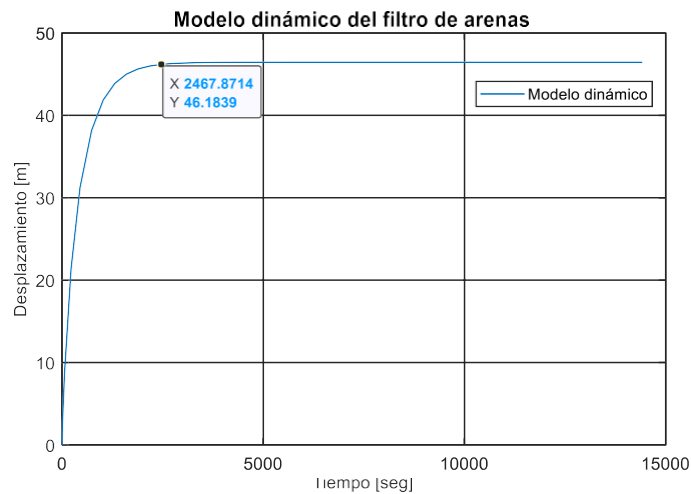


Figura 37.- Modelo dinámico del filtro de arenas.

En la Figura 37 la altura máxima a la que llega es de 46 metros, esto indica que a esta altura el sistema se estabiliza puesto que la presión de entrada con respecto a la salida son las misma y no permite un crecimiento más en la altura. Por otro lado, mediante la ecuación (10) se puede obtener la presión que ejercer sobre la válvula de salida (válvula 1 de la Figura 35),

$$P = \rho * g * h \quad (10)$$

Donde ρ es la densidad del agua $1000 \frac{kg}{m^3}$ g es la gravedad y h es la altura. Los resultados que se obtienen se ven en Tabla 5. Cabe mencionar que la presión que ejerce una bomba de medio caballo de fuerza es de $52.72927 Kgf/cm^2$ la cual puede llegar a una altura de 35 metros.

Presión del agua en base a la altura		
Id	Valor	Unidad
1	4.644×10^5	$\frac{N}{m^2}$
2	4.736×10^4	$\frac{kgf}{m^2}$
3	4.736	$\frac{kgf}{cm^2}$

Tabla 5.- Presión del agua en diferentes unidades de medición

El punto interesante de estos cálculos es cómo se comporta el modelo dinámico de la ecuación (9) cuando se aplica la permeabilidad del agua, dicha permeabilidad no es más que un tapón que evita que el agua fluya muy a pesar de que la apertura de la válvula 1 de la Figura 35 este completamente abierta, de hecho, si se llega a cerrar dicha válvula la presión que va ejercer en el contenedor de filtro de arenas será mucho mayor. Por ende, la importancia de realizar su control PID.

5.3 Desarrollo del controlador PID

Para el desarrollo del controlador se toma como referencia la ecuación (9) y esta se linealiza la cual da como resultado la ecuación (11), está representada por dos términos, el primer término corresponde a al flujo de entrada y el segundo termino corresponde al flujo de salida.

$$G_p(s) = \frac{k_1}{(As + \frac{k_2 a_2 R \sqrt{2g}}{2\sqrt{h}})} - \frac{k_2 \sqrt{2gh}}{(As + \frac{k_2 a_1 \sqrt{2g}}{2\sqrt{h}})} \quad (11)$$

Posteriormente se define el control PID el cual se ve en la ecuación (12)

$$G_c = k_p e(t) + T_i \int_0^{\infty} e(t) dt + T_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (12)$$

Donde la ecuación (12) se puede representar en frecuencia de la siguiente manera:

$$G_c = (k_p + \frac{1}{T_i s} + T_d s) \quad (13)$$

La ecuación (13) se puede definir como:

$$G_c = \frac{k(s + \alpha)(s + \beta)}{s} \quad (14)$$

Tomando en cuenta la ecuación (11) y (14), considerando que es un sistema es un sistema retroalimentado se puede obtener la ecuación

$$G = \frac{N}{D} \quad (15)$$

Donde $N = (3.0307 \times 10^{28}s + 6.7127 \times 10^{27})(192k(s + \alpha)(s + \beta))$ y $D = 5.0136 \times 10^{28}s + 1.2888 \times 10^{30}ks^2 + 5.8189 \times 10^{30}ks^3 + 8.3047 \times 10^{30}s^2 + 1.1369 \times 10^{32}s^3 + 1.2888 \times 10^{30}ks\alpha + 1.2888 \times 10^{30}ks\beta + 1.2888 \times 10^{30}k\alpha\beta + 5.8189 \times 10^{30}ks^2\alpha + 5.8189 \times 10^{30}ks^2\beta + 5.8189 \times 10^{30}ks\alpha\beta$.

Mediante un Polinomio de Hurwitz y tomando en cuenta el denominador de G se pueden encontrar las ganancias para el PID las cuales se ve en la ecuación (16), donde la ganancia $P = 18, I = 12$ y $D = 6$

$$6s + \frac{12}{s} + 18 \quad (16)$$

5.4 Simulación del control PID aplicado al control de nivel

Para realizar la simulación se toma como referencia la ecuación (9) y (16), mediante la realización de un diagrama a bloques se puede obtener la solución del sistema, la cual se ve Figura 38

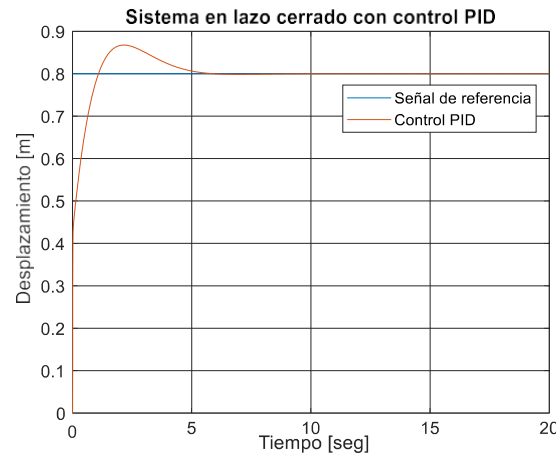


Figura 38.- Control del nivel del filtro de arenas.

La señal de salda alcanza a la señal de referencia aproximadamente en 5 segundos, el motivo de mantener el nivel del agua en 0.8 metros es debido a la presión que ejerce sobre el filtro de arenas, no puede ser ni menor ni mayor debido a que los diferentes gránulos de piedras y arenas se pueden combinar y esto afecta a su proceso de filtrado. Dado el caso de que la presión sea menor el agua no fluiría al tanque “TB50”. Cabe mencionar que mediante un proceso automatizado cuando la presión sea menor a lo indicado la válvula 1 se va a cerrar.

5.5 Modelo dinámico para el tanque de resinas

En esta subsección se realiza un procedimiento muy similar al anterior, la diferencia radica en que el modelo dinámico a encontrar va enfocado al comportamiento del flujo y la presión dentro de la tubería, para ello se toma como referencia la Figura 36.

Para este caso es necesario conocer el comportamiento del flujo del líquido a través de la tubería y de esta manera saber la presión que se ejerce en ese punto, la ecuación que describe esto es (17), también conocida como la ecuación de Bernoulli aplicada en un tubo.

$$P_a - P = \rho_m g h \quad (17)$$

Donde P_a es la presión atmosférica, P es presión que lleva el fluido, ρ_m la densidad del líquido del manómetro g es la gravedad y h es la diferencia de alturas, esto se

puede ver en la Figura 39 y el tubo Pitot para conocer la velocidad se muestra en la Figura 40.

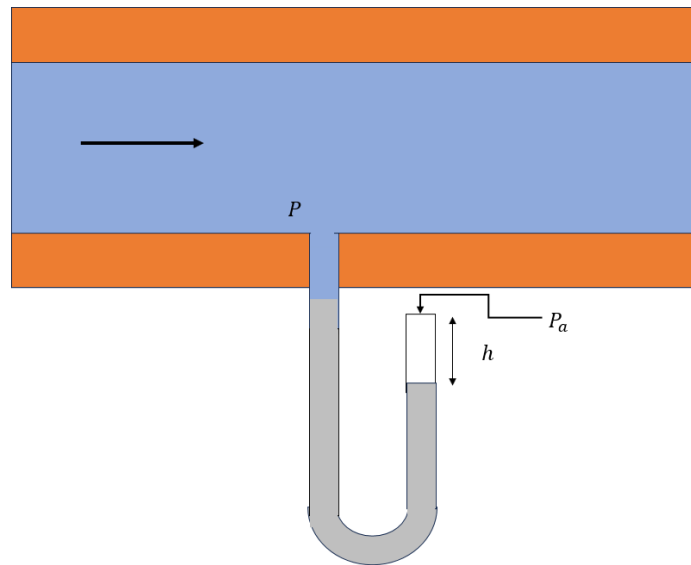


Figura 39.- Tubo de Pitot 1

La expresión matemática que describe a la Figura 40, se ve en la ecuación

$$v = \sqrt{\frac{2\rho_m g h}{\rho}} \quad (18)$$

Donde v es la velocidad.

Un punto interesante de la ecuación (17) y (18) es que h es desconocida y aunado a ello es variable, para ello se puede escribir una ecuación diferencial que represente a h

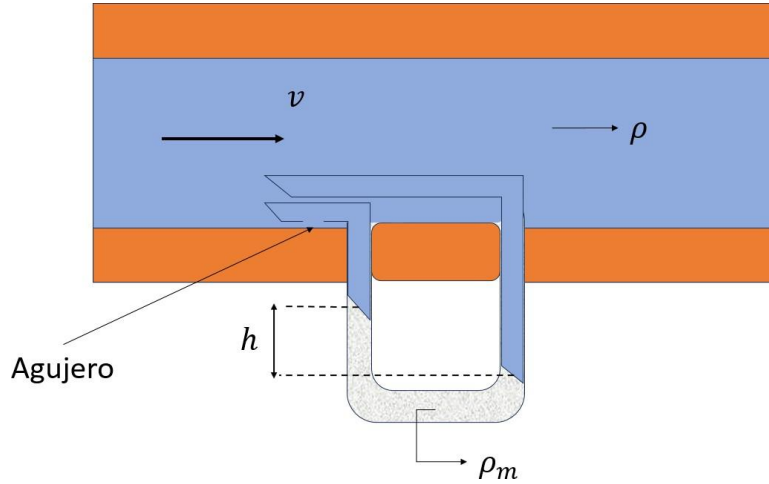


Figura 40.- Tubo de Pitot 2

Para encontrar la presión que se genera en un tubo Pitot de una manera variable se busca la expresión matemática que represente la Figura 40, donde en este caso h depende del flujo de salida del agujero y la entrada de flujo por el tubo de Pitot. La expresión matemática que describe esto es la ecuación (19)

$$A \frac{dh}{dt} = Q_{in} - Q_{out} \quad (19)$$

Donde Q_{in} es el flujo de entrada y Q_{out} es el flujo de salida y

$$Q_{in} = \varphi_1 v \quad (20)$$

Donde φ_1 es la sección transversal o el área de la tubería de entrada el cual es mayor al orificio de la salida.

$$Q_{out} = \varphi_2 \sqrt{2gh} \quad (21)$$

Donde φ_2 es la sección transversal o el área del agujero de salida

Se puede encontrar a v mediante la ecuación (18) o mediante las características que proporciona la bomba en este caso se consideran las características que dan para la bomba donde el caudal de la bomba es de $42 \frac{l}{min}$ lo cual equivale a $Q_{bomba} = 0.0007 \frac{m^3}{seg}$.

$Q_{in} = Q_{bomba}$. La ecuación que representa la presión es

$$P = (\rho_m - \rho)h - P_2 \quad (22)$$

Donde h es la solución a la ecuación (19), para ρ_m se considera la densidad de dos veces la densidad del agua, $P_2 = 992.92 \frac{kg}{m^3}$

5.6 Simulación de la ecuación diferencial para el tanque de resinas

En esta sección se realiza la representación de la dinámica de la presión del agua a través de un tubo, la ecuación se considera es (22). De igual manera se toma en consideración la Tabla 6, la cuales son los valores para la simulación. Los resultados de la simulación se ven en Figura 41.

Id	Descripción	Símbolo, valor y unidad
1	Área de la tubería	$A = 5.0671e - 4m^2$
2	Orificio mayor	$\varphi_1 = 0.2027m^2$
3	Orificio del agujero	$\varphi_2 = 7e - 04m^2$
4	Caudal de entrada	$q_1 = 0.0007 \frac{m^3}{seg}$
5	Gravedad	$g = 9.8 \frac{m}{s^2}$
6	Densidad del líquido manométrico	$\rho_m = 2\rho \frac{kgf}{m^3}$
7	Presión 2	$P_2 = 992.92 \frac{kg}{m^3}$

Tabla 6.- Parámetros de simulación para la presión en la tubería.

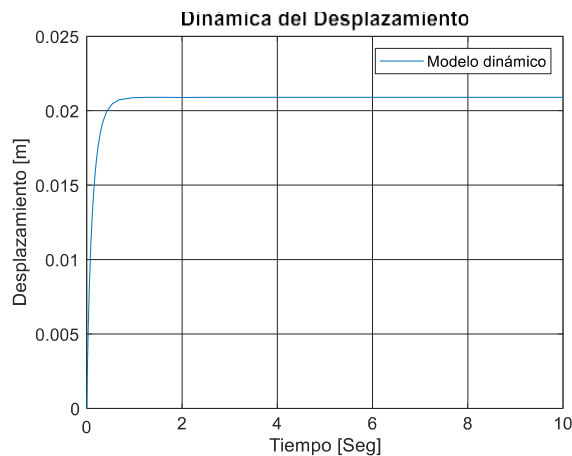


Figura 41.- Modelo dinámico del desplazamiento del tubo Pitot

En la Figura 41 el desplazamiento máximo que alcanza es de 2.1 *cm* considerando los datos de la Tabla 6. Tomando en consideración la velocidad máxima de la bomba. El tiempo que le toma es para llegar a esta altura es aproximadamente de un segundo. A grandes rasgos esto es coherente puesto que la altura máxima del tubo es de 12 *cm* y el tiempo debe de ser en un instante. Para corroborar aun más el modelo se considera a $q_1 = 0 \frac{m^3}{seg}$ y este debe de dar un desplazamiento igual a cero, esto se puede ver en la Figura 42

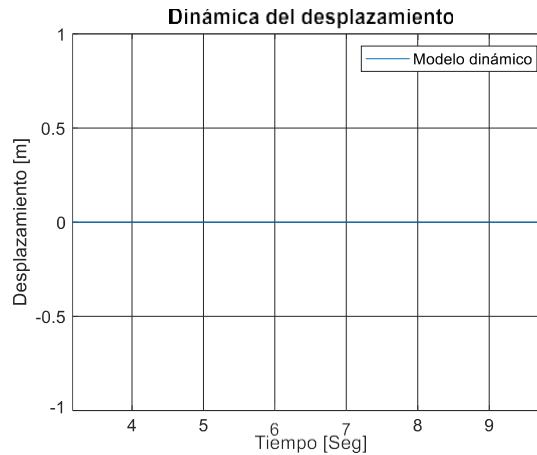


Figura 42.- Modelo dinámico del desplazamiento del tubo Pitot cuando $q_1 = 0$

Esto da como indicador que si se controla el flujo de entrada se puede controlar la altura y de igual manera la presión puesto que están relacionados.

Por otro lado, en la Figura 43, se ve el comportamiento de la presión, donde esta alcanza una presión máxima de aproximadamente $20 \frac{kgf}{m^2}$ en un tiempo de un segundo aproximadamente. Cabe aclarar que esta presión no es la presión que se busca, puesto que si se deja esta presión dentro del tanque de resinas va a combinar las resinas con el agua ya tratada. Por ende, es necesario realizar su control.

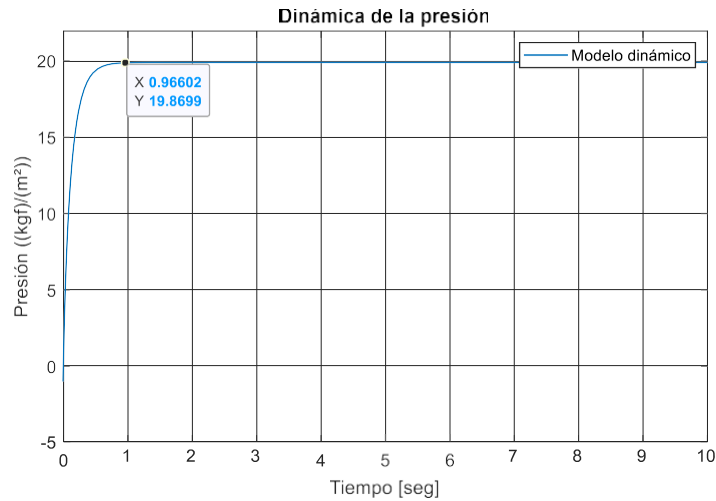


Figura 43.- Modelo dinámico de la presión

En la Figura 43, se ve que el sistema es estable y aunado a ello es rápido, esto le da mucha ventaja al momento de realizar el control en lazo cerrado, puesto que las ganancias del controlador van a ser muy pequeñas.

5.7 Simulación del control PID aplicado a la presión que va al tanque de resinas

En esta sección se toma en consideración la ecuación (22) y (14), de igual manera se toma en consideración el desarrollo que se hace en la sección 5.3. Donde lo que se pretende manipular es el flujo de entrada (q_1) de la ecuación (14). El cual se traduce en abrir o cerrar en cierto porcentaje la válvula.

En la Figura 44, se ve la señal de la presión cuando se aplica el control PID, se puede observar que el valor de referencia lo encuentra rápidamente y que en un tiempo aproximado de 7 a 8 segundos encuentra el valor deseado. Para este caso el valor de referencia que se busca es un valor de $3.5((kgf)/(m^2))$ puesto que es el indicado para que no afecte al tanque de resinas.

El pequeño sobre impulso que genera, no afecta de manera física al tanque de resinas puesto que no llega a los $5((kgf)/(m^2))$, el cual es el límite para que el agua tratada se mezcle con las resinas y termine saliendo para el consumo.

El valor de las ganancias que se utilizaron para este sistema son $P = 22$, $I = 10$, $D = 1$.

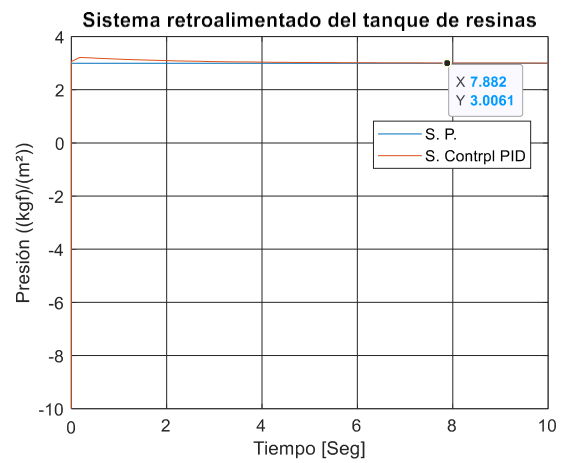


Figura 44.- Control PID aplicado a la válvula de entrada del tanque de resinas

Capítulo 6.- Experimentaciones

En este capítulo se ven las experimentaciones del proyecto, el cual es una integración del capítulo 4, donde cada parte es importante para que el proyecto funcione de manera adecuada.

Para dar una mejor manera de conocer dicho proyecto es mediante videos, los cuales se mostrarán mediante un link o un enlace para que el lector pueda ver dicho la veracidad del proyecto.

Para la parte de simulación se realizan TAGS virtuales que ejemplifican a entradas reales. La parte física en su totalidad no se puede ejemplificar debido a que los filtros exceden el presupuesto personal, sin embargo, a mediados de marzo del 2024 se pretende participar en una convocatoria para bajar recursos y poder realizar la parte física.

En la Figura 45, se ve el ingreso al servidor WEB de siemens, donde se carga la contraseña. En la Figura 46, se ve la portada del HMI, donde la parte izquierda de la portada aparece un triángulo de color café el cual despliega las diferentes pantallas de los HMIs. En la Figura 47 se ve el inicio del HMI

En la Figura 48 se muestra la interacción del HMI con el PLC y el PID, donde PV la gráfica de color azul es el valor del sensor, SP es el valor de referencia al cual se desea llegar, para este caso es un valor de 500 bits o el 50% de una señal que va de 0 al 100%, AQ es el valor de la salida analógica la cual está en un valor de 0 a 1000 bits donde 0 equivale a 0 Vcd y 1000 bits equivale a 10 Vcd.

El Objetivo de aquí es que PV tome una medida de 500 bits o 5 Vcd en la entrada analógica del PLC. Para una mejor visualización del proceso se puede ver el siguiente link.

- 1.

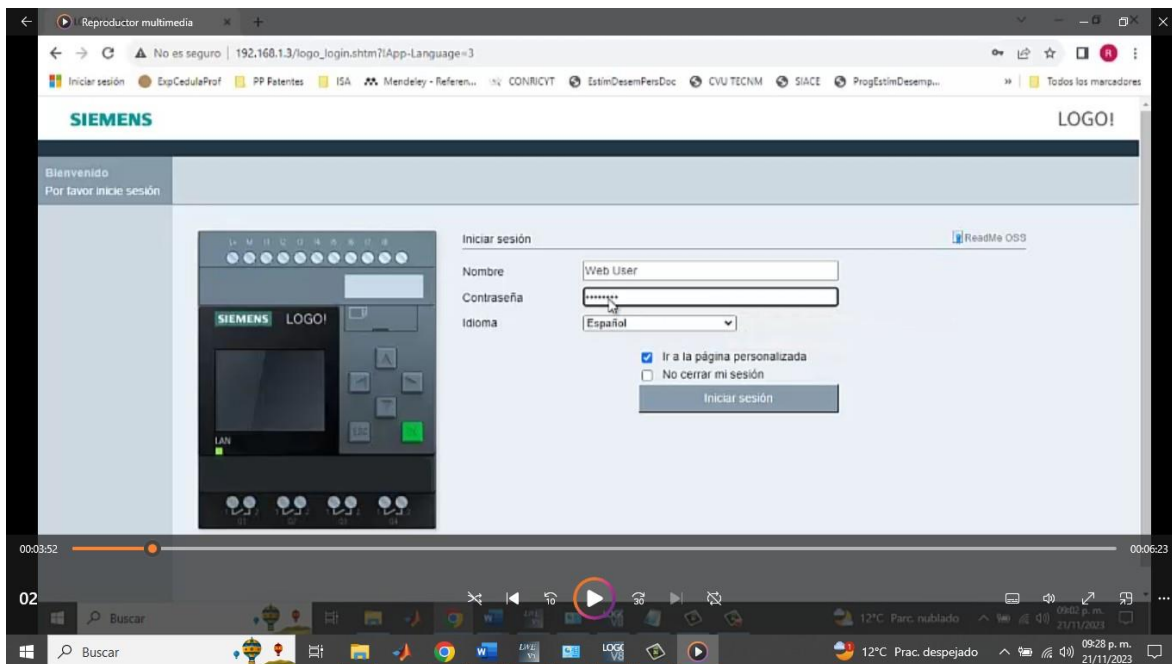


Figura 45.- HMI, PLC y PC, desde una página WEB, parte 1.

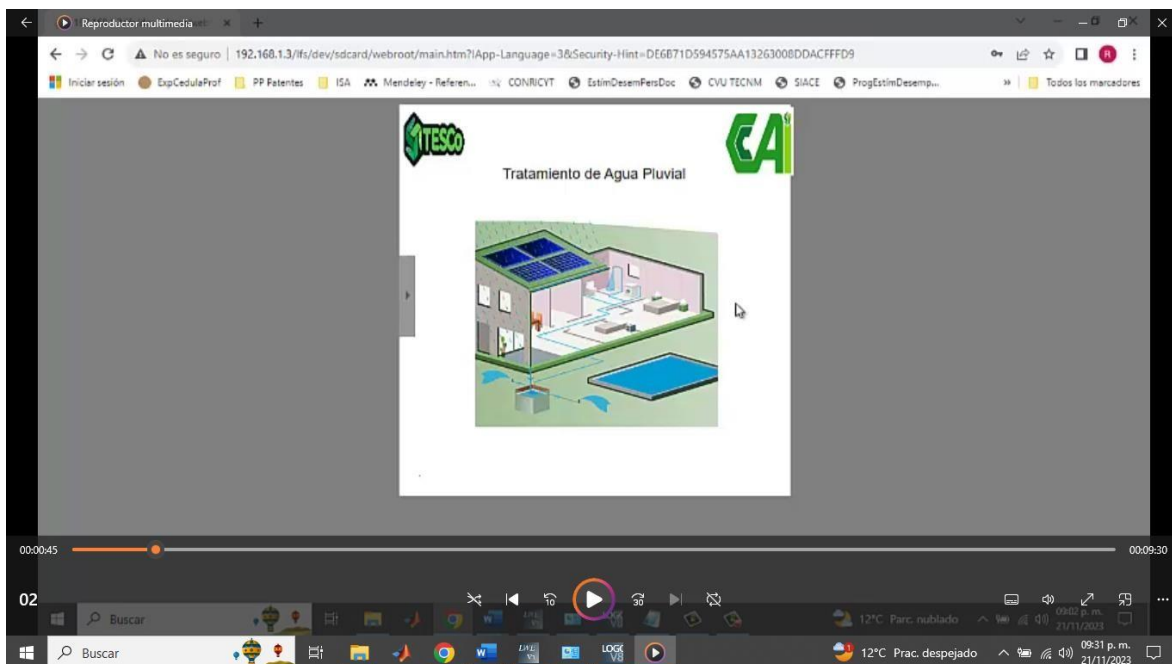


Figura 46.- HMI, PLC y PC, desde una página WEB, parte 2

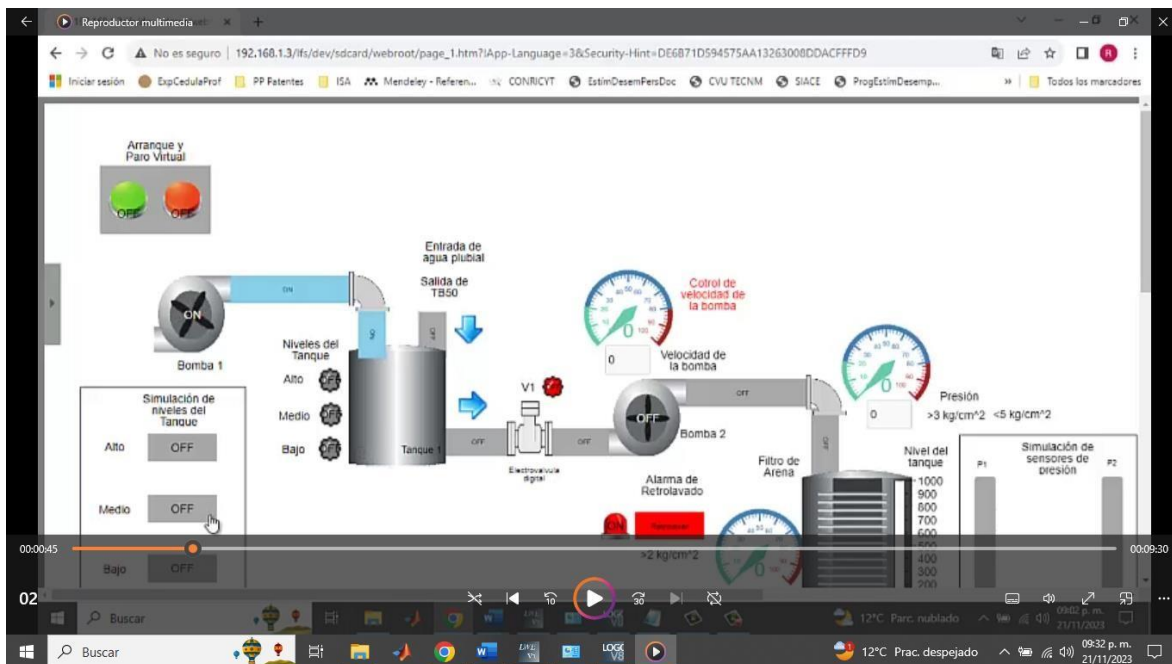


Figura 47.- HMI, PLC y PC, desde una página WEB, parte 3

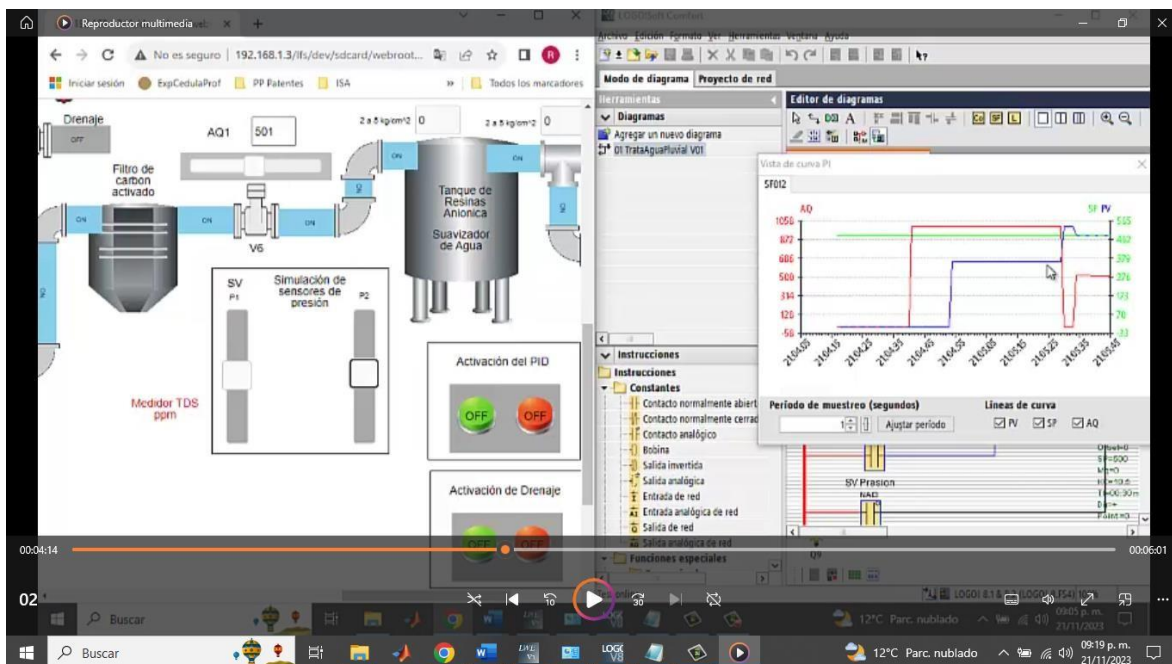


Figura 48.- HMI, PLC y PC, desde una página WEB, parte 4.

De la Figura 45 a la Figura 48 son imágenes de un video de grabación de la pantalla. Esto con el objetivo de corroborar la veracidad del trabajo.

Conclusiones

El proyecto de desarrollo de un sistema integral de tratamiento de agua pluvial para el sector agropecuario ha representado un paso significativo hacia la garantía de eficiencia y sostenibilidad en el manejo del recurso hídrico. Al integrar tecnologías avanzadas de filtración y control automático mediante plataformas Siemens y HMI, se ha logrado diseñar una solución adaptada a las complejidades y demandas del entorno agropecuario, contribuyendo a la mejora de las prácticas de gestión del agua en este sector.

Para poder realizar una programación lineal de un producto es necesario conocer el proceso de manufactura del producto, para este caso de agua de lluvia tratada, es necesario realizar el sistema de proceso de transformación de agua pluvial a agua tratada (consumo para plantas, limpieza en general para consumo de ganadería y agricultura), a este proceso se le puede denominar “proceso de manufactura para tratamiento de agua pluvial”, el cual se logra en cada uno de los capítulos del desarrollo. Uno de los inconvenientes es que no se pudo realizar de manera física, debido a los costos del material a utilizar y algunos equipos. Sin embargo, la idea es participar en un proyecto para bajar recursos y poderlo implementar.

La creación y aplicación del DTI ha proporcionado una comprensión detallada de las interacciones físicas y químicas en el proceso de tratamiento de agua pluvial. La integración de tecnologías Siemens para la adquisición de datos ha permitido ajustes específicos para cumplir con las necesidades agropecuarias, mejorando así la precisión del sistema. Obtener el DTI fue complicado debido a que había puntos en los cuales no se sabía con certeza si era necesario implementar un sistema automático, sin embargo con la investigación que se realiza en el capítulo 2 se puede leer que es necesario eliminar ciertos minerales y metales pesados que pueden afectar al ganado o a las plantas, la única manera de lograr esto es mediante el uso de diferentes filtros, donde dichos filtros es necesario mantener una presión adecuada para no dañarlos o generar una mezcla de agua tratada con ciertas resinas. En este punto se puede leer que es necesario realizar un sistema automatizado el cual cumpla con cierto patrón. De esta manera se fue realizado el DTI que se ve en el capítulo 4.

En la parte de la automatización y del diseño de la interfase hombre maquina se logró el objetivo pues este se pudo comprobar mediante la realización de señales simuladas que representan de una manera real al proceso de manufactura. De esta

manera se comprueba que la programación que se da a conocer funciona. Sin embargo, lo mejor sería la implementación física.

A manera de simulación dentro de la página web las variables de la presión y el nivel se variaban de manera arbitraria, sin embargo, quedo la duda de si las ganancias del controlador que se colocaron en el PLC eran las adecuadas, por ende, nació el capítulo 5 el cual habla del campamiento del nivel y la presión en los filtros más importantes, en este caso el filtro de arenas y el tanque de resinas. Para posteriormente aplicar el controlador en dicho modelo matemático. Donde se concluye que el sistema por naturaleza es estable y se puede lograr su control usando ganancias bajas ya sea para el caso del nivel o de presión. De igual manera se trata de ver que los sobre impulsos de la señal de salida con control no sea superior a los valores máximos dentro de los filtros.

En conjunto, estos logros y avances específicos cumplen con el objetivo general del proyecto al proporcionar una solución integral y adaptada para el tratamiento de agua pluvial en el sector agropecuario. La implementación de tecnologías Siemens y HMI no solo mejora la eficiencia y sostenibilidad del recurso hídrico, sino que también establece un estándar para prácticas avanzadas de gestión del agua en el ámbito agrícola y ganadero. Este proyecto representa un paso significativo hacia la construcción de sistemas hídricos resilientes y eficaces en el contexto específico de las actividades agropecuarias.

Trabajos a futuro

Como trabajos a futuro es el de realiza la implementación física de todo el proyecto.

Validar los modelos matemáticos mediante la adquisición de datos de las señales que se buscan controlar.

Implementar otras estrategias de control.

Ver si el sistema de manufactura mencionado es costeable para implementarlo es sitios urbanos y rurales.

Referencias Bibliográficas

- [1] CONAGUA, “Calidad del agua en México”, Gobierno de México. Consultado: el 8 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua>
- [2] Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, “El campo y la pesca nos unen”, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Consultado: el 8 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/lo-mejor-de-la-semana-266071>
- [3] INEGI, “Cuentame de México”. Consultado: el 8 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/distribucion.aspx?tema=T>
- [4] H. Maguey, “Más de 80% del agua se va en uso agrícola y de la industria”, GACETA UNAM. Consultado: el 8 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.gaceta.unam.mx/crisis-agua-industria/>
- [5] INFOBAE, “México inaugura la primera planta desalinizadora de agua de mar en el continente americano”, INFOBAE. Consultado: el 8 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.infobae.com/america/mexico/2019/09/01/mexico-inaugura-la-primer-planta-desalinizadora-de-agua-de-mar-en-el-continente-americano/>
- [6] M. H. Nawaz y M. A. Baig, “Domestic three stage water-treatment option for harvested rainwater in water-stressed communities”, *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 414, p. 012030, sep. 2018, doi: 10.1088/1757-899X/414/1/012030.
- [7] N. U. M. Nizam, M. M. Hanafiah, M. B. Mokhtar, y N. A. Jalal, “Water Quality of Rooftop Rainwater Harvesting System (MyRAWAS)”, *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 880, núm. 1, p. 012039, oct. 2021, doi: 10.1088/1755-1315/880/1/012039.
- [8] K. Faza y N. Suwartha, “The effect of roof surface area on the quality and quantity of rainwater runoff in the rainwater harvesting system”, *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 623, núm. 1, p. 012010, ene. 2021, doi: 10.1088/1755-1315/623/1/012010.

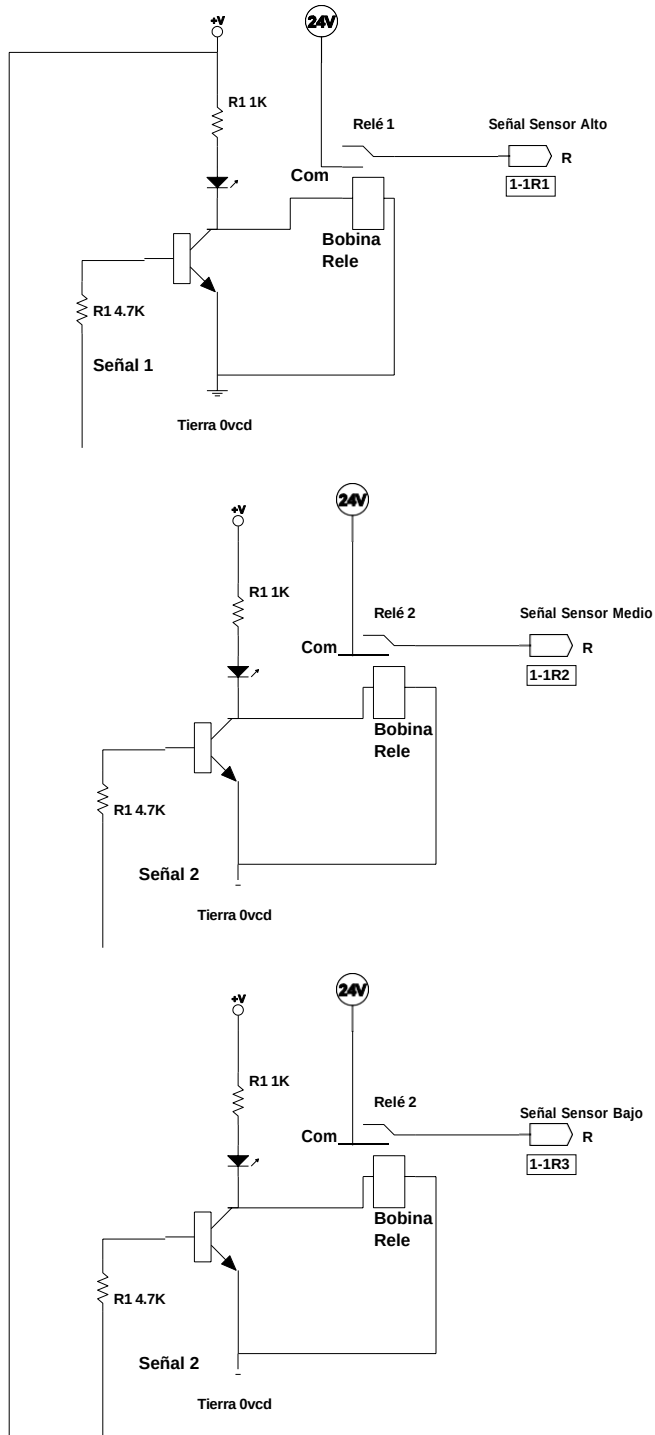
- [9] D. Zhang, X. Ding, J. Liu, y C. Mei, “Review on mechanism and technical measures of urban rainwater harvesting”, *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 983, núm. 1, p. 012106, feb. 2022, doi: 10.1088/1755-1315/983/1/012106.
- [10] M. Le Pivert, A. Piebourg, S. Bastide, M. Duc, y Y. Leprince-Wang, “Direct One-Step Seedless Hydrothermal Growth of ZnO Nanostructures on Zinc: Primary Study for Photocatalytic Roof Development for Rainwater Purification”, *Catalysts*, vol. 12, núm. 10, p. 1231, oct. 2022, doi: 10.3390/catal12101231.
- [11] A. Hazmi, M. Y. Rosadi, R. Desmiarti, y F. Li, “Effect of Radio-Frequency Treatment on the Changes of Dissolved Organic Matter in Rainwater”, *Water (Basel)*, vol. 14, núm. 1, p. 111, ene. 2022, doi: 10.3390/w14010111.
- [12] L. Wang y X. Liu, “Sustained Release Technology and Its Application in Environmental Remediation: A Review”, *Int J Environ Res Public Health*, vol. 16, núm. 12, p. 2153, jun. 2019, doi: 10.3390/ijerph16122153.
- [13] Thomas L. Floyd, *Dispositivos Electrónicos*, 8a ed., vol. 8. México : PEARSON EDUCACIÓN, 2008.
- [14] Á. C. Morales, B. J. Restrepo, y G. A. Holguín, “Sistema Automático de conmutación de cargas para el estudio de algoritmos de cálculo de las propiedades de la potencia”, *Sistema de Información Científica Redalyc*, vol. X, núm. 25, pp. 77–80, 2004, Consultado: el 7 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84911685015>
- [15] Jose Carlos Villajulca, “Botoneras y Interruptores de Posicion o de Final de Carrera ”, *Instrumentación y control.net*, 2012, Consultado: el 7 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://instrumentacionycontrol.net/botoneras-y-interruptores-de-posicion-o-de-final-de-carrera-o-limit-switch/>
- [16] G. Enríquez Harper, *CURSO DE TRANSFORMADORES Y MOTORES DE INDUCCIÓN, 4A ED*, 4a ed. LIMUSA, 2000.
- [17] T. Wildi, *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia.*, 6a ed. México: PEARSON EDUCACIÓN, 2007.
- [18] Final Test, “Final Test”. Consultado: el 7 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.finaltest.com.mx/product-p/art-6.htm>

- [19] E. C. Leskow, "Concepto Voltaje". Consultado: el 7 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://concepto.de/voltaje/>
- [20] Industrias GSL, "¿Qué es un PLC y cómo funciona?" Consultado: el 7 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/que-es-un-plc-y-como-funciona>
- [21] E. Mandado Pérez, J. Acevedo, C. Fernández Silva, y I. Armesto Quiroga, *Autómatas Programables y Sistemas de Automatización*, 3a ed. España: MARCOMBO, 2018.
- [22] R. Pallàs Areny, O. CASAS PIEDRAFITA, y R. BRAGÓS BARDÍA, *Sensores y Acondicionadores de Señal, Problemas Resueltos*, 1a ed. Marcombo , 2008.
- [23] W. Bolton, *Mecatrónica. Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica*. Alfaomega, 2017. Consultado: el 7 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: 9786077076032
- [24] Gilberto Enríquez Harper, *El ABC del control electrónico de la máquinas eléctricas*. Limusa, 2003.
- [25] Dave Evans, "Internet de las cosas Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo", 2011. Consultado: el 7 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/solutions/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf
- [26] K. Rose y S. Eldridge, "La internet de las Cosas - una breve reseña", *Internet Society*, 2015.
- [27] Miao Wu, Ting-Jie Lu, Fei-Yang Ling, Jing Sun, y Hui-Ying Du, "Research on the architecture of Internet of Things", en *2010 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering(ICACTE)*, IEEE, ago. 2010, pp. V5-484-V5-487. doi: 10.1109/ICACTE.2010.5579493.
- [28] IBM, "¿Qué es la Industria 4.0?", *IBM*, 2023.
- [29] CCI, "Centro de Ciberseguridad Industrial ", CCI. Consultado: el 7 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.cci-es.org/>

- [30] SDI, “HMI”, Soporte Dinámico Industrial. Consultado: el 7 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://store.sdindustrial.com.mx/hmi-human-machine-interface>
- [31] SENER, “Tipos de bombas para el bombeo de agua potable”, *Estados y Municipio*, 2023.
- [32] S. GALLARDO VÁZQUEZ, *Configuración de instalaciones domóticas y automáticas*, 2a ed. Madrid (España): Paraninfo, 2019.
- [33] R. Radulovich, R. Rodríguez A, y O. Moncada G, “Captación de agua de lluvia en el hogar rural”, *CATIE*, pp. 1–47, 1994.
- [34] Downstream Defender, “Separador Vórtice Plus”. Consultado: el 7 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://hidropluviales.com/wp-content/uploads/2018/05/DOWNSTREAM_DEFENDER-30-01-14-BAJA.pdf
- [35] Tienda en línea Isla urbana, “Reductor de turbulencia”, Tienda en línea Isla urbana. Consultado: el 7 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://tienda.islaurbana.mx/producto/reductor-de-turbulencia-axolote/>
- [36] Tony Sanchez, “¿Qué Es La Pichancha Flotante?”, MABA WATER. Consultado: el 7 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://mabawater.com/que-es-la-pichancha-flotante/>

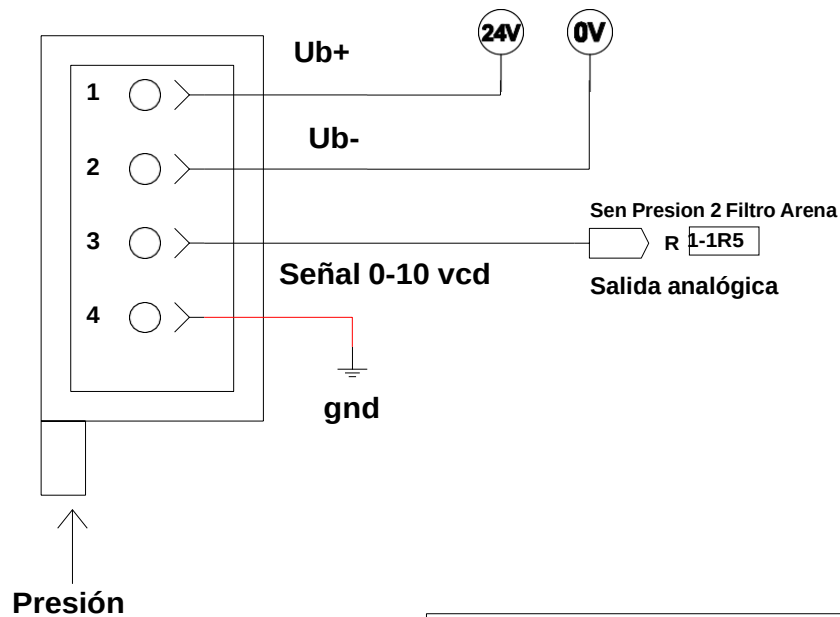
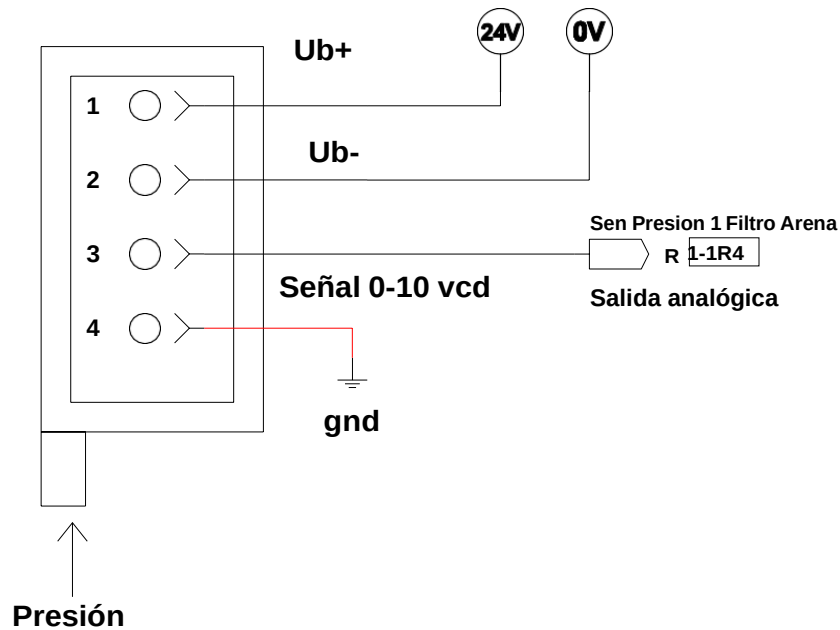
Anexos

Sensor de nivel del tanque 1



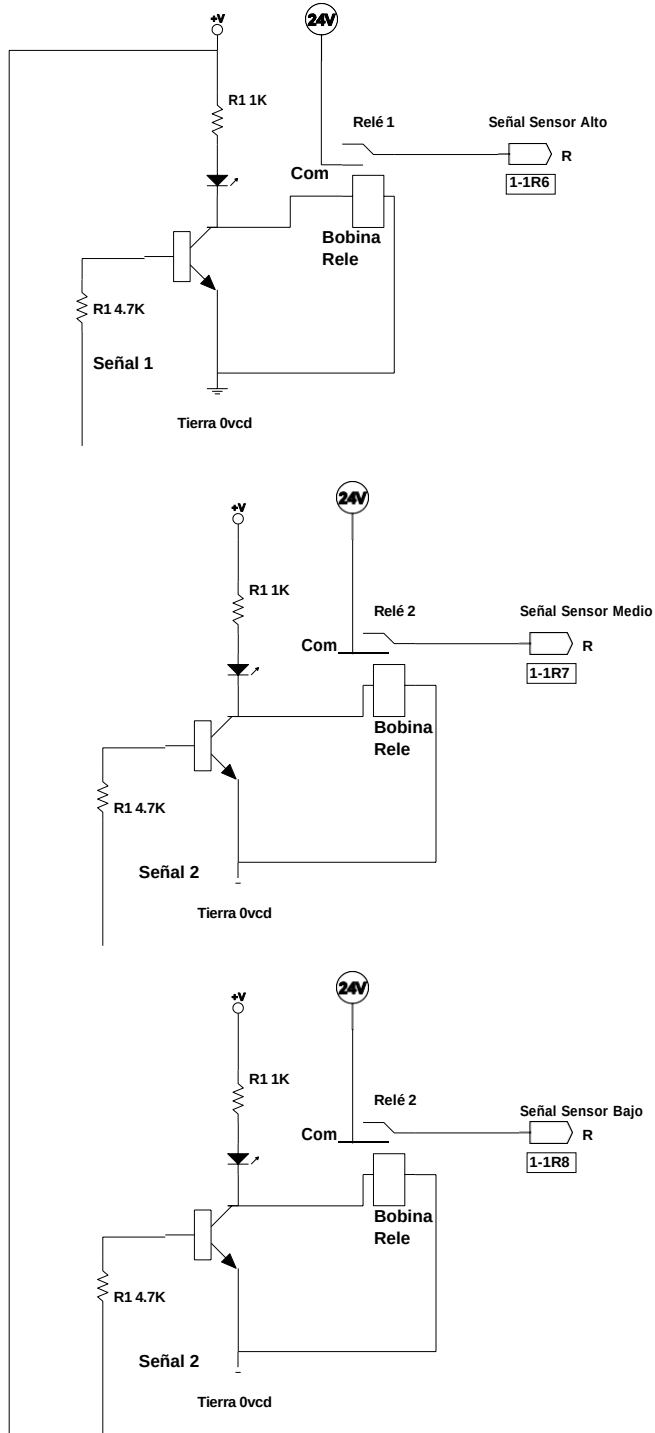
Título:	Conexiones eléctricas del proceso de tratamiento de agua pluvial
Creado por:	Ricardo Balcazar y Israel Zermeño
Verificado por:	Ricardo Balcazar
Empresa:	TESCo
Fecha:	10/11/2023 05:25:44 p. m.

Sensor de presión del filtro de arena



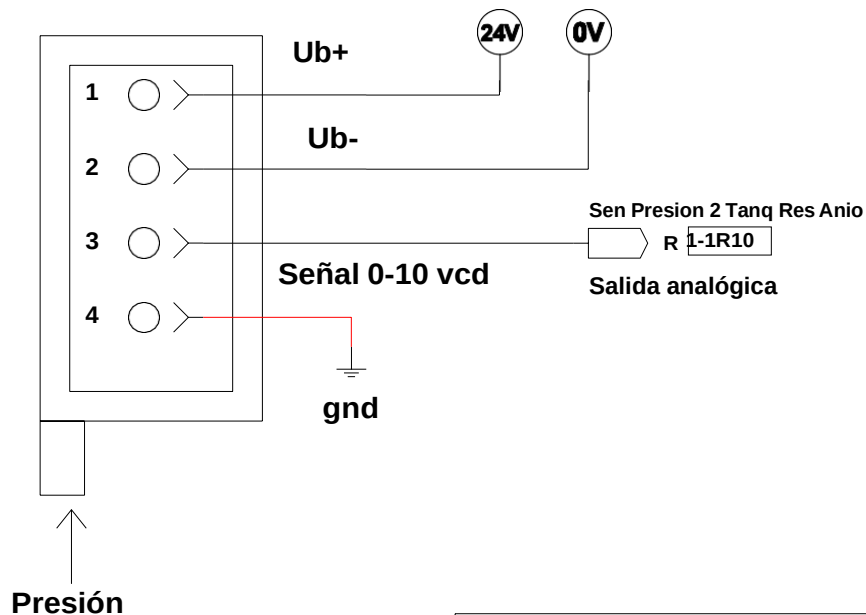
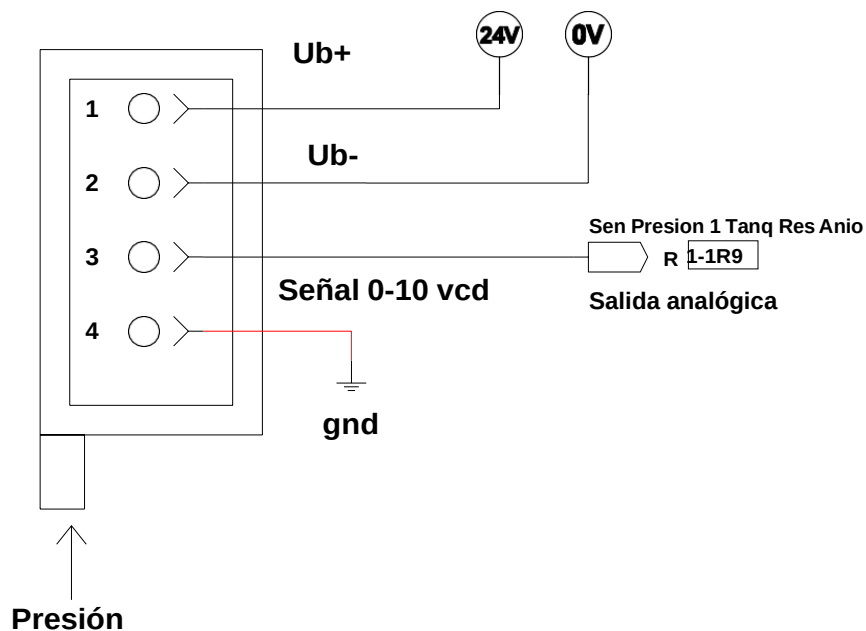
Título:	Conexiones eléctricas del proceso de tratamiento de agua pluvial
Creado por:	Ricardo Balcazar y Israel Zermeño
Verificado por:	Ricardo Balcazar
Empresa:	TESCo
Fecha:	10/11/2023 05:25:44 p. m.

Sensor de nivel del TB50



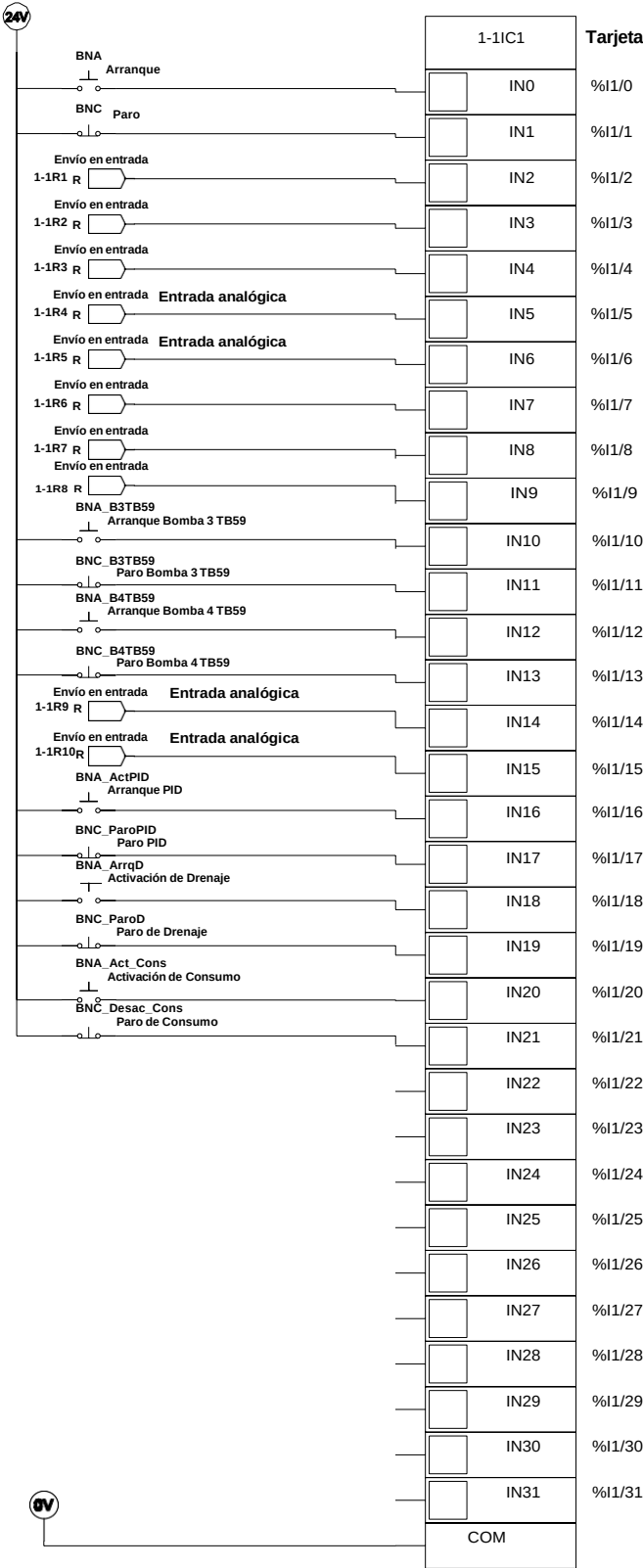
Título:	Conexiones eléctricas del proceso de tratamiento de agua pluvial
Creado por:	Ricardo Balcazar y Israel Zermefio
Verificado por:	Ricardo Balcazar
Empresa:	TESCo
Fecha:	10/11/2023 05:25:44 p. m.

Sensor de presión del Tanque de Resinas Anionica



Titulo:	Conexiones eléctricas del proceso de tratamiento de agua pluvial
Creado por:	Ricardo Balcazar y Israel Zermeño
Verificado por:	Ricardo Balcazar
Empresa:	TESCo
Fecha:	10/11/2023 05:25:44 p. m.

Conexión de Entradas del PLC



Título:	Conexiones eléctricas del proceso de tratamiento de agua pluvial
Creado por:	Ricardo Balcazar y Israel Zermeño
Verificado por:	Ricardo Balcazar
Empresa:	TESCo
Fecha:	10/11/2023 05:25:44 p. m.

Conexiones de las Salidas del PLC

Tarjeta de salidas API

1-1OC1

%O1/0

OUT0

%O1/1

OUT1

%O1/2

OUT2

%O1/3

OUT3

%O1/4

OUT4

%O1/5

OUT5

%O1/6

OUT6

%O1/7

OUT7

%O1/8

OUT8

%O1/9

OUT9

%O1/10

OUT10

%O1/11

OUT11

%O1/12

OUT12

%O1/13

OUT13

%O1/14

OUT14

%O1/15

OUT15

COM

Rel1 Para Bomba 1

Rel2 Para Electrovalvula 1

Rel3 Para Bomba 2

Rel4 Para Electrovalvula 2

Rel5 Para Electrovalvula 3

Rel6 Para Bomba 3

Rel7 Para Bomba 4

Rel8 Para Electrovalvula 4

Rel9 Para Electrovalvula 5

R 1-1R21 Dirección del motor

0V

24V

Título:

Conexiones eléctricas del proceso de
tratamiento de agua pluvial

Creado por:

Ricardo Balcazar y Israel Zermeño

Verificado por:

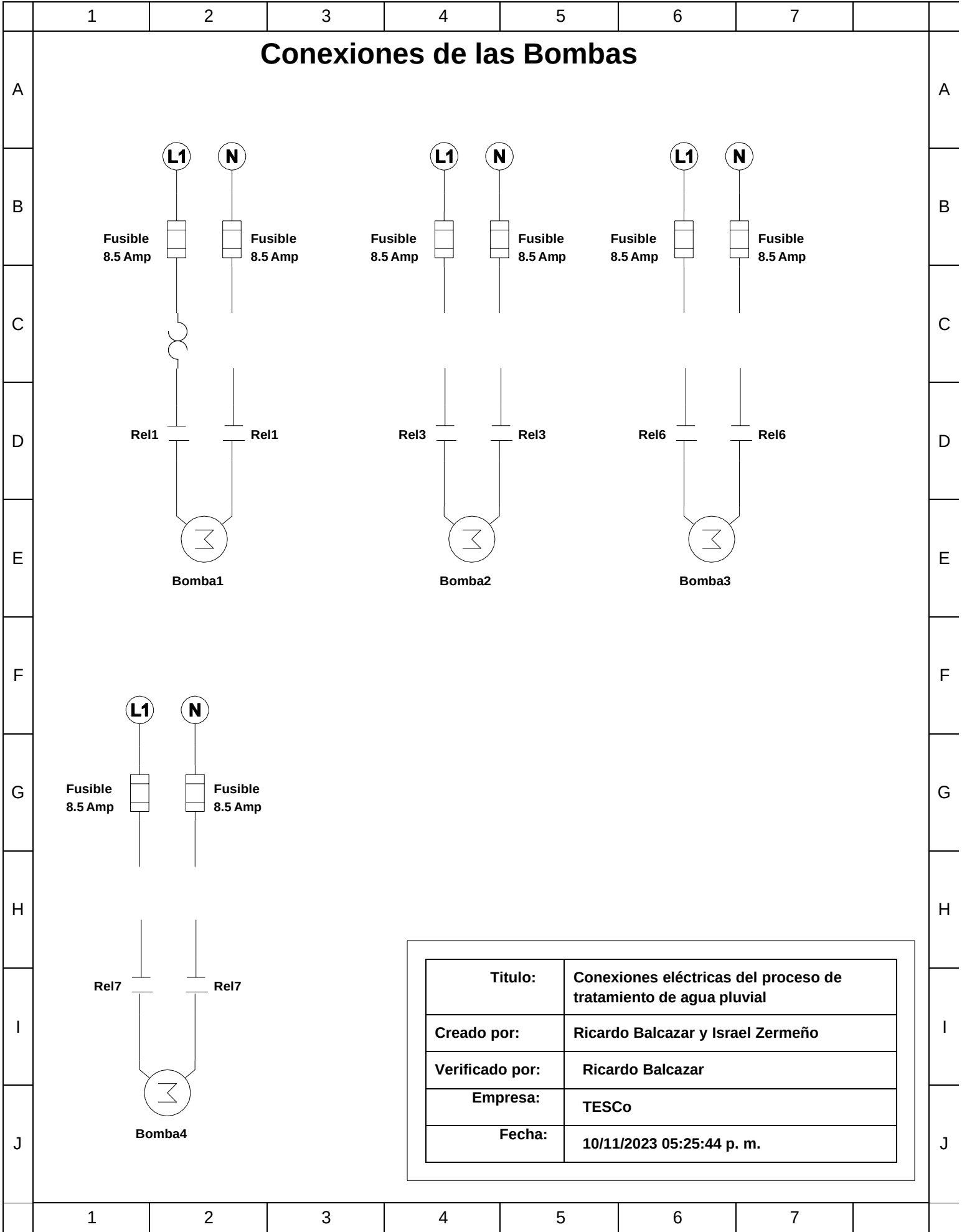
Ricardo Balcazar

Empresa:

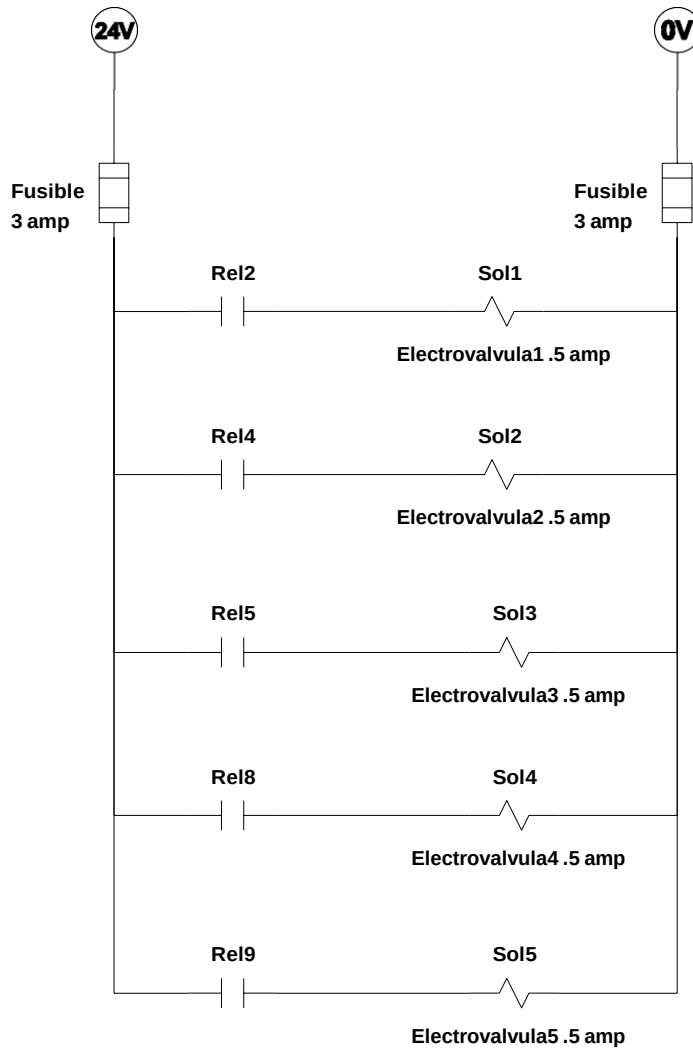
TESCo

Fecha:

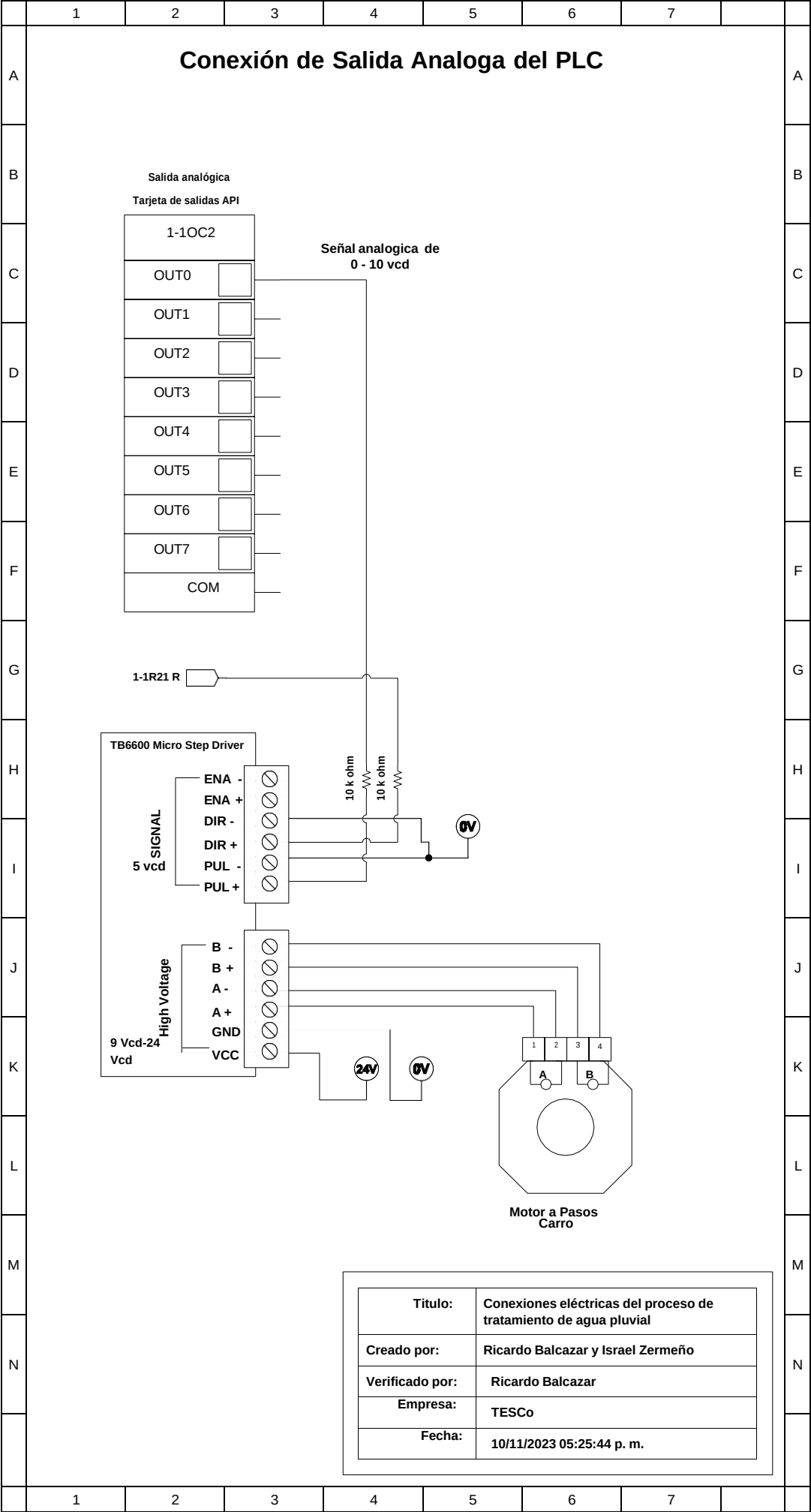
10/11/2023 05:25:44 p. m.



Conexiones de electroválvulas

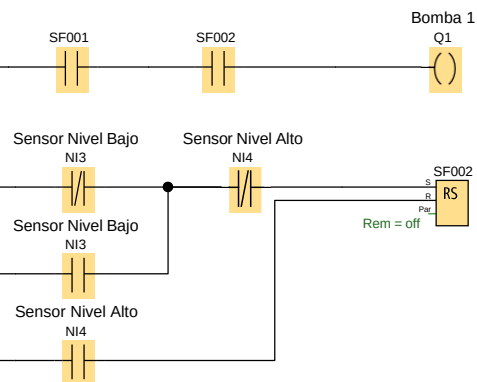
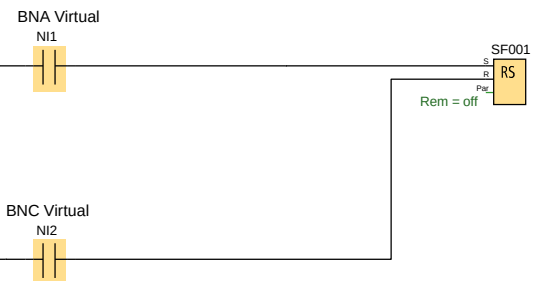
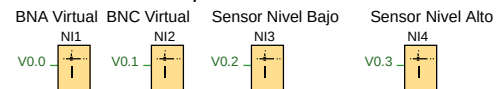


Titulo:	Conexiones eléctricas del proceso de tratamiento de agua pluvial
Creado por:	Ricardo Balcazar y Israel Zermeño
Verificado por:	Ricardo Balcazar
Empresa:	TESCo
Fecha:	10/11/2023 05:25:44 p. m.

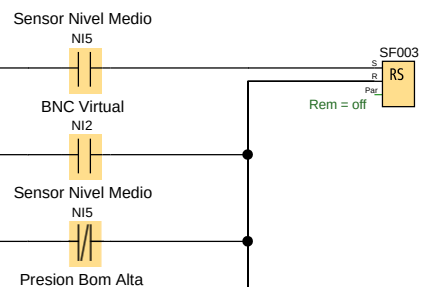
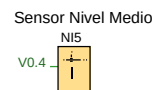


Dirección del módulo						
Dirección IP	192.168.1.3					
Máscara de subred:	255.255.255.0					
Pasarela predeterminada	192.168.1.0					
Conexión1 (Servidor)						
Propiedades locales(Servidor) TSAP 02.00 Conectar con un panel de operador (OP) Aceptar todas las solicitudes de conexión Propiedades remotas(Cliente) TSAP 02.00						
Autor:	Ricardo Balcazar y Israel Zermeno		Proyecto:	Tratamiento de Agua Pluvial	Ciente:	TESCo
Comprobado:	Ricardo Balcazar		Instalación:		Nº diagrama:	1
Fecha de creación/modificación:	12/06/23 20:37/16/11/23 18:25		archivo:	01 TrataAguaPluvial V01.Ild	Página:	1 / 16

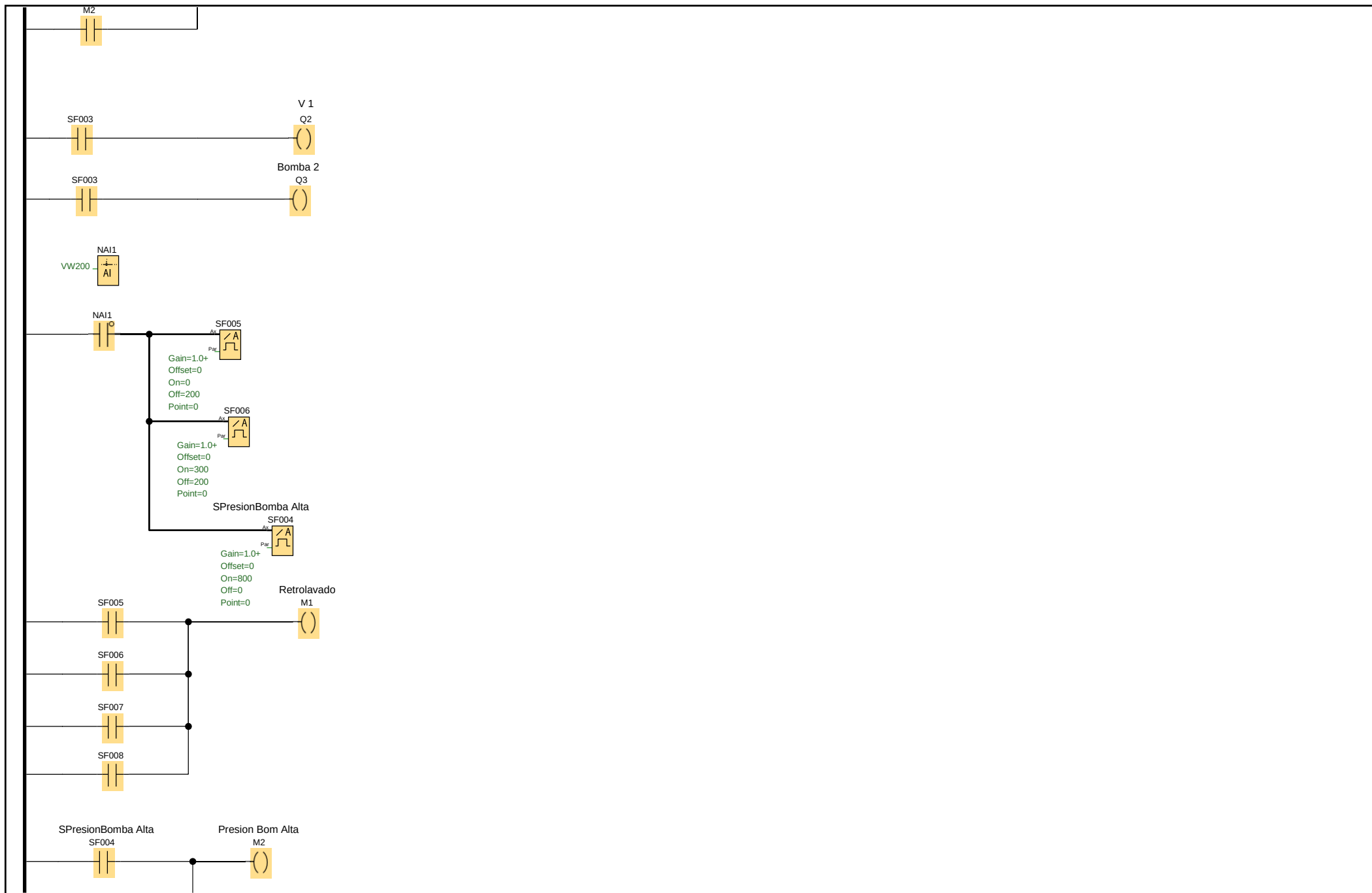
Nivel de Tanque 1



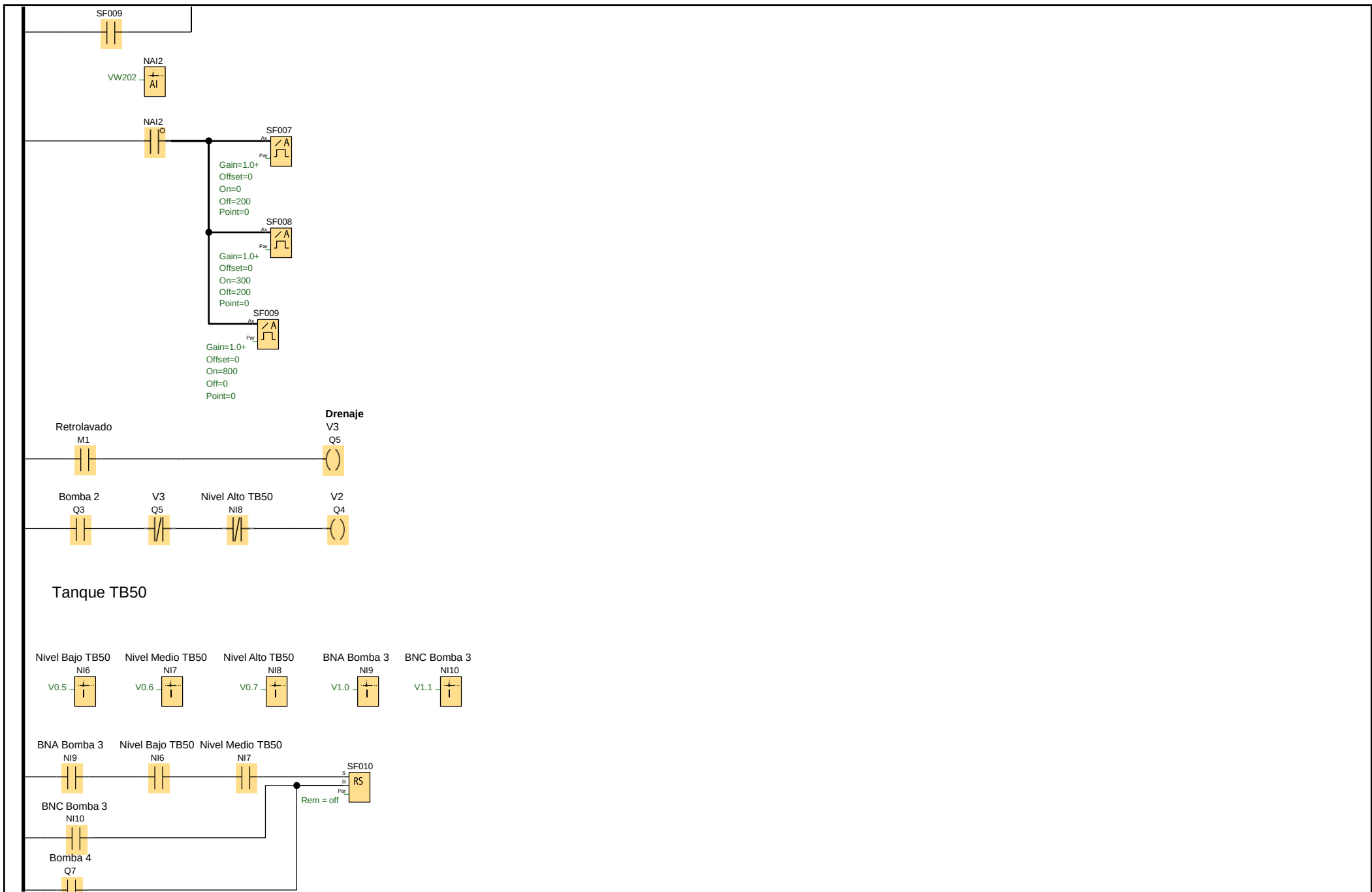
Nivel de Filtro de arena



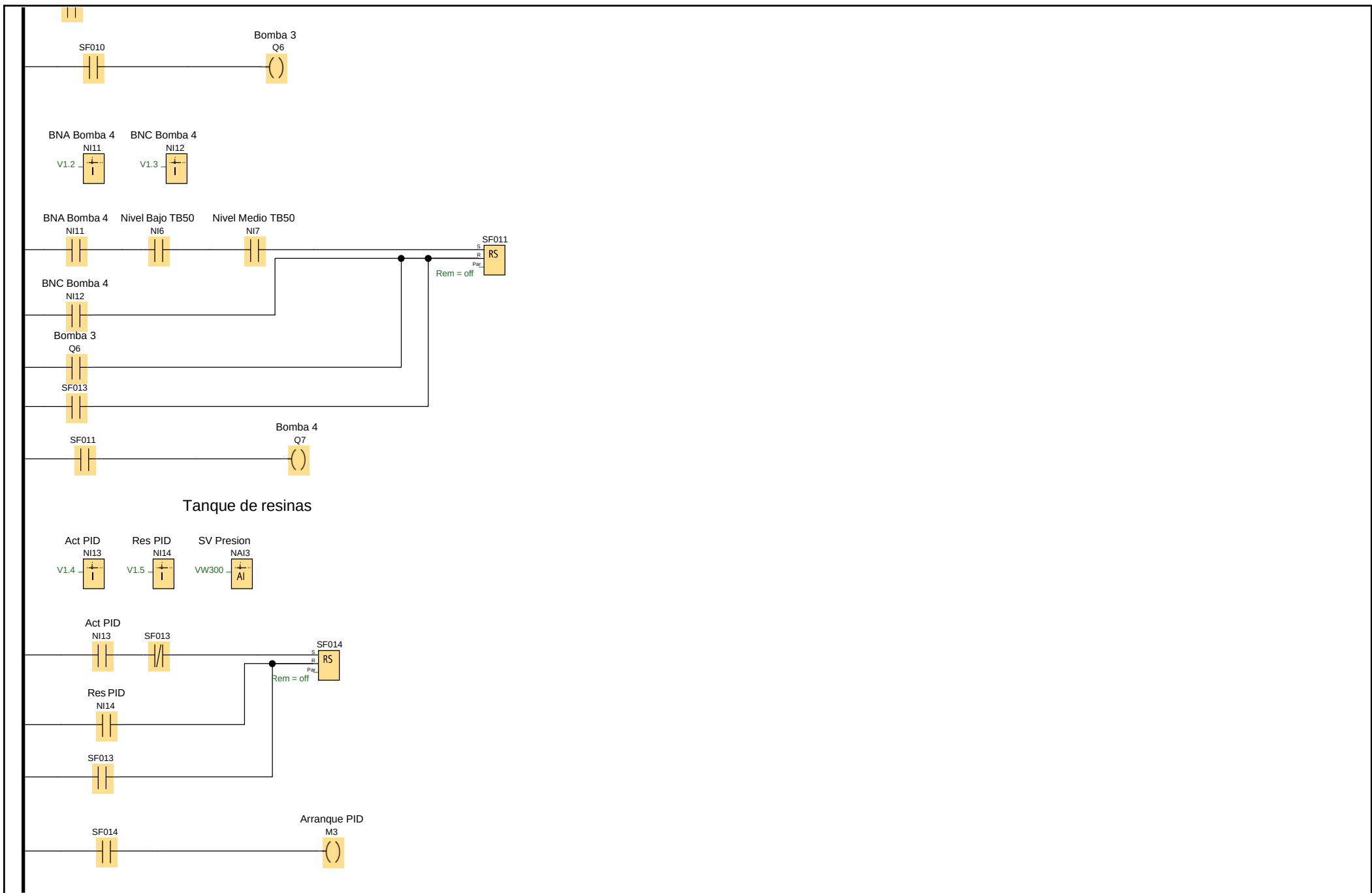
Autor:	Ricardo Balcazar y Israel Zermeno	Proyecto:	Tratamiento de Agua Pluvial	Cliente:	TESCo
Comprobado:	Ricardo Balcazar	Instalación:		Nº diagrama:	1
Fecha de creación/modificación:	12/06/23 20:37/16/11/23 18:25	archivo:	01 TrataAguaPluvial V01.Ild	Página:	2 / 16



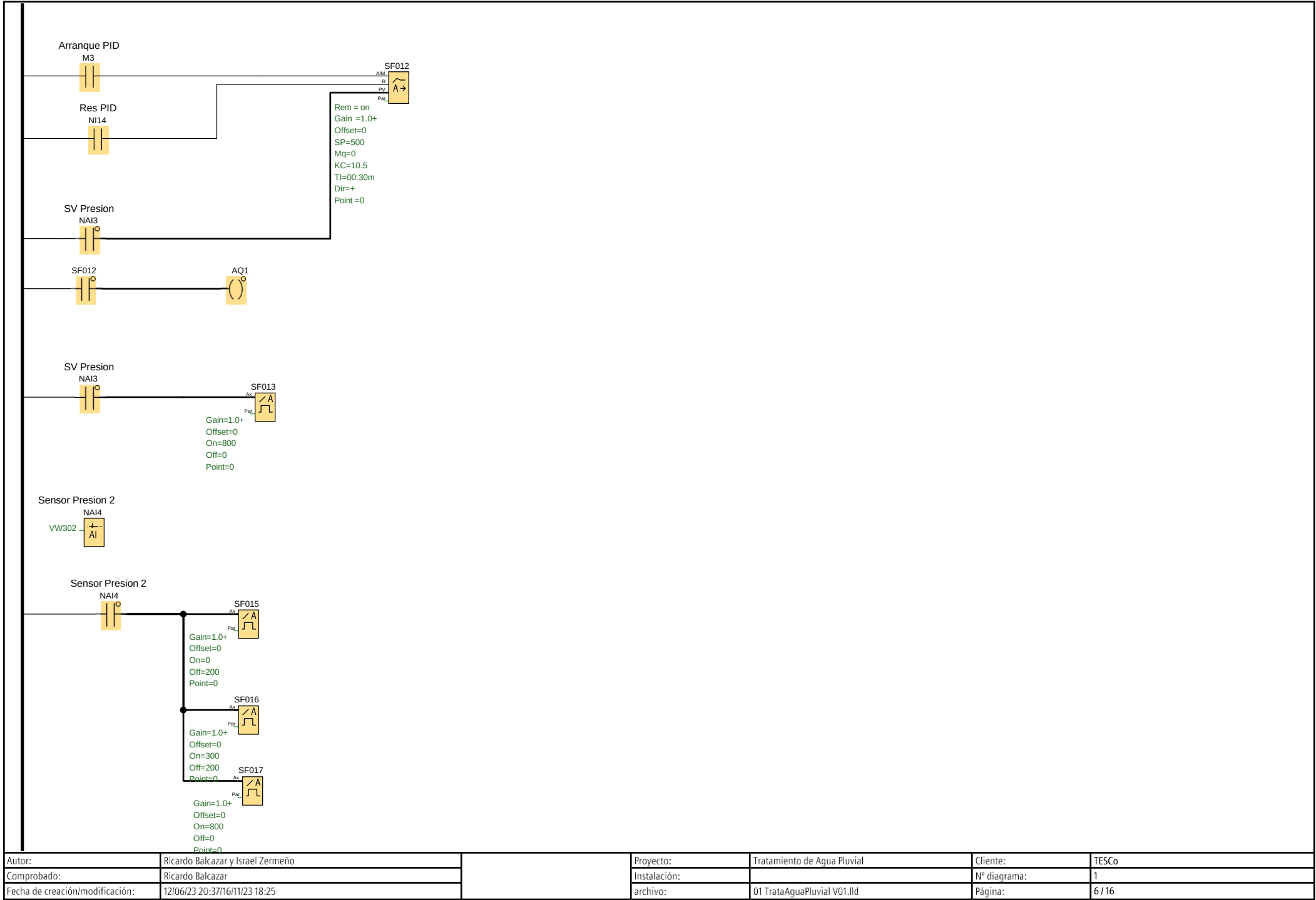
Autor:	Ricardo Balcazar y Israel Zermeno	Proyecto:	Tratamiento de Agua Pluvial	Cliente:	TESCo
Comprobado:	Ricardo Balcazar	Instalación:		Nº diagrama:	1
Fecha de creación/modificación:	12/06/23 20:37/16/11/23 18:25	archivo:	01 TrataAguaPluvial V01.Ild	Página:	3 / 16



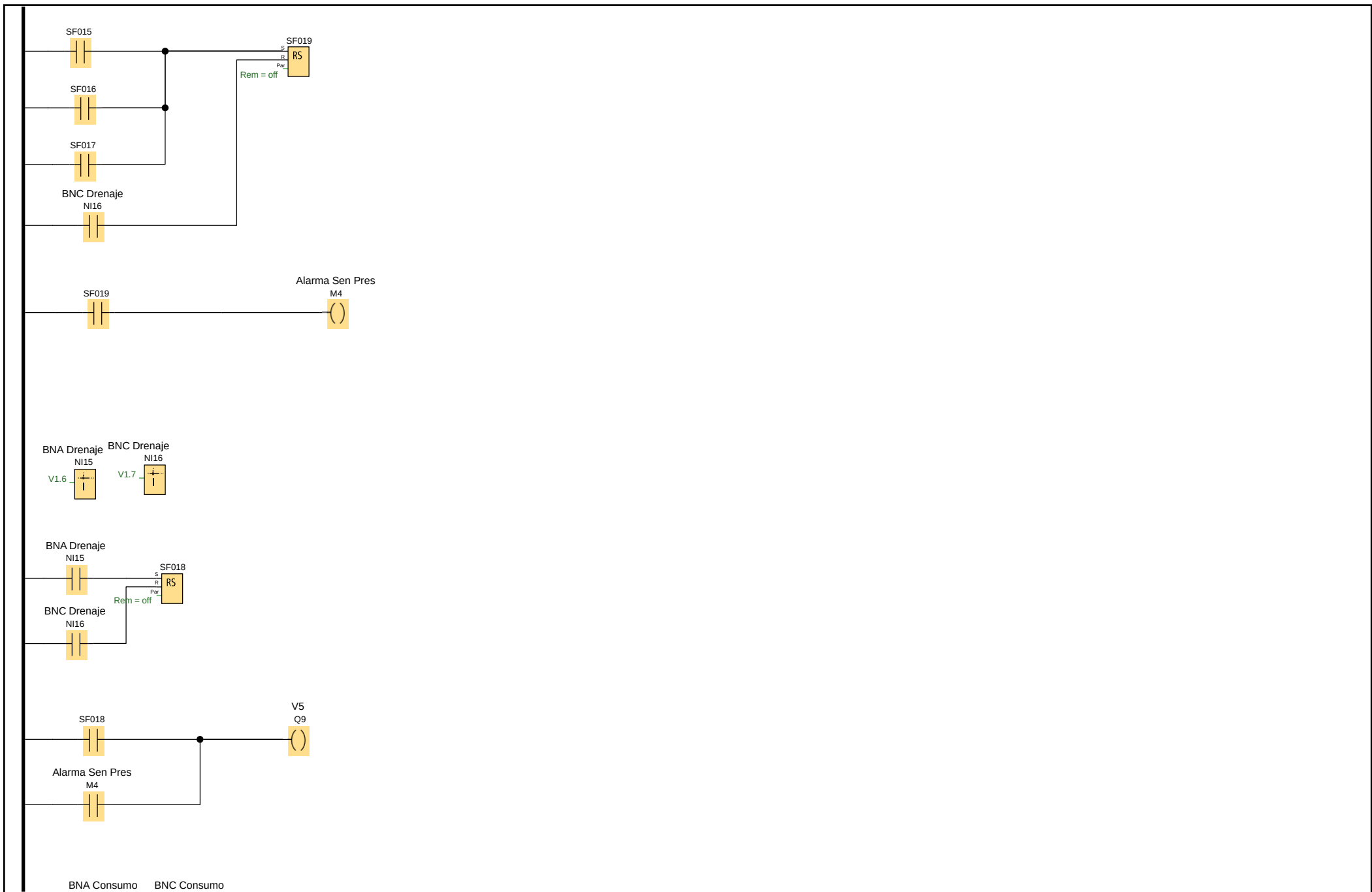
Autor:	Ricardo Balcazar y Israel Zermeno	Proyecto:	Tratamiento de Agua Pluvial	Cliente:	TESCo
Comprobado:	Ricardo Balcazar	Instalación:		Nº diagrama:	1
Fecha de creación/modificación:	12/06/23 20:37/16/11/23 18:25	archivo:	01 TrataAguaPluvial V01.Ild	Página:	4 / 16



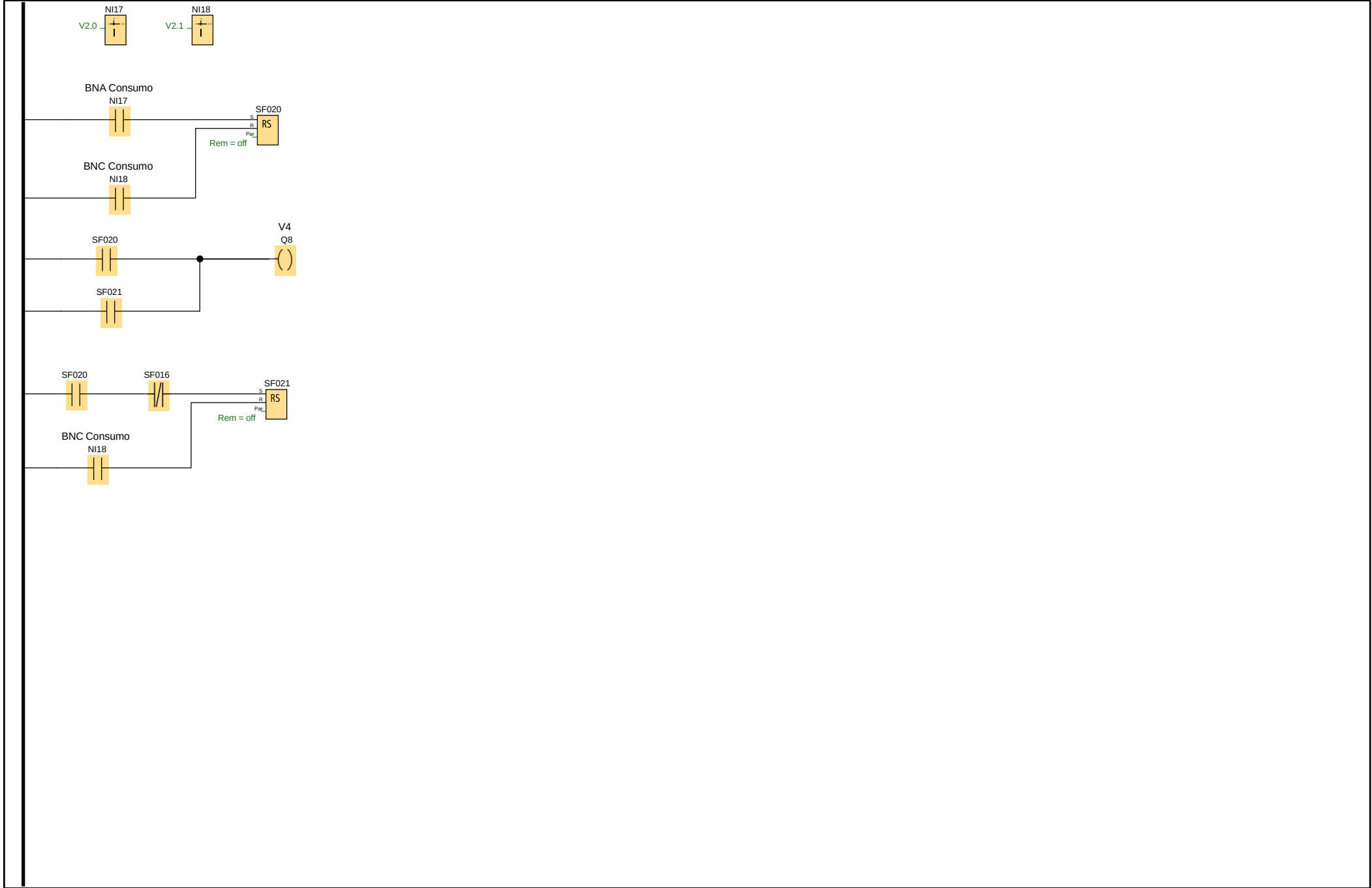
Autor:	Ricardo Balcazar y Israel Zermeno	Proyecto:	Tratamiento de Agua Pluvial	Cliente:	TESCo
Comprobado:	Ricardo Balcazar	Instalación:		Nº diagrama:	1
Fecha de creación/modificación:	12/06/23 20:37/16/11/23 18:25	archivo:	01 TrataAguaPluvial V01.lld	Página:	5 / 16



Autor:	Ricardo Balcazar y Israel Zermeno	Proyecto:	Tratamiento de Agua Pluvial	Ciente:	TESCo
Comprobado:	Ricardo Balcazar	Instalación:		Nº diagrama:	1
Fecha de creación/modificación:	12/06/23 20:37/16/11/23 18:25	archivo:	01 TrataAguaPluvial V01.Ild	Página:	6 / 16



Autor:		Ricardo Balcazar y Israel Zermeno		Proyecto:	Tratamiento de Agua Pluvial	Cliente:	TESCo
Comprobado:		Ricardo Balcazar		Instalación:		Nº diagrama:	1
Fecha de creación/modificación:		12/06/23 20:37/16/11/23 18:25		archivo:	01 TrataAguaPluvial V01.Ild	Página:	7 / 16



Autor:	Ricardo Balcazar y Israel Zermeno	Proyecto:	Tratamiento de Agua Pluvial	Cliente:	TESCo
Comprobado:	Ricardo Balcazar	Instalación:		Nº diagrama:	1
Fecha de creación/modificación:	12/06/23 20:37/16/11/23 18:25	archivo:	01 TrataAguaPluvial V01.Ild	Página:	8 / 16

Número de bloque (tipo)	Parámetro
M1(Bobina) : Retrolavado	
M1(Contacto normalmente abierto) : Retrolavado	
M2(Bobina) : Presion Bom Alta	
M2(Contacto normalmente abierto) : Presion Bom Alta	
M3(Bobina) : Arranque PID	
M3(Contacto normalmente abierto) : Arranque PID	
M4(Bobina) : Alarma Sen Pres	
M4(Contacto normalmente abierto) : Alarma Sen Pres	
NAI3(Entrada analógica de red) : SV Presion	VM300
NAI3(Contacto analógico) : SV Presion	
NAI3(Contacto analógico) : SV Presion	
NAI4(Entrada analógica de red) : Sensor Presion 2	VM302
NAI4(Contacto analógico) : Sensor Presion 2	
NI1(Entrada de red) : BNA Virtual	V0.0
NI1(Contacto normalmente abierto) : BNA Virtual	
NI2(Entrada de red) : BNC Virtual	V0.1
NI2(Contacto normalmente abierto) : BNC Virtual	
NI2(Contacto normalmente abierto) : BNC Virtual	
NI3(Entrada de red) : Sensor Nivel Bajo	V0.2
NI3(Contacto normalmente cerrado) : Sensor Nivel Bajo	

Autor:	Ricardo Batcazar y Israel Zerniño		Proyecto:	Tratamiento de Agua Pluvial		Cliente:	TESCO
Comprobado:	Ricardo Batcazar		Instalación:			Nº diagrama:	1
Fecha de creación/modificación:	20/03/2023 16:11:23 18:25		archivo:	01 TrataAguapluvial V01.tld		Página:	9 / 16

Número de bloque (tipo)	Parámetro
NI3(Contacto normalmente abierto) : Sensor Nivel Bajo	
NI4(Entrada de red) : Sensor Nivel Alto	V0.3
NI4(Contacto normalmente cerrado) : Sensor Nivel Alto	
NI4(Contacto normalmente abierto) : Sensor Nivel Alto	
NI5(Entrada de red) : Sensor Nivel Medio	V0.4
NI5(Contacto normalmente abierto) : Sensor Nivel Medio	
NI5(Contacto normalmente cerrado) : Sensor Nivel Medio	
NI6(Entrada de red) : Nivel Bajo TB50	V0.5
NI6(Contacto normalmente abierto) : Nivel Bajo TB50	
NI6(Contacto normalmente abierto) : Nivel Bajo TB50	
NI7(Entrada de red) : Nivel Medio TB50	V0.6
NI7(Contacto normalmente abierto) : Nivel Medio TB50	
NI7(Contacto normalmente abierto) : Nivel Medio TB50	
NI8(Entrada de red) : Nivel Alto TB50	V0.7
NI8(Contacto normalmente cerrado) : Nivel Alto TB50	
NI9(Entrada de red) : BNA Bomba 3	V1.0
NI9(Contacto normalmente abierto) : BNA Bomba 3	
NI10(Entrada de red) : BNC Bomba 3	V1.1
NI10(Contacto normalmente abierto) : BNC Bomba 3	
NI11(Entrada de red) : BNA Bomba 4	V1.2

Número de bloque (tipo)	Parámetro
NI11(Contacto normalmente abierto) : BNA Bomba 4	
NI12(Entrada de red) : BNC Bomba 4	V1.3
NI12(Contacto normalmente abierto) : BNC Bomba 4	
NI13(Entrada de red) : Act PID	V1.4
NI13(Contacto normalmente abierto) : Act PID	
NI14(Entrada de red) : Res PID	V1.5
NI14(Contacto normalmente abierto) : Res PID	
NI14(Contacto normalmente abierto) : Res PID	
NI15(Entrada de red) : BNA Drenaje	V1.6
NI15(Contacto normalmente abierto) : BNA Drenaje	
NI16(Entrada de red) : BNC Drenaje	V1.7
NI16(Contacto normalmente abierto) : BNC Drenaje	
NI16(Contacto normalmente abierto) : BNC Drenaje	
NI16(Contacto normalmente abierto) : BNC Drenaje	
NI17(Entrada de red) : BNA Consumo	V2.0
NI17(Contacto normalmente abierto) : BNA Consumo	
NI18(Entrada de red) : BNC Consumo	V2.1
NI18(Contacto normalmente abierto) : BNC Consumo	
NI18(Contacto normalmente abierto) : BNC Consumo	
NI18(Contacto normalmente abierto) : BNC Consumo	
Q1(Bobina) : Bomba 1	
Q2(Bobina) : V1	

Autor:	Ricardo Balcazar y Israel Zermeno	Proyecto:	Tratamiento de Agua Pluvial	Cliente:	TESCO
Comprobado:	Ricardo Balcazar	Instalación:		Nº diagrama:	1
Fecha de creación/modificación:	20/3/16 11:23 18:25	archivo:	01 TrataAguaPluvial V01.tld	Página:	11 / 16

Número de bloque (tipo)	Parámetro
Q3(Bobina) : Bomba 2	
Q3(Contacto normalmente abierto) : Bomba 2	
Q4(Bobina) : V2	
Q5(Bobina) : V3	
Q5(Contacto normalmente cerrado) : V3	
Q6(Bobina) : Bomba 3	
Q6(Contacto normalmente abierto) : Bomba 3	
Q7(Bobina) : Bomba 4	
Q7(Contacto normalmente abierto) : Bomba 4	
Q8(Bobina) : V4	
Q9(Bobina) : V5	
SF001(Relé autoenclavador) :	Rem = off
SF002(Relé autoenclavador) :	Rem = off
SF003(Relé autoenclavador) :	Rem = off
SF004(Commutador analógico de valor umbral) : SPresionBomba Alta	Gain=1.0+ Offset=0 On=800 Off=0 Point=0
SF004(Contacto normalmente abierto) : SPresionBomba Alta	
SF005(Commutador analógico de valor umbral) :	Gain=1.0+ Offset=0 On=0 Off=200 Point=0
SF006(Commutador analógico de valor umbral) :	Gain=1.0+ Offset=0 On=300 Off=200 Point=0

Autor:	Ricardo Balcazar y Israel Zerniño		Proyecto:	Tratamiento de Agua Pluvial		Cliente:	TESCO
Comprobado:	Ricardo Balcazar		Instalación:	01 TrataAguapluvial V01.tld		Nº diagrama:	1
Fecha de creación/modificación:	2023-20-37/16/123 18:25		archivo:			Página:	12 / 16

Número de bloque (tipo)			Parámetro		
SF007(Commutador analógico de valor umbral) :			Gain=1.0+ Offset=0 On=0 Off=200 Point=0		
SF008(Commutador analógico de valor umbral) :			Gain=1.0+ Offset=0 On=300 Off=200 Point=0		
SF009(Commutador analógico de valor umbral) :			Gain=1.0+ Offset=0 On=800 Off=0 Point=0		
SF010(Relé autoenclavador) :			Rem = off		
SF011(Relé autoenclavador) :			Rem = off		
SF012(Regulador P1) :			Rem = on Gain =1.0+ Offset=0 SP=500 Mq=0 KC=10.5 Tl=00:30m Dir=+ Point =0		
SF013(Commutador analógico de valor umbral) :			Gain=1.0+ Offset=0 On=800 Off=0 Point=0		
SF014(Relé autoenclavador) :			Rem = off		
SF015(Commutador analógico de valor umbral) :			Gain=1.0+ Offset=0 On=0 Off=200 Point=0		
SF016(Commutador analógico de valor umbral) :			Gain=1.0+ Offset=0 On=300 Off=200 Point=0		
SF017(Commutador analógico de valor umbral) :			Gain=1.0+ Offset=0 On=800 Off=0 Point=0		
SF018(Relé autoenclavador) :			Rem = off		
SF019(Relé autoenclavador) :			Rem = off		
SF020(Relé autoenclavador) :			Rem = off		
Autor:		Ricardo Balcazar y Israel Zerniño			
Comprobado:		Ricardo Balcazar			
Fecha de creación/modificación: 23/20:37/16/11/23 18:25					
		Provector:		Tratamiento de Agua Pluvial	
		Instalación:			
		archivo:		01 TrataAguaPluvial V01.tld	
				Nº diagrama:	
				13 / 16	

Número de bloque (tipo)		Parámetro
SF021 (Relé autoenclavador) :		Rem = off

Conector	Rotulación
MA11	
MA12	
MA13	
MA14	
NI1	
NI2	
NI3	
NI4	
NI5	
NI6	
NI7	
NI8	
NI9	
NI10	
NI11	
NI12	
NI13	
NI14	
NI15	
NI16	
NI17	
NI18	
AQ1	
M1	
M2	
M3	
M4	
Q1	
Q2	
Q3	
Q4	
Q5	
Q6	
Q7	
Q8	

Autor:	Ricardo Balcazar y Israel Zernio			Proyector:	Tratamiento de Agua Pluvial		Cliente:	TESCO
Comprobado:	Ricardo Balcazar			Instalación:			Nº diagrama:	1
Fecha de creación/modificación:	2020/06/23 20:37:16/11/23 18:25			archivo:	01 TrataAguapluvial V01.tld		Página:	15 / 16

Conector		Rotulación	
Q9			
Autor:		Ricardo Balcazar y Israel Zermeno	
Comprobado:		Ricardo Balcazar	
Fecha de creación/modificación		28/06/23 20:37/16/11/23 18:25	
Proyecto:		Instalación:	
archivo:		01 TrataAguaPluvial V01.lld	
Cliente:		Nº diatrama:	
		1	
TESCO		16 / 16	