



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE AIREACIÓN DE UNA
PISCINA CAMARONERA UTILIZANDO UN DIFUSOR DE AIRE CONTROLADO
MEDIANTE PLC, HMI Y UN MÓDULO IoT”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero en Electrónica

AUTOR: GERARDO ISRAEL GAVILÁNEZ PAGUAY

JOHN STEVEN SALVATIERRA SÁNCHEZ

TUTOR: VÍCTOR LARCO TORRES

Guayaquil - Ecuador

2025

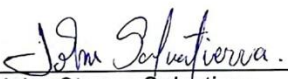
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, John Steven Salvatierra Sánchez con documento de identificación N° 0955596309 y Gerardo Israel Gaviláñez Paguay con documentos de identificación N° 0950650127; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y como autorizamos que sin fines de lucro la universidad politécnica salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 13 de febrero del año 2025

Atentamente,



John Steven Salvatierra
Sánchez
0955596309



Gerardo Israel Gaviláñez
Paguay
0950650127

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, John Steven Salvatierra Sánchez con documento de identificación N° 0955596309 y Gerardo Israel Gavilánez Paguay con documentos de identificación N° 0950650127, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE AIREACIÓN DE UNA PISCINA CAMARONERA UTILIZANDO UN DIFUSOR DE AIRE CONTROLADO MEDIANTE PLC, HMI Y UN MÓDULO IoT", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Electrónica, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 13 de febrero del año 2025

Atentamente,



John Steven Salvatierra

Sánchez

0955596309



Gerardo Israel Gavilánez

Paguay

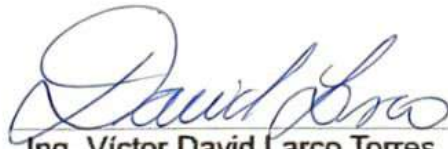
0950650127

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Víctor David Larco Torres con número de identificación N° 0923270136, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE AIREACIÓN DE UNA PISCINA CAMARONERA UTILIZANDO UN DIFUSOR DE AIRE CONTROLADO MEDIANTE PLC, HMI Y UN MÓDULO IoT" realizado por John Steven Salvatierra Sánchez con documento de identificación N° hoy 0955596309 y por Gerardo Israel Gavilánez Paguay con documentos de identificación N° 0950650127, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 13 de febrero del año 2025

Atentamente,



Ing. Víctor David Larco Torres

0923270136

Agradecimiento

Doy gracias a Dios por haberme otorgado la fortaleza y voluntad necesarias para continuar en este arduo camino. A mis padres, por sus palabras de aliento y sabios consejos que me guiaron siempre hacia el mejor camino. A mis compañeros, quienes estuvieron a mi lado y me brindaron su apoyo en cada momento de necesidad. Y, por supuesto, a los docentes, cuya enseñanza y dedicación han sido clave en la formación de mi criterio profesional.

Israel G.

Agradecimiento

Agradezco a mi mamá, mi papá, hermanos y aquella persona tan especial. por todo el apoyo que me han sabido entregar desde el primer momento que incursioné en este nuevo camino que ahora estoy por concluir, a mis compañeros y a los docentes que fueron una guía fundamental para mi crecimiento profesional.

John Salvatierra S.

Resumen

AÑO	ALUMNOS	DIRECTOR DE PROYECTO	TEMA DE PROYECTO DE TITULACIÓN
2025	ISRAEL GAVILÁNEZ JOHN SALVATIERRA	VÍCTOR LARCO	“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE AIREACIÓN DE UNA PISCINA CAMARONERA UTILIZANO UN DIFUSOR DE AIRE CONTROLADO MEDIANTE PLC, HMI Y UN MÓDULO IoT”

Este proyecto se centra en el proceso de control de aireación de una piscina camaronera, integrando tecnologías de la Industria 4.0 y el Internet de las Cosas (IoT). La iniciativa busca la automatización y optimización en las labores acuícolas, reduciendo el esfuerzo físico y los riesgos de error al momento de mantener un nivel de oxígeno adecuado para el cultivo de este producto, con lo que mejora la calidad de vida de una gran diversidad de criaturas.

El control se basa en la generación pulsos PWM mediante el PLC, el cual obtendrá datos del sensor y hará que se generen pulsos continuos, intermitentes o simplemente se detenga, estos valores irán hacia una bomba de aire monofásica, que por ser una sola fase de tensión se necesita una tarjeta dimmer con un TRIAC, para poder tener el control de la apertura y cierre de la carga en milisegundos.

El sistema también incluye una interfaz hombre-maquina (HMI) para supervisar en tiempo real el estado de la bomba y el nivel de oxígeno, además de poder establecer un SET POINT para la fijación un nivel de oxígeno y a su vez el estado del sistema mientras esté trabajando con indicativos como “Estable” que indica un nivel de oxigenación adecuada, “Alerta” indica que los niveles de oxígeno están por debajo del nivel óptimo que es entre 4 y 7 mg/l y por último “Peligro” mostrando que los niveles se encuentran por encima de 7mg/l que es lo óptimo para la vida del camarón.

El control incluye entradas y salidas digitales para el manejo de pulsadores que forman parte de los módulos del Laboratorio de Automatización Industrial 1 y el envío de los datos recolectados del estado de la bomba, como de todo el proceso a un servidor MQTT mediante el módulo IoT 2040 usando Node RED.

Este proyecto representa cómo funciona la automatización del sector acuícola, para los estudiantes y docentes de la Universidad Politécnica Salesiana, al hacer uso de equipos que están orientados a la industria y la comunicación entre ellos, utilizando las habilidades adquiridas a lo largo de la carrera universitaria.

Palabras claves: PLC, HMI, IoT, PID

Abstract

YEAR	STUDENTS	PRJ. DIRECTOR	SUBJECT
2025	ISRAEL GAVILANEZ JOHN SALVATIERRA	VICTOR LARCO	“DESIGN AND IMPLEMENTATION OF THE AERATION PROCESS OF A SHRIMP POOL USING AN AIR DIFFUSER CONTROLLED BY PLC, HMI AND AN IoT MODULE”

This project focuses on the aeration control process of a shrimp pool, integrating Industry 4.0 technologies and the Internet of Things (IoT). The initiative seeks automation and optimization in aquaculture work, reducing the physical effort and risks of error when maintaining an adequate oxygen level for the cultivation of this product, thus improving the quality of life of a great diversity of creatures.

The control is based on the generation of PWM pulses through the PLC, which will obtain data from the sensor and will generate continuous pulses, intermittent or simply stop, these values will go to a single-phase air pump, which being a single voltage phase, a dimmer card with a TRIAC is needed to control the opening and closing of the load in milliseconds.

The system also includes a human-machine interface (HMI) to monitor in real time the status of the pump and the oxygen level, in addition to being able to establish a SET POINT for setting an oxygen level and at the same time the status of the system while it is working with indicators such as “Stable” indicating an adequate oxygenation level, “Alert” indicating that oxygen levels are below the optimum level which is between 4 and 7 mg/l and finally “Danger” showing that the levels are above 7mg/l which is optimal for the life of the shrimp.

The control includes digital inputs and outputs for the management of push buttons that are part of the modules of the Industrial Automation Laboratory 1 and

sending the data collected from the state of the pump, as well as the entire process to a MQTT server through the IoT 2040 module using Node RED.

This project represents how the automation of the aquaculture sector works, for students and teachers at the Salesian Polytechnic University, by making use of equipment that are oriented to the industry and communication between them, using the skills acquired throughout the university career.

Keywords: PLC, HMI, IoT, PID

Índice de Contenido

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	I
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	III
Agradecimiento	IV
Agradecimiento	V
Resumen.....	VI
Abstract.....	VIII
Índice de Contenido	X
Índice de Figuras.....	XII
Índice de Tablas	XIV
Índice de Ecuaciones	XIV
INTRODUCCIÓN	1
PROBLEMA	2
Antecedentes	2
Importancia y alcances	3
Delimitación del problema.....	3
Temporal	3
Geográfica	3
Académica	3
OBJETIVOS	5
Objetivo General	5
Objetivos Específicos.....	5
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	6
Oxígeno disuelto en el agua y su importancia en la calidad	6
Solubilidad del Oxígeno en el Agua	6
Factores que Afectan el Oxígeno Disuelto	6
Impacto del Oxígeno Disuelto (OD) en los Ecosistemas Acuáticos	6
PLC S7 - 1500	8
La IOT y su impacto en la industria.....	10
Siemens IOT2040	10
IoT Gateway: El Enlace entre la Planta y la Nube.....	11
Divisor de voltaje.....	12
PID Compact.....	13

Conceptos Claves	13
Aplicaciones	14
Eficiencia en aireación de piscinas de camarón	14
Comparativa entre aireadores eléctricos y aireadores diésel	15
Comparación de Consumo Energético	15
Aireadores Rotativos	17
Aireadores Eléctricos	18
MARCO METODOLÓGICO	20
Descripción del prototipo.....	20
Estudio y análisis del sistema y proceso de aireación en piscinas camaroneras.	21
Diseño de la estructura que realizará el control y monitoreo de los niveles de oxigenación.....	22
Creación de las variables en el programa que realizará el control de los procesos para la aireación de la piscina.	27
Conexión y cableado de las entradas físicas en el módulo de la Universidad Politécnica Salesiana.	29
Programación del sistema, desarrollo e implementación de las variables encargadas del control y muestreo mediante la IoT al Node-Red.....	30
Salida de tren de pulsos	30
Normalizado y escalado de la salida Output PID	31
LSIM con ecuación de primer orden	32
Setpoint de salida desde HMI	32
Contador para el setpoint	33
Indicadores de nivel de oxígeno	33
Animaciones	34
Proceso de llenado y vaciado de tanques	35
Selector manual y automático:	37
Variables Node-Red:	37
Configuración del Node-Red para el monitoreo de los procesos y valores mediante la red	38
Pruebas de la programación y el control que se ejecute según variable de oxígeno, además del monitoreo mediante un dispositivo conectado a la red	39
RESULTADOS.....	44
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	52

PRESUPUESTO	54
CONCLUSIONES.....	55
RECOMENDACIONES	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXOS	59

Índice de Figuras

Figura 1 Relación entre la temperatura y el oxígeno disuelto.....	8
Figura 2 PLC S7 - 1500.....	9
Figura 3 SIMATIC IOT 2040.....	11
Figura 4 Principales mercados del crustáceo	15
Figura 5 Aireadores rotativos.....	18
Figura 6 Aireador eléctrico de paleta	19
Figura 7 Diagrama de bloques de las fases del proceso de creación del sistema para el control de oxigenación	21
Figura 8 Marcha y paro con enclavamiento.....	22
Figura 9 Network para el contador del setpoint	23
Figura 10 Interfaz principal	24
Figura 11 Segunda interfaz para el control y monitoreo	25
Figura 12 Gráfica del oxígeno, setpoint y los pulsos.....	25
Figura 13 Tercer interfaz que muestra el proceso de aireación	26
Figura 14 Llenado y vaciado de la piscina	27
Figura 15 Variables creadas para el HMI	28
Figura 16 Variables creadas para el PLC.....	28
Figura 17 Conexión general en el módulo de prácticas	29
Figura 18 Uso de las botoneras para las entradas físicas creadas en el PLC.....	30
Figura 19 Tren de pulsos	31
Figura 20 Normalizado y Escalado	31
Figura 21 LSIM con ecuación de primer orden	32
Figura 22 Duplicado de variable	32
Figura 23 Entrada para la modificación de valores	33
Figura 24 Indicadores de nivel de oxígeno	34
Figura 25 Sección para dar animación al tanque	34
Figura 26 Inicio de la estructura para control de niveles	35
Figura 27 Estructura para el llenado.....	36
Figura 28 Estructura para el vaciado	36
Figura 29 Entradas y salidas para el control con enclavamiento	37
Figura 30 Variables para el Node-Red	38
Figura 31 Sistema de monitoreo en Node-Red	39
Figura 32 Tarjeta Triac AC Dimmer	40
Figura 33 Alimentación del circuito.....	41
Figura 34 Difusor y bomba de aire	42
Figura 35 Uso del tunning para los valores del PID.....	43

Figura 36 Circuito divisor de tensión	44
Figura 37 Estabilización del sistema	45
Figura 38 Valores para P, I, D	45
Figura 39 Setpoint con valor de 2	46
Figura 40 Setpoint con valor de 4	47
Figura 41 Setpoint de valor 6	47
Figura 42 Setpoint de valor 8	48
Figura 43 Bloque PID de la bomba	48
Figura 44 Dirección IP del PLC	49
Figura 45 Asignación de la dirección IP	50
Figura 46 Gráficos para el monitoreo del proceso	50
Figura 47 Prueba de conexión mediante la IoT	59
Figura 48 Prueba de funcionamiento en otro dispositivo	60
Figura 49 Prueba de funcionamiento en otro dispositivo	61

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Tabla de Solubilidad del Oxígeno en Agua Dulce (760 mmHg)</i>	7
Tabla 2 <i>Comparativa entre el consumo del aireador eléctrico y a diésel</i>	16
Tabla 3 <i>Cronograma</i>	52
Tabla 4. <i>Tabla de presupuesto</i>	54

Índice de Ecuaciones

(1). <i>Divisor de voltaje</i>	13
---------------------------------------	----

INTRODUCCIÓN

En el contexto de la Automatización Industrial y la supervisión de procesos, el presente proyecto que se centra en la creación de un sistema automatizado que utiliza tecnologías modernas de IoT para la mejora del control y monitoreo del nivel de oxígeno de una piscina camaronera. El objetivo principal es el diseño de la programación en los módulos PLC de Siemens S7 1500, que se encuentra en el Laboratorio de Automatización Industrial I, para la generación y regulación una señal PWM hacia una bomba de aire y el monitoreo en tiempo real en un servidor. Para ello, se emplea herramientas de software para el diseño y control, mediante la implementación de Node-RED para la creación de una interfaz de usuario intuitiva y que muestre los datos obtenidos en el proceso. El PLC S7 1500 actúa como maestro en todo el desarrollo del procesamiento, con sensores para medir el oxígeno disuelto, y entradas digitales para el control del proceso.

Para el desarrollo de este prototipo, se aplicará una metodología inductiva, experimental y sistemática para implementación de la comunicación entre el PLC y el sensor de oxígeno mediante una interfaz Humano-Máquina y recopile esos datos obtenidos para transmitirlos a un HMI donde me permite interactuar con el proceso de aireación y transmitirlo a una nube para poder visualizarlo en otros dispositivos. La metodología inductiva implica poner a prueba conocimientos previos en automatización, programación y electrónica. La metodología experimental consiste en realizar pruebas en el laboratorio para verificar la eficiencia del controlador en este caso el PLC. Por último, la metodología sistemática implica poner a prueba el funcionamiento del Arduino con el sensor de oxígeno y la realización del software, utilizando dos programas para crear el algoritmo.

El resultado final es un sistema de control que combina soluciones modernas de automatización y conectividad orientado a resolver problemas de comunicación. De esta manera, no solo se optimiza el funcionamiento de la bomba de aire, aunque también se contribuye en su desarrollo de tecnologías mucho más eficientes, sostenibles y adaptadas a las demandas de la industria 4.0. Este trabajo contribuye al avance de la tecnología, promoviendo practicas más actuales a los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana.

PROBLEMA

Antecedentes

En la actualidad, las industrias acuícolas se centran en la calidad del agua donde se encuentran las criaturas marinas destinadas a la exportación, como ocurre con una piscina camaronera (Claude E. Boyd, 2022).

Para controlar la calidad del agua, se miden que los niveles de oxígeno sean adecuados para estas criaturas. El nivel óptimo de oxígeno disuelto para el cultivo de camarones se encuentra entre 4 y 7 mg/L, por lo que se depende de un sensor que indique el nivel de oxígeno disuelto (Dubraska, 2023).

Algunas camaroneras que utilizan los métodos tradicionales empleados para oxigenar el agua de estas piscinas suelen carecer de un sistema automatizado y capacidades para un monitoreo remoto, lo que incrementa los riesgos asociados a la variabilidad de las condiciones ambientales y la dependencia del manejo manual. Esta situación puede llevar a una disminución en la producción, pérdidas económicas y un uso ineficiente de los recursos energéticos. (Claude E. Boyd, 2020)

En el Laboratorio de Automatización Industrial I se encuentran los módulos didácticos donde están los equipos disponibles para armar un control de difusor de aire para la oxigenación del agua. Un análisis del Repositorio Académico de la Universidad Politécnica Salesiana revela la ausencia de trabajos de titulación de un control automatizado que permita controlar el nivel de oxígeno disuelto mediante un sensor en el agua, ni de la posibilidad de realizar un monitoreo remoto. Esto representa una oportunidad para desarrollar un proyecto innovador que no solo aporte al sector acuícola, sino que también enriquezca el conocimiento de docentes y alumnos de la Universidad Politécnica Salesiana, sirviendo como referencia y guía para futuros estudiantes interesados en la automatización de procesos en el ámbito acuícola.

Importancia y alcances

La importancia del siguiente proyecto es permitirle a un estudiante de la Universidad Politécnica Salesiana, conocer el proceso y control por el cual, pasa la aireación de una piscina, en este caso, una piscina camaronera. Además de poder acceder a realizar estudios y pruebas con las que se obtendrán distintos resultados, con los que se podrían mejorar el sistema que usa un aireador.

El proporcionará al estudiante un mayor soporte con el aprendizaje de la automatización en el sector industrial, aprendiendo y compartiendo lo ya conocido con la constante práctica en el prototipo.

Delimitación del problema

Temporal

Este proyecto, se realizó en un periodo de 4 meses, en este tiempo se realiza el prototipo y las pruebas correspondientes del mismo.

Geográfica

El estudio está basado en el proceso que se usa en la aireación de piscinas mediante una bomba de aire, teniendo un enfoque en las industrias camaroneras como Omarsa Lotización Industrial Al Río Solar 3, Durán, Ecuador.

Académica

El siguiente proyecto permite enlazar los conocimientos adquiridos en Automatización Industrial incluyendo a su vez la IoT para el control y monitoreo de uno o varios procesos que serán necesarios para una buena acuicultura, al desarrollar un sistema automatizado mediante la programación de un PLC en el cual se almacena todos los comandos para el funcionamiento del sistema, cuenta con la implementación de un sensor de oxígeno en el agua el cual me indicará el porcentaje de oxigenación en la que se encuentra el agua, mandando a activar como desactivar diversas variables que se ejecutarán de forma independiente o

aleatorio, toda esta ejecución dependiendo de los valores y condiciones que se arrojen en los proceso que se realicen. Además, recolecta datos necesarios para la automatización de la oxigenación, ya que, dependiendo de los datos almacenados de las condiciones del agua el sistema se ejecutará de acuerdo con las variables y constantes introducidas en el HMI.

OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar e implementar el proceso de una máquina aireadora que se utiliza en una piscina camaronera para aumentar el oxígeno disuelto en el agua mediante la programación en un PLC, la diagramación del proceso en HMI y la transmisión de los datos mediante un módulo IoT.

Objetivos Específicos

- Diseñar la estructura de la programación que se implementará en el PLC.
- Diseñar la estructura de las pantallas del proceso en el HMI.
- Realizar la programación del proceso de aireación en el PLC.
- Realizar la programación de las pantallas del proceso en el HMI.
- Realizar la configuración del módulo IoT para la transmisión de datos obtenidos en el proceso.
- Implementar el diseño en un módulo del Laboratorio de Automatización Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil.

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

Oxígeno disuelto en el agua y su importancia en la calidad

El oxígeno disuelto (OD) es un factor crucial para la vida acuática, ya que todos los organismos acuáticos dependen de su disponibilidad. Sin embargo, estos organismos pueden sobrevivir con una cantidad de oxígeno menor en comparación con los organismos terrestres.

Solubilidad del Oxígeno en el Agua

La solubilidad del oxígeno en agua dulce varía en función de la temperatura y la presión. A 0 °C, la solubilidad alcanza aproximadamente 14.6 mg/L, mientras que a 35 °C se reduce a 7 mg/L, bajo una presión de 760 mmHg. Esta relación está determinada por la ley de Henry, que describe el equilibrio entre la presión parcial del oxígeno atmosférico y su concentración en el agua (Whitman).

Factores que Afectan el Oxígeno Disuelto

Diversos factores influyen en la cantidad de oxígeno disuelto en el agua:

- Temperatura: A menor temperatura, mayor solubilidad del oxígeno.
- Presión: A mayor altitud, la presión atmosférica disminuye, reduciendo la solubilidad del oxígeno.
- Salinidad: El agua dulce puede contener más oxígeno que el agua salada debido a su menor concentración de sales.

Impacto del Oxígeno Disuelto (OD) en los Ecosistemas Acuáticos

El contenido de OD puede disminuir significativamente debido a la respiración de los organismos, especialmente la actividad microbiana en la degradación de materia orgánica. Niveles bajos de OD pueden provocar hipoxia, afectando la biodiversidad y causando la muerte de peces y otros organismos acuáticos. Por el contrario, niveles adecuados de OD favorecen ecosistemas acuáticos saludables y equilibrados.

A continuación, en la Tabla 1, se logra observar una comparativa entre la solubilidad del oxígeno disuelto y la temperatura del agua (INDUSTRIAPEDIA, 2024).

Tabla 1

Tabla de Solubilidad del Oxígeno en Agua Dulce (760 mmHg)

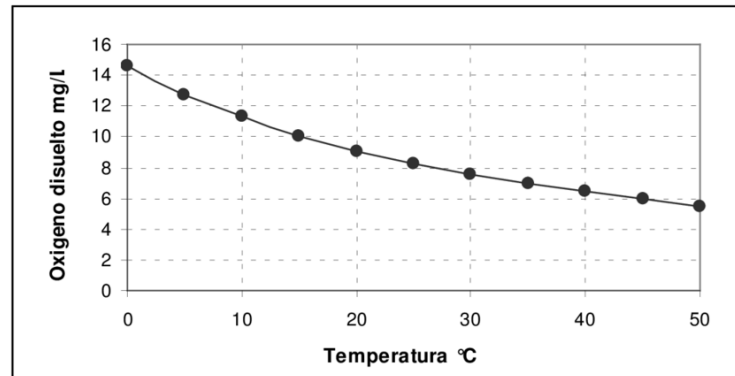
Temperatura (°C)	Solubilidad de OD (mg/L)
0	14.6
5	12.8
10	11.3
15	10.1
20	9.1
25	8.3
30	7.6
35	7.0

Nota. Esta información es clave para la gestión de cuerpos de agua, asegurando que los niveles de oxígeno sean adecuados para la vida acuática (INDUSTRIAPEDIA, 2024).

Teniendo en cuenta los datos de la tabla anterior, se logra visualizar en la siguiente Figura 1, una gráfica donde se muestra a detalle la relación que tienen ambos datos.

Figura 1

Relación entre la temperatura y el oxígeno disuelto.



Nota. Entre mayor sea la temperatura, menor será el oxígeno que se encuentre en el agua (Millán, 2008).

PLC S7 - 1500

El controlador, marca Siemens, de la serie SIMATICS S7-1500 destaca por su flexibilidad y potencia, lo que se convierte en una respuesta ideal para la gestión diversos dispositivos en aplicaciones de automatización. Dicho dispositivo es el ideal para el control de distintas necesidades que conllevan a la automatización, sistematización de varios procesos al mismo tiempo y el extenso conjunto de instrucciones que lleva implementado. (SIEMENS AG, 2018)

Los Controladores Lógicos Programables, como se muestra en la Figura 1 siguiente, fueron creados con el propósito de controlar y monitorear todos los procesos y maquinarias industriales, mediante la automatización. Tienen la capacidad de trabajar de forma autónoma, optimizando tiempos y recursos de manera inteligente en los procesos. Este sistema, mostrado a continuación en la Figura 1, cuenta con una memoria programable, la cual tiene la posibilidad de almacenar varias instrucciones para el control de distintas funciones en base a la información recibida.

Figura 2

PLC S7 - 1500



Nota. Dispositivo usado para hacer la programación (PLCHMIS, 2022)

Las máquinas modernas suelen utilizar varios accionamientos, lo que genera necesidades más complejas en el control de movimiento. El SIMATIC S7-1500, con su eficiente control de movimiento, es capaz de gestionar estos conceptos de máquinas flexibles, fundamentales para la producción personalizada en lotes unitarios.

En lo que conlleva la Cuarta Revolución Industrial, caracterizada por fábricas enlazadas y apoyada en datos, está en pleno desarrollo. La optimización de productos y el nivel de los mismo son aspectos clave y cada vez más soportados por componentes que implementan una inteligencia artificial, identificando oportunidades de mejora. Para garantizar un funcionamiento eficiente, la estandarización es fundamental. En este sentido, el SIMATIC S7-1500 permite una amplia comunicación para el acceso a los datos mediante el estándar OPC UA, facilitando la integración vertical.

Las líneas de producción que incorporan sistemas de control, manipulación, y aplicaciones robóticas necesitan soluciones de cinemáticas avanzadas de tres hasta seis ejes. Para estos casos, el SIMATIC S7-1500 ofrece una función de trazado cinemático intuitiva y fácil de usar (SIEMENS, 2023).

La IOT y su impacto en la industria

La IOT o el Internet de las Cosas (Inthernet Of Things) produce un enlace entre el mundo físico y digital dándole varios servicios que realzan a la industria 4.0, integrando sensores inalámbricos, computación en la nube y big data en la manufactura. Todo esto concede cierto control, a tal punto de ser eficiente para las máquinas y procesos, compartiendo las estrategias y sumando la productividad

Cabe recalcar que, muchas empresas aún no entienden por completo cómo es la Industria 4.0, lo que genera incertidumbre y desconfianza. Aunque el IoT ofrece ventajas tales como mayor eficiencia y además de una competitividad. Se han elaborado estudios sobre cómo su impacto afecta a la sostenibilidad, el desarrollo de productos y la gestión estratégica, a pesar de eso, sigue existiendo una brecha en la medición de su impacto en la manufactura.

Este artículo destaca a la IOT en su papel con la automatización, la interconectividad digital y el uso de tecnologías avanzadas. La digitalización ha permitido la evolución de fábricas que optimizan procesos mediante análisis de datos, mantenimiento predictivo y la gestión de los activos, generando mayor eficiencia y disminuyendo los tiempos del paro de la actividad (Tahera Kalsoom, 2021).

Siemens IOT2040

La evolución de la Industria 4.0, IoT e IloT (Internet of Things e Industrial Internet of Things) ha impulsado el crecimiento de varias empresas que dan y requieren servicios en la nube para la Automatización Industrial. Debido a su modelo inspirado en economías de gran volumen, los costos para los usuarios tienen una rebaja significativa.

Sin embargo, para que estos servicios funcionen de manera adecuada, es esencial y fundamental la recopilación de datos de los procesos de las plantas industriales. Por motivos de las limitaciones de seguridad y conectividad, los dispositivos que controlan la planta no tienen una conexión directa al Internet. Debido a eso, se

requiere un agente en sitio que actúe como un intermediario en la recopilación y transmisión de datos a la nube. A continuación, se presenta una Figura 2 de la IOT2040.

Figura 3

SIMATIC IOT 2040



Nota. Diseñado para obtener datos de dispositivos industriales (UNATRO, 2022)

IoT Gateway: El Enlace entre la Planta y la Nube

Un IoT Gateway es un software o hardware diseñado para obtener datos de dispositivos industriales como sensores, PLCs, controladores, medidores de potencia, DCS, bases de datos, SCADAs, HMIs y RTUs. Luego, convierte esta información en protocolos compatibles con la nube, como REST, MQTT u OPC UA, para su integración con plataformas como Amazon IoT (AWS), Azure IoT o Google Cloud.

vNode Automation IoT Gateway es una solución que facilita esta conectividad en un entorno de un solo núcleo, permitiendo el tratamiento y la rápida entrega de datos a múltiples aplicaciones o sistemas en la nube, optimizando la Automatización Industrial (vNode, 2025).

Divisor de voltaje

Un divisor de voltaje se comprende por un circuito eléctrico conformado por dos impedancias en serie, cuya función es generar un voltaje de salida simétrica al voltaje de entrada. Es usado ampliamente en circuitos electrónicos, sensores y actuadores, cuando se requiere reducir el voltaje entrante por la fuente original a un nivel en específico.

Con la corriente continua (DC), el divisor de voltaje puede componerse de resistencias, en cuyo caso se llama divisor de voltaje resistivo. Pero, con la corriente alterna (AC), en lugar de resistencias puras se podría realizar el uso de impedancias, las cuales combinan una parte resistiva y una parte reactiva.

Dependiendo del tipo de impedancia utilizada, se pueden encontrar diferentes tipos de divisores de voltaje:

- Divisor de voltaje resistivo: Se forma cuando ambas impedancias son puramente resistivas.
- Divisor de voltaje capacitivo: Se da cuando las impedancias son puramente capacitivas, lo que permite dividir el voltaje de acuerdo con la reactancia capacitiva de los condensadores.
- Divisor de voltaje inductivo: Ocurre cuando las impedancias son puramente inductivas, aprovechando la reactancia inductiva de las bobinas para distribuir la tensión.
- Divisor de voltaje generalizado: En algunos casos, se pueden combinar resistencias, inductancias y capacitancias para crear divisores de voltaje más complejos, utilizados en aplicaciones de filtrado, adaptación de impedancias y circuitos de control de señal.

Estos circuitos son primordiales en el diseño de sistemas eléctricos y electrónicos, permitiendo el adecuado ajuste de tensiones en múltiples aplicaciones industriales y tecnológicas.

La fórmula del divisor de voltaje se muestra en la Ecuación 1 (Academia Balderix, 2023).

$$V_{salida} = V_{entrada} * \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

Donde:

V_{salida} voltaje de salida.

$V_{Entrada}$ voltaje de entrada.

R_1 resistencia colocada antes del voltaje de salida.

R_2 resistencia colocada después del voltaje de salida.

PID Compact

El documento "PID control with PID_Compact" de Siemens proporciona una guía a detalle sobre cómo es la configuración e implementación del bloque PID_Compact en los controladores SIMATIC S7-1200 y 1500 dentro del entorno de TIA Portal. Este bloque es una solución eficiente para la configuración de variables de proceso en aplicaciones industriales, permitiendo un preciso control.

Conceptos Claves

Para realizar una implementación adecuada, es muy importante comprender ciertos conceptos claves relacionados con el control PID y su aplicación en procesos industriales.

Se estudia la respuesta del sistema ante cambios en la entrada, incluyendo la respuesta al escalón, el tiempo de retardo y el tiempo de compensación, aspectos esenciales para definir una estrategia de control eficiente.

El bloque PID_Compact permite ajustar los valores de P (Proporcional), I (Integral) y D (Derivativo) para optimizar la respuesta del sistema. La acción proporcional

corrige el error de forma inmediata, la integral elimina errores persistentes y la derivativa minimiza oscilaciones y mejora la estabilidad.

Para lograr un rendimiento óptimo del controlador, se recomienda un procedimiento de sintonización que puede ser manual o mediante la función de autotuning, la cual ajusta automáticamente los parámetros PID basándose en la dinámica del sistema.

Aplicaciones

Es ideal para una muy amplia gama de aplicaciones industriales donde se requiere un control preciso de sus variables, las cuales podrían ser de temperatura, presión, caudal, nivel y velocidad, entre otras.

Su integración en el controlador S7-1500 permite:

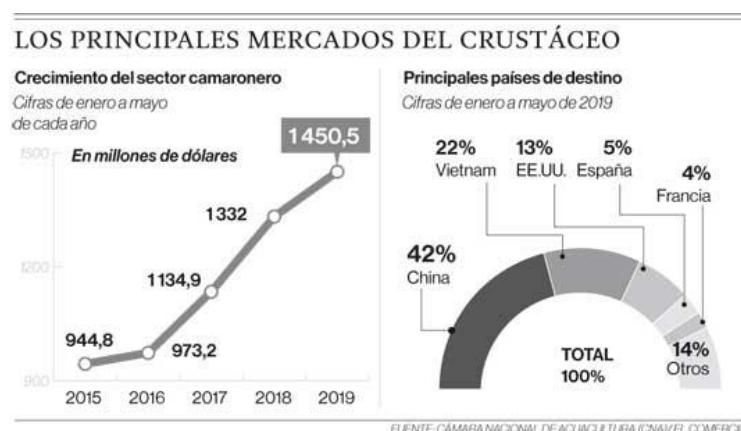
- Automatizar procesos industriales sin controladores externos.
- Tiempos de puesta mínimos en la marcha mediante una configuración intuitiva y funciones de ajuste automático.
- Optimizar los procesos minimizando desperdicios y mejorando la estabilidad de operación.
- Garantiza una mayor flexibilidad, condicionándose a varias condiciones y requerimientos en el ámbito industrial (Siemens).

Eficiencia en aireación de piscinas de camarón

La industria del camarón en Ecuador junto con el banano es una de las más importantes del país. Aunque aún no supera al petróleo en exportaciones, su impacto económico es significativo, generando emprendimientos y valores agregados que incluso superan a los generados por el sector petrolero en términos de volúmenes iguales. Sin embargo, esta dependencia del camarón conlleva riesgos económicos, especialmente por la alta concentración de exportaciones hacia China (42% en 2019) como se logra observar en la siguiente Figura 2, lo que hace necesario garantizar la sostenibilidad y competitividad de la industria (El Comercio, 2019).

Figura 4

Principales mercados del crustáceo



Nota. Se observa que del 100% en las estadísticas, China es el país con mayor destino según cifras de enero a mayo del 2019 (El Comercio, 2019).

Para mantener una industria saludable y competitiva, es fundamental implementar políticas de estado y técnicas de producción sostenibles que prevengan enfermedades y aumenten la productividad. Un enfoque clave es garantizar la calidad del agua en los cultivos, priorizando la disponibilidad de oxígeno disuelto, lo que favorece un ambiente saludable para el camarón.

Dado que la presión de los precios afecta los costos de producción, se vuelve crucial mejorar la eficiencia en todas las áreas, incluyendo la alimentación del camarón y el consumo energético (eléctrico o diésel). En este contexto, la eficiencia de los equipos de aireación juega un papel determinante (Ecudinatek, 2022).

Comparativa entre aireadores eléctricos y aireadores diésel

La primera distinción clave en los equipos de aireación es que la aireación directa con motores diésel (comúnmente equipos de 16 paletas con motor de 16HP) es menos eficiente que la eléctrica.

Comparación de Consumo Energético

1. Un aireador diésel de 16 paletas con un motor de 16HP consume 1HP por paleta.

2. Un aireador eléctrico de 8 paletas con un motor de 3HP consume solo 0.38HP por paleta (263% menos) (Ecudinatek, 2022).

A continuación, en la Tabla 2 se observa una comparativa de las características de los aireadores.

Tabla 2

Comparativa entre el consumo del aireador eléctrico y a diésel

Característica	Aireador Diésel	Aireador Eléctrico
Configuración Común	16 paletas con motor de 16 HP	8 paletas con motor de 3 HP
Consumo de Energía por Paleta	1 HP por paleta	0,375 HP por paleta
Eficiencia Energética	Menor eficiencia debido a motores pequeños sin turbocargador ni pos-enfriado	Mayor eficiencia; motores eléctricos convierten mejor la energía en movimiento
Consumo de Combustible/Energía	20 aireadores de 16 HP consumen aproximadamente 6 galones por hora (GPH) de diésel	Generador eléctrico de 100-120 kW para alimentar aireadores eléctricos consume alrededor de 3,5 GPH de diésel
Costo Operativo	Mayor, debido al alto consumo de combustible y mantenimiento frecuente	Menor, por consumo reducido de energía y menor mantenimiento
Impacto Ambiental	Emisiones de gases contaminantes y residuos de aceite	Menor impacto ambiental si la electricidad proviene de fuentes limpias
Mantenimiento	Requiere mantenimiento regular del motor de combustión interna	Mantenimiento generalmente menos intensivo y menos frecuente

Disponibilidad de Energía	Independiente de la red eléctrica, útil en áreas sin acceso a electricidad	Depende de la disponibilidad de suministro eléctrico; puede requerir inversión en infraestructura eléctrica adecuada
----------------------------------	--	--

Nota. Se logra observar las distintas características con las diferencias entre ambos aireadores (Claude E. Boyd, 2020).

A pesar de que en Ecuador se acostumbra a dimensionar los aireadores en función de la cantidad de HP por piscina, este método es impreciso. Para lograr eficiencia, el cálculo debe basarse en los kilogramos de oxígeno disuelto requeridos y la energía necesaria para alcanzarlos. Además, una distribución homogénea del oxígeno en toda la piscina, tanto en superficie como en profundidad, es esencial para optimizar el rendimiento de los aireadores (Claude E. Boyd, 2020).

Aireadores Rotativos

En Ecuador, se ha popularizado un tipo de aireador conocido como "rotativo", el cual gira sobre la superficie del agua alrededor de un eje fijo, impulsado por las paletas. Aunque en apariencia cubre un área más amplia, en realidad pierde mucha energía en su propio movimiento en lugar de optimizar la oxigenación del agua. Además, no genera una corriente uniforme a través de la piscina, lo que disminuye su eficiencia en comparación con los aireadores tradicionales, cuyo diseño original está pensado para desplazar el agua de manera efectiva y maximizar la transferencia de oxígeno.



Nota. Aireadores rotativos de eje fijo operando en piscinas (Ventasgp, 2023).

Aireadores Eléctricos

El principio básico en la transferencia de oxígeno del aire al agua depende de dos factores principales:

1. La interfaz entre el aire y el agua (superficie de contacto).
2. El tiempo de contacto entre ambos.

Otros factores como la saturación del medio, la concentración de oxígeno disuelto, la temperatura, la salinidad y la turbulencia también influyen, pero no se abordan en este análisis por su aplicabilidad general a todos los casos.

En el mercado existen diversas técnicas y modelos de aireadores eléctricos que han sido probados empíricamente a lo largo de los años. Estas técnicas incluyen:

- Sistemas Venturi instalados en bombas de agua.
- Rebombeo de agua con caída sobre tablones.
- Aspersión mediante cañones de riego o boquillas pulverizadoras.
- Inyección de oxígeno mediante mangueras con blowers.

A continuación, en la Figura 6, se observa un tipo de aireador eléctrico, conocido como aireador de paletas.

Figura
Aireador eléctrico de paleta

6



Nota. Aireadores eléctricos de paletas operando en piscinas de camarón (DePeru, 2025).

Aunque estas técnicas han sido ampliamente estudiadas, muchas han sido descartadas o solo se utilizan como medidas complementarias debido a su alto costo, baja eficiencia, dificultad de aplicación o problemas operativos. La eficiencia energética y la optimización del oxígeno disuelto siguen siendo los principales criterios para seleccionar el mejor sistema de aireación para las piscinas de camarón (Ecudinatek, 2022).

MARCO METODOLÓGICO

Descripción del prototipo

El prototipo de diseño e implementación de un sistema de oxigenación de una piscina camaronera con IoT para el control de las variables, dicho control será autónomo y manual usando sensores que le permite monitorear los niveles de oxígeno en la piscina ya que es algo muy indispensable el control de los niveles que reciben los camarones. Utiliza tecnología IoT para recopilar una cantidad de datos en tiempo real de la oxigenación del agua lo que le permite ajustar el trabajo que realiza la bomba aireadora al momento de enviar aire.

Para la creación, prueba y funcionamiento de este proyecto, se implementa una metodología inductiva, metodología experimental y metodología sistemática para diseñar y control del sistema. Cada una de ellas ayudando en distintos aspectos como el aporte de los conocimientos obtenido previamente en los estudios de las materias de Automatización Industrial I, Automatización Industrial II, y Teoría de Control. La experimental centrándose en las pruebas que se realicen hasta que el sistema demuestre el control óptimo de cada proceso a ejecutarse. Por último, la metodología sistemática implica la ejecución de cada prueba que se realiza para poder implementarlo en dichos procesos.

Elaboración del sistema para el control de oxígeno:

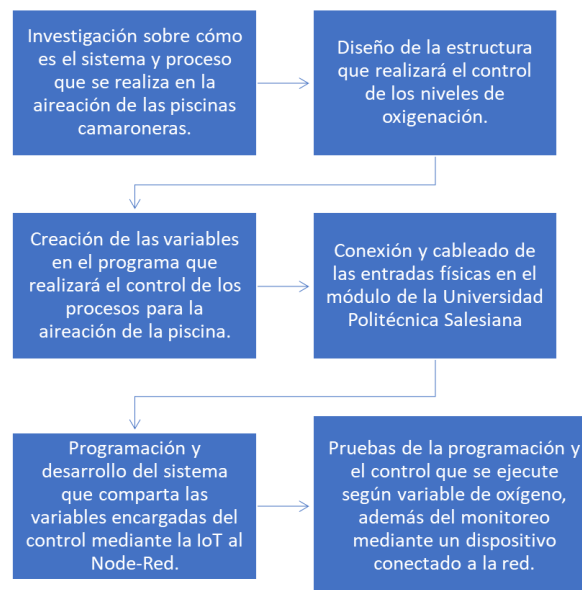
- Estudio y análisis del sistema y proceso de aireación en piscinas camaroneras.
- Diseño de la estructura que realizará el control y monitoreo de los niveles de oxigenación.
- Creación de las variables en el programa que realizará el control de los procesos para la aireación de la piscina.
- Conexión y cableado de las entradas físicas en el módulo de la Universidad Politécnica Salesiana.
- Programación del sistema, desarrollo e implementación de las variables encargadas del control y muestreo mediante la IoT al Node-Red.

- Pruebas de la programación y el control que se ejecute según variable de oxígeno, además del monitoreo mediante un dispositivo conectado a la red.

A continuación, en la Figura 3, se muestra el diagrama de bloque de cada una de las fases del proceso

Figura 7

Diagrama de bloques de las fases del proceso de creación del sistema para el control de oxigenación



Nota. Explica el paso a paso que se utiliza para la elaboración y puesta a prueba del sistema.

Estudio y análisis del sistema y proceso de aireación en piscinas camaroneras.

Para poder entender y recrear el proceso de aireación de una piscina camaronera se necesita saber cómo trabaja el sistema implementado en ella, debido a las variables que intervienen en su desarrollo.

La aireación en piscinas camaroneras es un proceso muy importante para garantizar los niveles óptimos de oxígeno disuelto en el agua, lo que implica al crecimiento y supervivencia de los camarones. Este sistema se implementa

mediante diferentes tecnologías y métodos que varían según el tamaño de la piscina, la densidad de cultivo y las condiciones ambientales.

Este análisis permite comprender lo fundamental que es implementar sistemas de aireación eficientes, configurados a las necesidades de cada unidad de producción, garantizando así un estado óptimo para el desarrollo eficiente de los camarones.

Diseño de la estructura que realizará el control y monitoreo de los niveles de oxigenación.

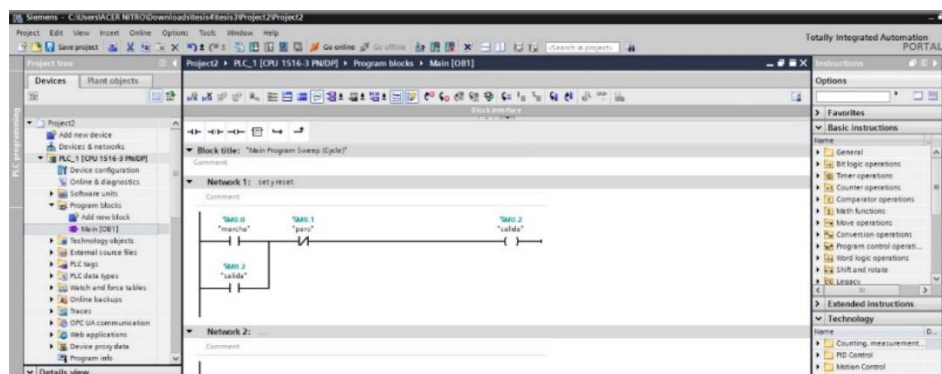
En esta etapa, después de lo estudiado se procede a realizar el diseño de cómo se ejecutará cada proceso según las variables introducidas como los setpoint del sensor, niveles de agua, encendido y apagado del sistema y la forma de trabajar, ya sea automática o manual.

Con la elaboración de esta etapa, ayuda a la creación de una programación estable desde el inicio para que, al momento de agregar múltiples variables al programa, no exista inconveniente alguno con el duplicado, se logre la identificación de distintas variables y un mejor manejo de las entradas y salidas que se necesiten en el proceso.

A continuación, se muestra la Figura 4 del diseño de la programación base con la que se forma la mayor parte de la programación en TIA Portal. Esta programación consta de la parte que servirá para el control general del sistema, como el encendido, apagado, manual, automático y el setpoint que usará para las pruebas de funcionamiento del programa.

Figura 8

Marcha y paro con enclavamiento

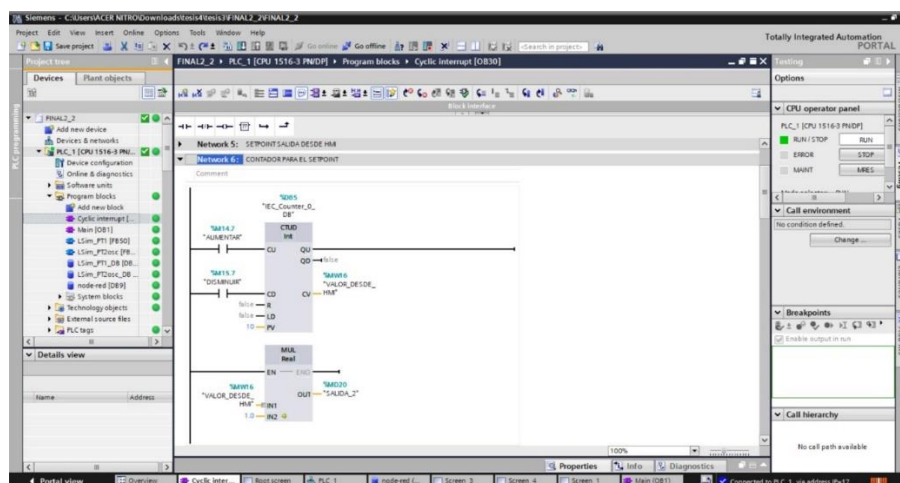


Nota. Inicios de la programación de la que se partirá para introducir diferentes condicionales.

En esta parte de la programación, en la Figura 5, se la realiza para las entradas condicionales que intervendrán en el apagado automático del proceso por si llegase a emerger una alerta. Según se avance en la programación, se adicionan diferentes variables que se necesiten a lo largo del proyecto las cuales se acondicionarán a la necesidad del proyecto, mismas que podrían ser el nivel de agua a la que la bomba de aire se encienda o se apague, así mismo, el oxígeno introducido en el agua dependiendo de los niveles que capte el sensor de oxígeno.

Figura 9

Network para el contador del setpoint



Nota. Contador usado para el control de los valores que se introducirán mediante el HMI.

Como consiguiente, a medida del avance y las necesidades del proyecto, se van creando más “Networks”, espacios para la creación de la programación en “Ladder” mediante el uso de distintos bloques, para poder abarcar cada condicionante y redireccionamiento del programa. Aquellas condiciones tendrán un rol indispensable sobre la ejecución de los procesos, cada una de ellas dará un soporte redirigiendo distintos valores a distintas entradas, para consiguiente generar distintas respuestas por parte del sistema.

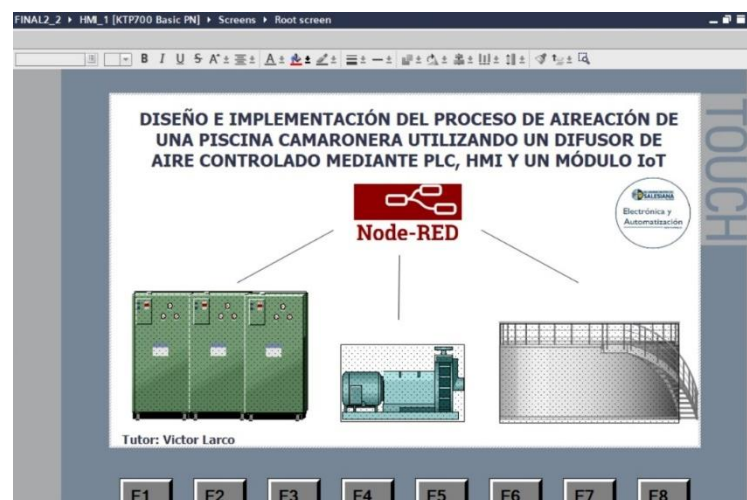
Para el monitoreo del sistema en ejecución se diseñan varias pantallas para el manejo y supervisión de cada proceso que se está realizando, de tal manera que se tenga un control total del oxígeno disuelto en el agua y de las correcciones o modificaciones que se deban hacer para el óptimo funcionamiento del proyecto.

A continuación, se muestran las imágenes 6, 7, 8, 9 y 10 de las pantallas que lleva el HMI.

Como primera pantalla, como se observa en la Figura 6, se puede visualizar la interfaz que el operador puede visualizar al maniobrar el HMI, observando tres entradas accesibles como el control, la bomba y la piscina.

Figura 10

Interfaz principal

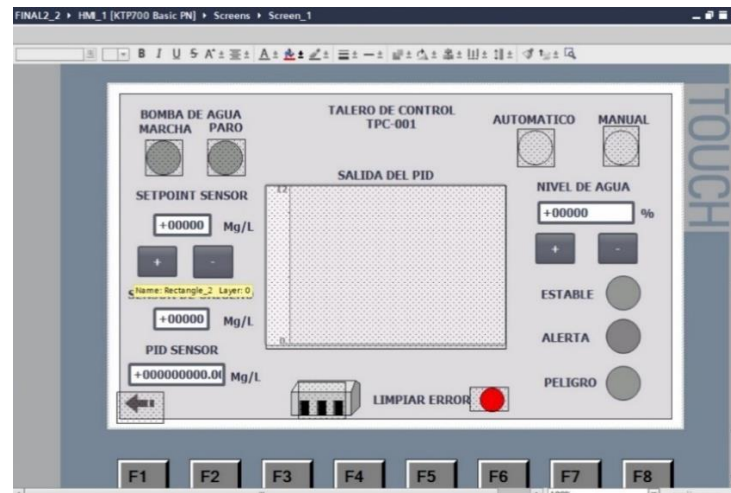


Nota. En la pantalla se tiene el título del proyecto y los tres espacios a los cuales se puede acceder a los procesos del sistema.

Como segunda pantalla, se logra observar en la Figura 7 un diseño del control principal de proceso de aireación y los setpoint que se podrán ir modificando a medida que se vaya requiriendo la edición de los valores que deberá llegar la bomba. Este diseño podrá ir cambiando de acuerdo con los requerimientos que sean necesarios o solicitados.

Figura 11

Segunda interfaz para el control y monitoreo

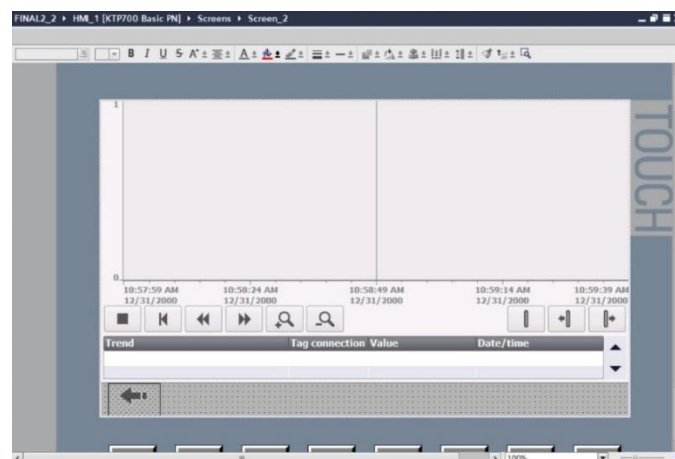


Nota. En esta pantalla se podrá visualizar las gráficas de los niveles de oxígeno y el setpoint.

La siguiente pantalla de la Figura 8 se podrá acceder mediante la pantalla de la Figura 7, donde se muestran las gráficas del oxígeno y la del setpoint, adicional se podrá observar el pulso que recibe la bomba proveniente del PWM.

Figura 12

Gráfica del oxígeno, setpoint y los pulsos



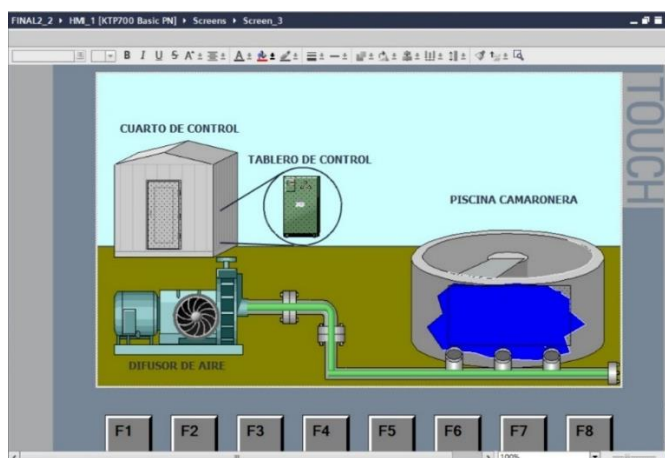
Nota. En esta pantalla se podrá observar con más detalle de tiempo lo que ocurre con el proceso de aireación

Como tercera pantalla, se puede observar en la Figura 9 lo que es el proceso de aireación en la piscina y el trabajo que realiza la bomba teniendo un indicativo en la bobina al momento de encenderse y enviar el aire a la piscina.

Figura

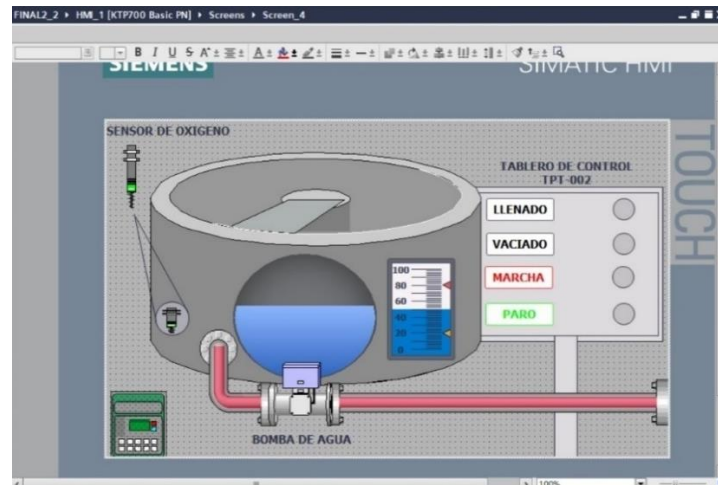
13

Tercer interfaz que muestra el proceso de aireación



Nota. Esta pantalla contiene indicadores que al momento de encenderse se muestran y simulan la aireación en la piscina.

Como cuarta y última pantalla, se observa en la Figura 10 lo que es el proceso de llenado y vaciado de la piscina, la marcha y el paro para que dicha piscina comience con dicho proceso, todo elegible por el usuario.

Llenado y vaciado de la piscina

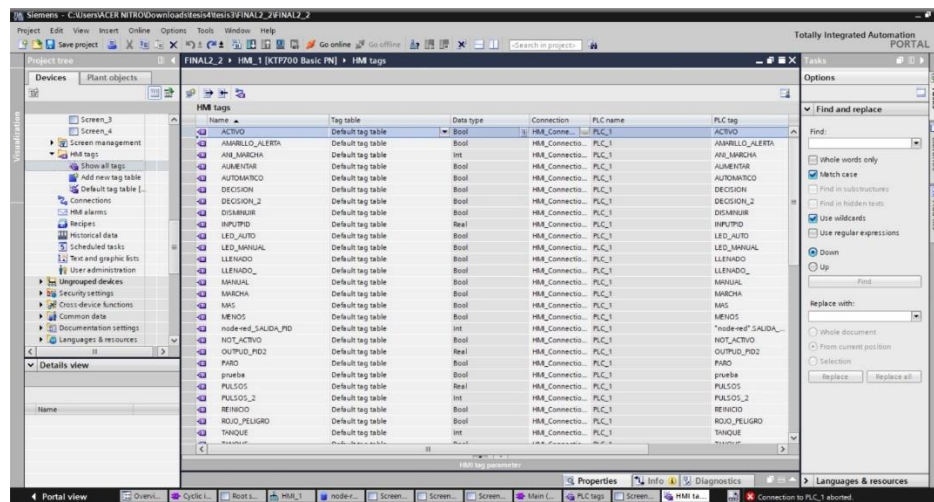
Nota. En esta pantalla se podrá tener el control del nivel de agua de la piscina, tanto del llenado como el vaciado.

Creación de las variables en el programa que realizará el control de los procesos para la aireación de la piscina.

Para esta etapa, se considerarán tanto las variables (tags) del PLC y las del HMI, todas ellas trabajando en conjunto para el muestreo y monitoreo del proceso durante la ejecución de programa. A su vez, permitirá la edición de las variables que funcionan como entradas para asignar diferentes valores, tanto al setpoint, al nivel del tanque, la marcha y paro, el redireccionamiento de las pantallas en el HMI y el automático y manual. A continuación, en la Figura 11, se muestran las variables usadas en la programación del del HMI.

Figura 15

Variables creadas para el HMI

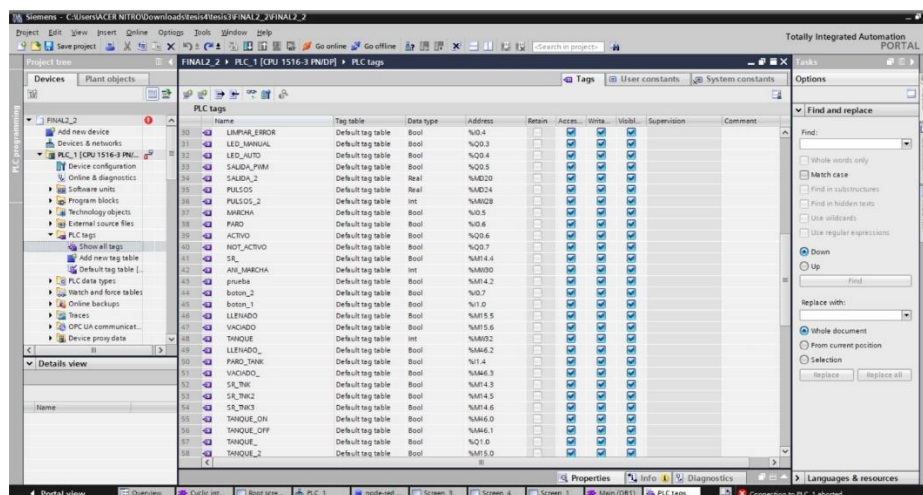


Nota. Cada variable deberá tener su propio formato, dependiendo de la necesidad en la que es usada dentro del HMI.

Así mismo, se muestran las variables para el PLC que se usarán para la programación y direccionamiento de los valores en la siguiente Figura 12.

Figura 16

Variables creadas para el PLC



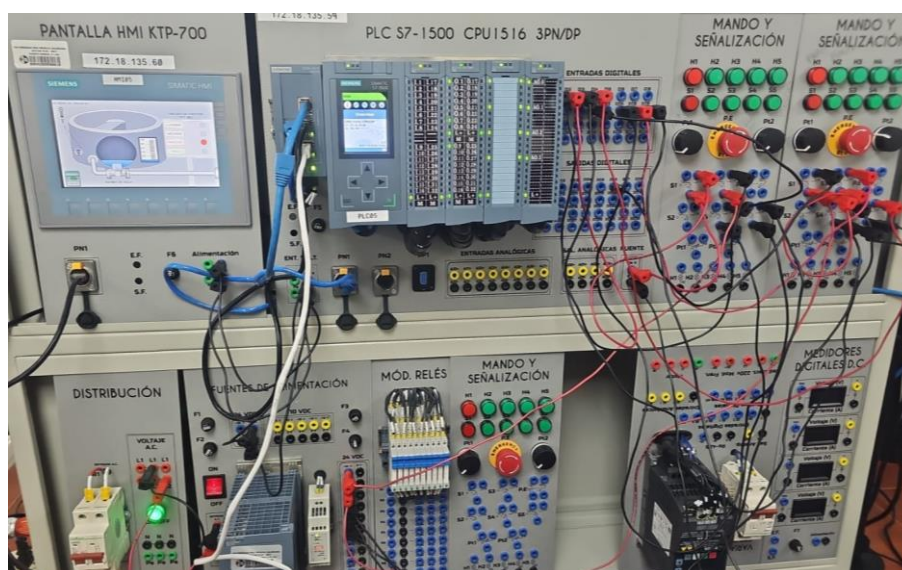
Nota. Cada variable deberá tener su propio formato, dependiendo de la necesidad en la que es usada en el PLC.

Conexión y cableado de las entradas físicas en el módulo de la Universidad Politécnica Salesiana.

Se realiza la conexión de las respectivas entradas y alimentación en el módulo utilizado para realizar la práctica, se toma como guía para realizar las conexiones, las entradas que se utiliza en las variables físicas del PLC como la I0.5 o la I0.6, por mencionar unas de ellas. Así mismo, validar las conexiones de los puertos RJ-45 encargados de la unión entre el HMI y el PLC, para que así tengan un enlace estable y continuo. Adicional a la conectividad con la computadora, como se observa en la Figura 13, para realizar la carga de la programación o cualquier otro cambio que se necesite realizar en ese mismo momento.

Figura 17

Conexión general en el módulo de prácticas

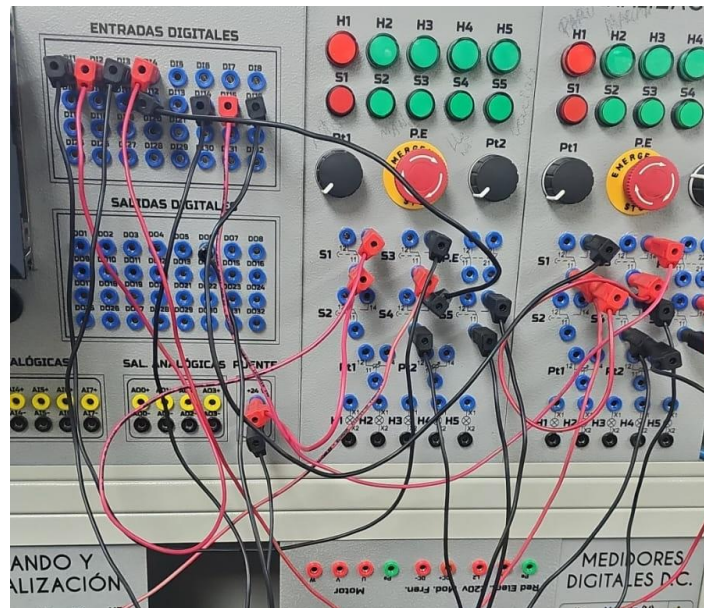


Nota. Realizada la conexión con las botoneras, el PLC, el HMI y la computadora en el módulo de práctica usado para las pruebas.

En la siguiente Figura 14, se presenta una sección del módulo en la que se visualiza gran parte de la conexión que se utiliza en el módulo de práctica.

Figura 18

Uso de las botoneras para las entradas físicas creadas en el PLC



Nota. Se realiza la conexión en las entradas de las botoneras.

Programación del sistema, desarrollo e implementación de las variables encargadas del control y muestreo mediante la IoT al Node-Red

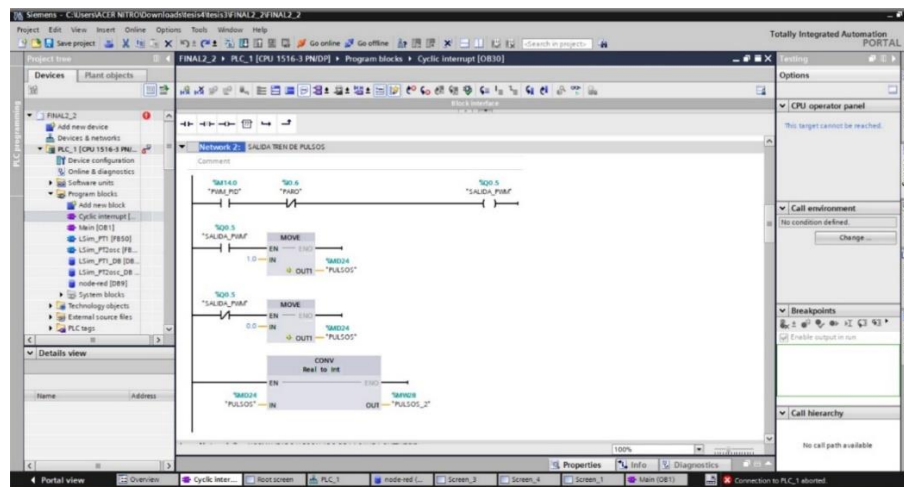
A continuación, se muestran los bloques y variables usados para la programación y el desarrollo del sistema de control y monitoreo de los procesos. Adicional a la creación y el desarrollo del enlace que se realiza en el Node-Red con las variables del PLC.

Salida de tren de pulsos

Esta sección del programa, como se observa en la Figura 15, es la encargada de generar los pulsos mediante un PWM, dicha configuración en el programa se ejecutará mediante el PID que controla la salida de la señal según los valores leídos, aplicando así un ancho del pulso corto o largo. Según esta salida, la bomba trabajará de manera continua o de manera pausada activándose cada cierto tiempo según el setpoint establecido desde el HMI.

Figura 19

Tren de pulsos



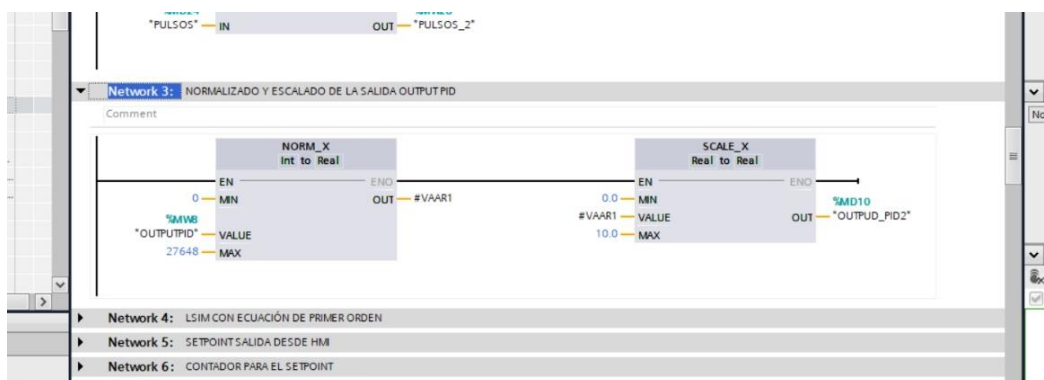
Nota. Se convierte la salida obtenida de los pulsos PWM de Real a una variable de formato Int para el uso de esos valores en otro proceso.

Normalizado y escalado de la salida Output PID

A continuación, se observa la Figura 16, donde se realiza el normalizado de la variable MW8 de estado Int y escalado de dicha variable con un valor entre el 0 y el 10. Dicho valor será una condicionante para el proceso del sistema de aireación.

Figura 20

Normalizado y Escalado



Nota. Se realiza el normalizado y escalado de la variable con la ayuda de los bloques NORM_X y SCALE_X

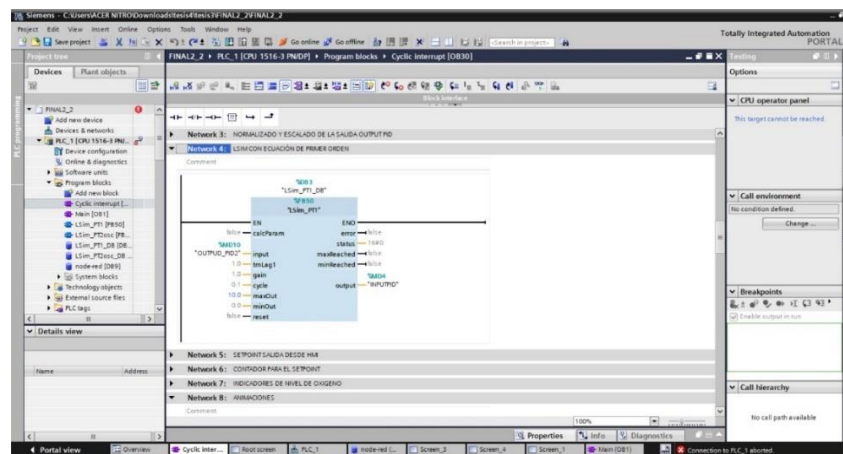
LSIM con ecuación de primer orden

Usado para ejecutar la simulación de un sensor de oxígeno real y así obtener valores muy parecidos al momento de realizar las mediciones.

Este bloque, como se observa en la Figura 17, proveniente de una librería externa de Siemens aporta con la simulación del sensor real, recopilando y mostrando valores semejantes a los de un simulador real.

Figura 21

LSIM con ecuación de primer orden



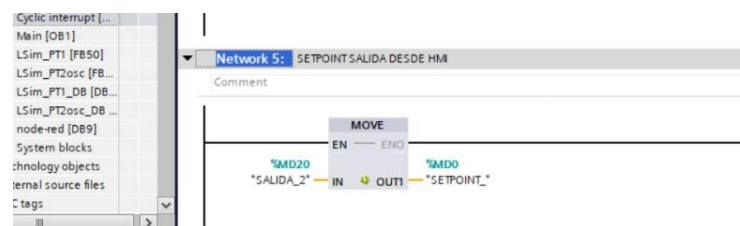
Nota. Mediante el LSIM se obtendrán resultados al momento de realizar las mediciones, lo más cercanas a un sensor real.

Setpoint de salida desde HMI

Se realiza el movido de la variable de la salida del setpoint hacia otra variable para hacer su uso en la configuración del HMI, como se observa en la Figura 18.

Figura 22

Duplicado de variable



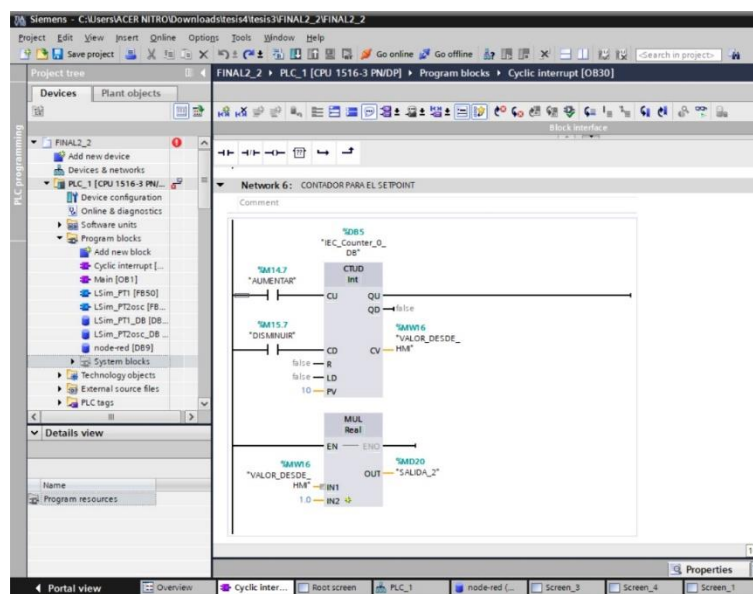
Nota. Se realiza el duplicado de la salida 2 hacia otra variable de nombre “Setpoint”

Contador para el setpoint

Permite asignar una entrada digital variable en el HMI, cuya entrada será para asignar un valor mediante el aumento o disminución, como se observa en la Figura 19.

Figura 23

Entrada para la modificación de valores



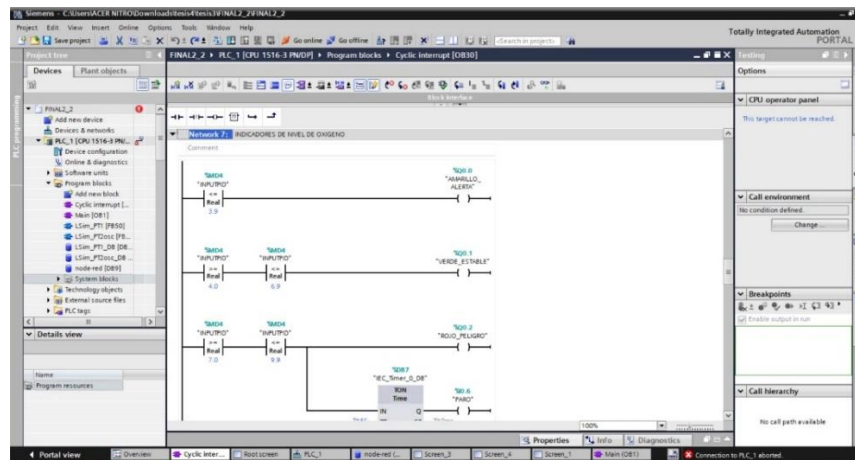
Nota. Mediante la asignación de dos entradas físicas, se programa dos para el aumento o disminución de dichas variables.

Indicadores de nivel de oxígeno

Mediante los valores obtenidos del LSIM se procede con la muestra de alertas mediante el uso de indicadores de alertas para informar sobre el estado del proceso por el cual se encuentra el sistema, como se observa en la Figura 20.

Figura 24

Indicadores de nivel de oxígeno



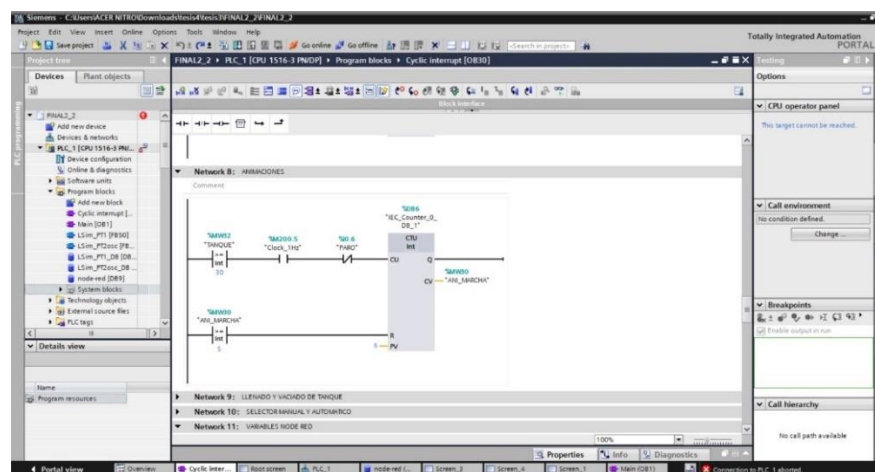
Nota. Mediante el uso de condiciones se habilitará el sistema de alertas para el monitoreo a profundidad de los niveles de oxígeno.

Animaciones

Se agrega una sección, como se observa en la figura21, exclusiva para la animación de los elementos ubicados en el tanque del HMI.

Figura 25

Sección para dar animación al tanque



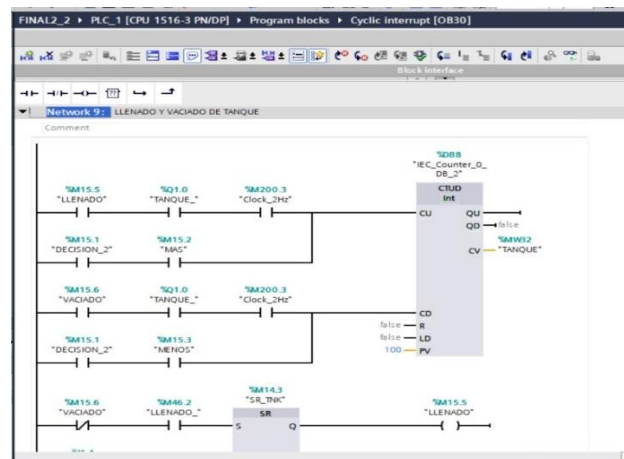
Nota. Se realiza una sección para darle una animación al tanque de agua para que cuando éste encienda, simulen la aparición de burbujas.

Proceso de llenado y vaciado de tanques

Para esta parte del llenado y vaciado del agua en los tanques se considera el llenado y vaciado de forma automática. De la misma manera, llevar el control de los niveles necesarios de agua que se requiera en el tanque. Adicional, tener límite establecido en un punto en el que la bomba comience o no a ejecutarse, de esta manera se evitará que la bomba de aire trabaje sin agua. A continuación, se observa en la Figura 22 el proceso.

Figura 26

Inicio de la estructura para control de niveles

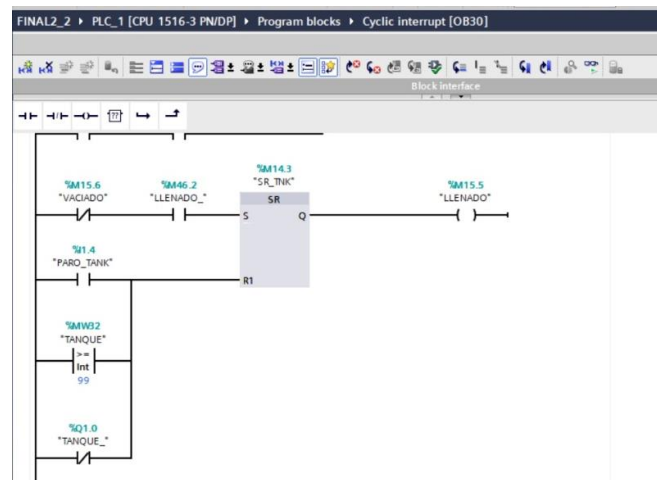


Nota. Se hace el uso de un bloque contador para un mejor monitoreo del agua

Esta parte del programa, como se observa en la Figura 23, ayuda con el llenado automático de la piscina, con condicionales para que, al llegar al nivel máximo de su capacidad, se detenga.

Figura 27

Estructura para el llenado

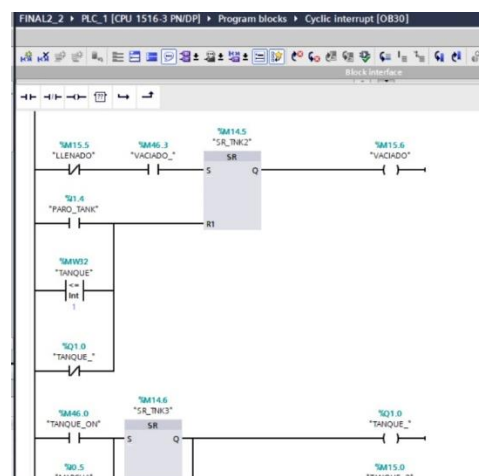


Nota. Se realiza el control para el llenado del agua, adjuntando un condicional límite para que no se rebose el agua.

De la misma manera, la siguiente parte del programa, como se observa en la Figura 24, ayuda con el vaciado automático de la piscina, con condicionales para que, al llegar al nivel mínimo de su capacidad, se detenga y la bomba no trabaje en vacío provocando fallas a futuro a dicha bomba.

Figura 28

Estructura para el vaciado



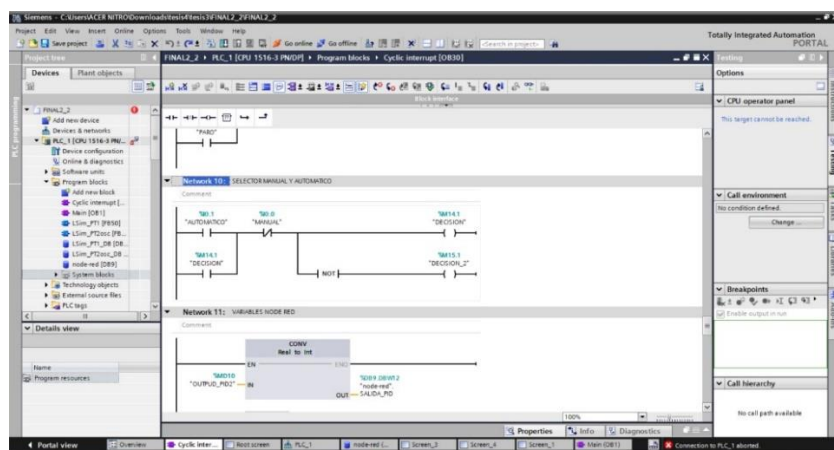
Nota. Se realiza el control para el vaciado del agua, adjuntando un condicional límite para que deje de sacar el agua.

Selector manual y automático:

Brinda el soporte de con el acceso al proyecto a un control y monitoreo de manera automática y manual, como se observa en la Figura 25. Dependiendo de las necesidades que se requieran al momento.

Figura 29

Entradas y salidas para el control con enclavamiento



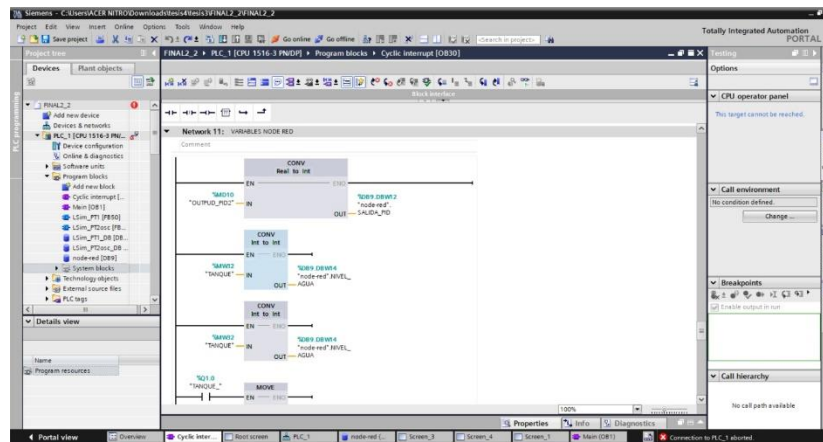
Nota. Por medio del uso de un enclavamiento, permitirá que el sistema quede funcionando hasta que se quite el enclavamiento.

Variables Node-Red:

Se encargan del envío de los datos a través de la IoT hacia la red, cambiando el formato de una variable, de real a int, para que su lectura en el aplicativo de Node-Red no tenga inconveniente alguno al momento de la muestra de la información. A continuación, se muestra en la Figura 26 la parte del código indicado anteriormente.

Figura 30

Variables para el Node-Red



Nota. Se procede con el cambio del formato de salida de resultados para el monitoreo en la red.

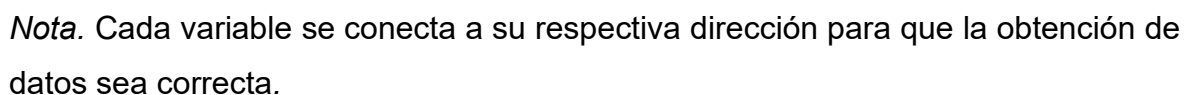
Configuración del Node-Red para el monitoreo de los procesos y valores mediante la red

Para la elaboración del sistema de monitoreo mediante el Node-Red, será enviando la información mediante la IoT implementada en el proyecto.

Para la toma de datos, se deberá establecer el estado de las variables, previamente visto, para que el software pueda hacer la lectura de dichos números mediante los bloques que brinda Node-Red, enlazando cada uno de ellos a su respectiva dirección para que, al momento de la verificación de datos en los gráficos, todos sean los requeridos y que estén ubicados de forma correcta en su gráfica. Adicional a esto, se debe hacer una interfaz que permita la visualización de forma cómoda y rápida.

A continuación, se observa en la Figura 27, el Node-Red.

Sistema de monitoreo en Node-Red



Para proceder con las respectivas pruebas se debe tener en cuenta la correcta conexión y el debido enlace de los dispositivos, como el PLC, HMI y el Node-Red. Además de las conexiones físicas verificadas de forma minuciosa, para evitar algún incidente con el módulo o con algún dispositivo electrónico.

39

Figura 32

Tarjeta Triac AC Dimmer

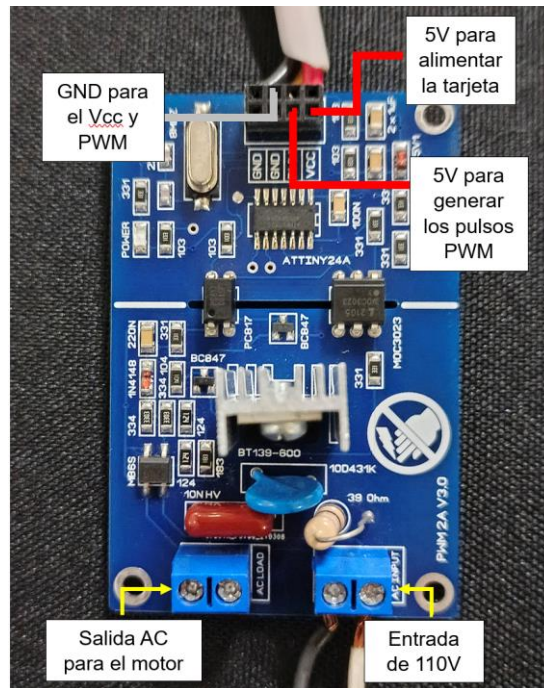


Nota. En el reverso de la tarjeta se puede observar las indicaciones que se deben tener en cuenta para la alimentación de esta misma.

Como se indicó con anterioridad, la tarjeta Triac AC Dimmer, necesitará dos fuentes de alimentación de 5V, para energizar la tarjeta y para el PWM, adicional los 110V para alimentar la bomba de aire, como se observa en la Figura 29.

Figura 33

Alimentación del circuito



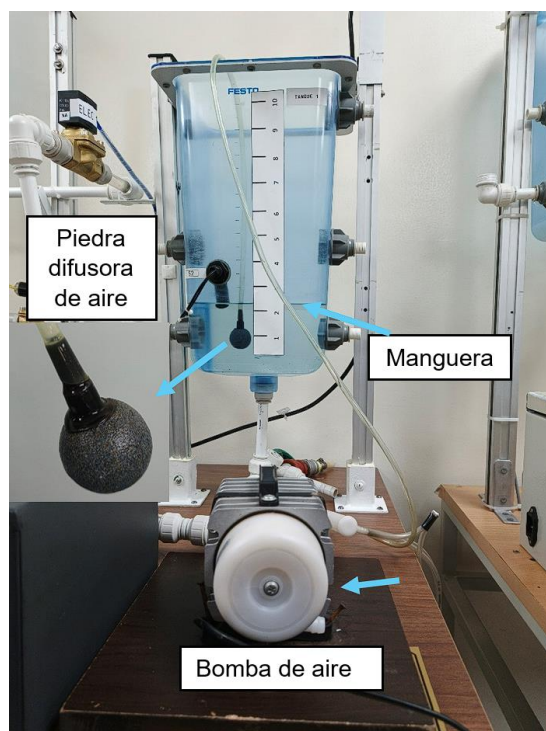
Nota. La fuente tomada para la alimentación de la tarjeta es realizada mediante una fuente de 5V, para el PWM es tomada de los 24V del módulo de práctica que pasa por el divisor de tensión y el 110V se lo toma directamente de un tomacorriente.

Una vez realizada las conexiones, se procede a instalar la bomba, alimentado desde la tarjeta, enviará el aire mediante una manguera que al final de ésta, se encuentra una piedra difusora de aire la cual permite que la manguera se quede en el agua y no esté flotando por encima. A su vez, dicha piedra ayuda con la dispersión del aire en todas las direcciones dentro del agua.

A continuación, se puede observar en la Figura 30 la bomba y la manguera con la piedra difusora de aire en el recipiente.

Figura 34

Difusor y bomba de aire



Nota. Se procede a tapar las demás salidas de aire que no se usan para un óptimo trabajo.

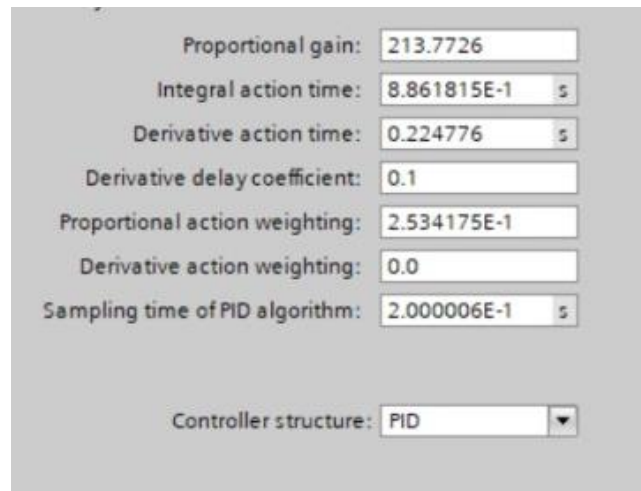
Una vez se tenga las conexiones y la instalación de los equipos que se deban usar, se procederá con la revisión del programa y los parámetros con los que se trabajarán en el PDI, de tal manera que el sistema trabaje de la forma más estable y óptima posible.

Para este proceso, el software de TIA Portal cuenta con una herramienta que brinda el soporte de proporcionar los valores para que el PID, de acuerdo con lo requerido que es la estabilización del proceso de la bomba, sean los más apropiados.

Al hacer uso de la herramienta mencionada anteriormente, como se observa en la Figura 31, da como resultado los siguientes valores para el PID.

Figura 35

Uso del tunning para los valores del PID.



The image shows a software interface for configuring a PID controller. It contains several input fields with numerical values and a dropdown menu. The values are as follows:

Parameter	Value	Unit
Proportional gain:	213.7726	
Integral action time:	8.861815E-1	s
Derivative action time:	0.224776	s
Derivative delay coefficient:	0.1	
Proportional action weighting:	2.534175E-1	
Derivative action weighting:	0.0	
Sampling time of PID algorithm:	2.000006E-1	s
Controller structure:	PID	

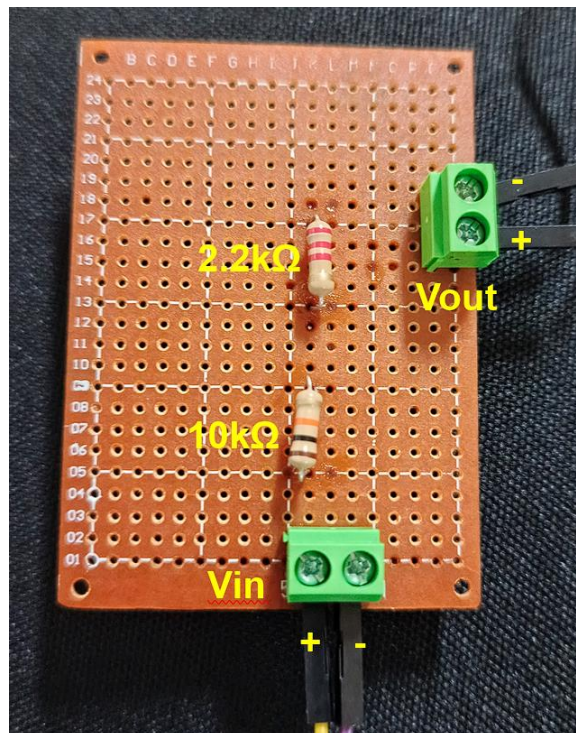
Nota. Los valores dados por el tunning para el PID, hace que el sistema sea más estable y eficiente.

RESULTADOS

Se realizó la implementación de un divisor de voltaje con la ayuda una baquelita, resistencias de 10kohm y 2.2kohm soldadas y para las conexiones de las entradas y las salidas se usan borneras dobles. Todos estos materiales soldados en la baquelita siguiendo el esquema de un divisor de tensión, como se observa en la Figura 32.

Figura 36

Circuito divisor de tensión

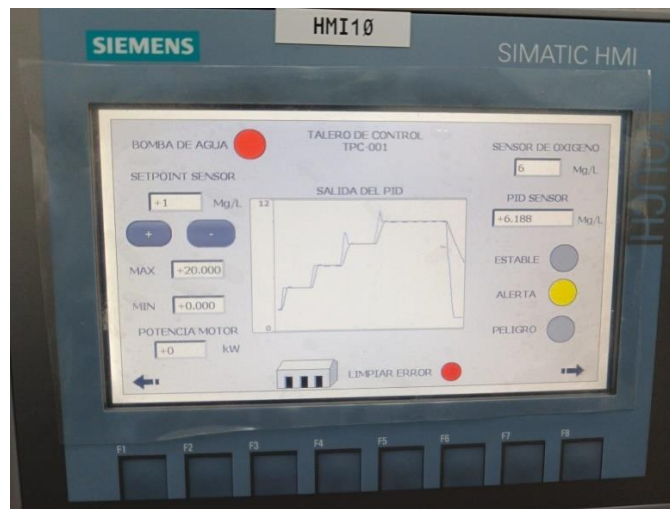


Nota. Con la previa información de lo que era un divisor de voltaje y cómo se empleaba, se procede a realizar el circuito en físico.

A continuación, se observa en la Figura 33, se elabora la programación del PID, de forma que el Tunnin del PID Compact diera un soporte con la creación de los parámetros para que el sistema logre trabajar de la manera más estable que pudiese llegar al momento de realizar los procesos.

Figura 37

Estabilización del sistema

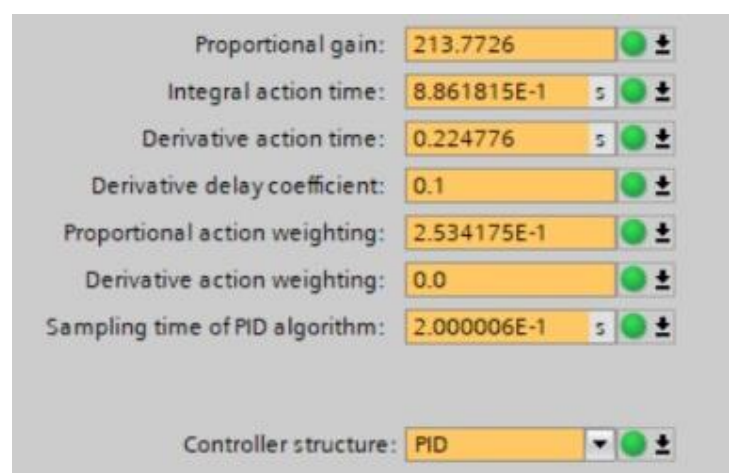


Nota. Con los valores proporcionados por el Tunnin del PID, se logra la estabilidad del proceso que se observa en la figura33

El proceso que se realiza en el Tunnin es automático, lo que facilita la obtención de dichos datos de manera rápida y precisa. A continuación, en la Figura 34 se observan los valores proporcionados por el Tunnin.

Figura 38

Valores para P, I, D



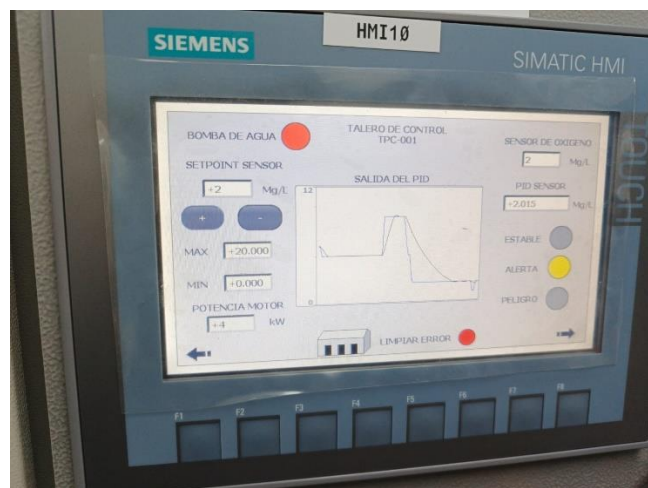
Nota. Los valores que ofrece el Tunnin serán los óptimos dependiendo del sistema en el que se lo esté implementando.

Se realizan varias pruebas de diferentes niveles de oxígeno, para la revisión el comportamiento que toma el sistema, variando el setpoint a distintos valores y monitorear la salida del PID y los comportamientos que haga para cada valor.

Primera prueba con el valor en el setpoint variado en “2”, como se observa en la Figura 35.

Figura 39

Setpoint con valor de 2

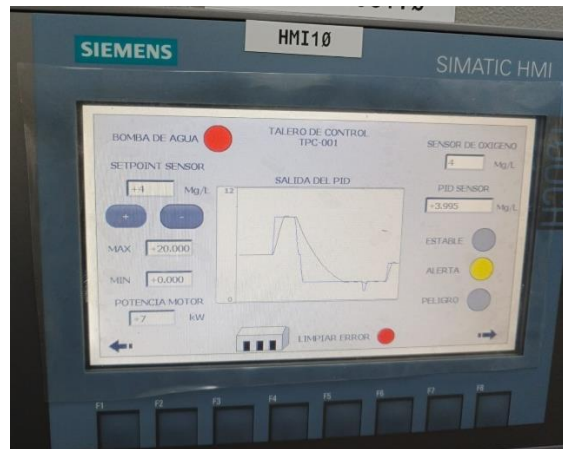


Nota. Se observa el comportamiento de la curva de los niveles de oxígeno, llegando a estabilizarse con el tiempo

Segunda prueba con el valor en el setpoint variado en “4”, como se observa en la Figura 36, al ser un valor de cambio bajo, la bomba llega de manera rápida a su setpoint.

Figura 40

Setpoint con valor de 4

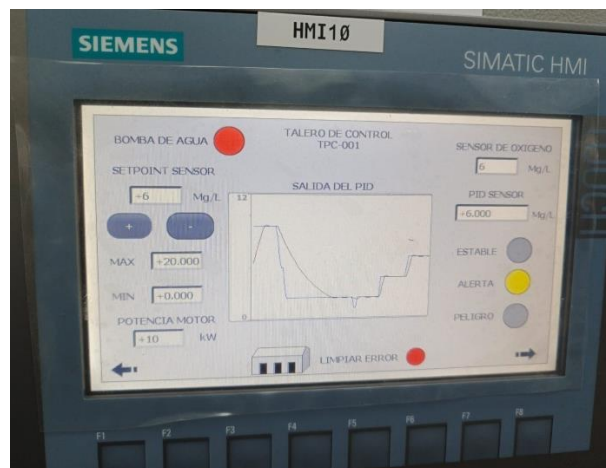


Nota. Se observa una respuesta moderadamente rápida por ser un valor de aumento pequeño

Tercera prueba con el valor en el setpoint variado en "6", de la misma manera se observa en la Figura 37, que la respuesta de la curva es casi instantánea.

Figura 41

Setpoint de valor 6

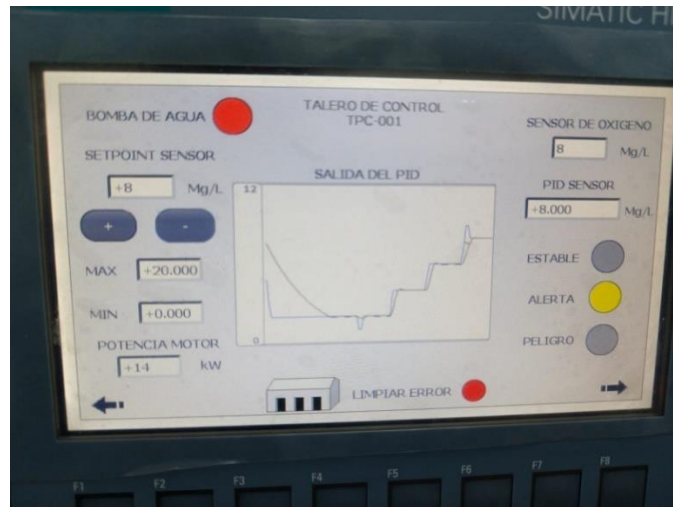


Nota. Se observa que la respuesta del sistema no varía y se adapta a los valores indicados

Cuarta prueba con el valor en el setpoint variado en "8", como penúltima prueba se observa en la Figura 38, que el sistema se adapta a cada valor que se le establezca.

Figura 42

Setpoint de valor 8

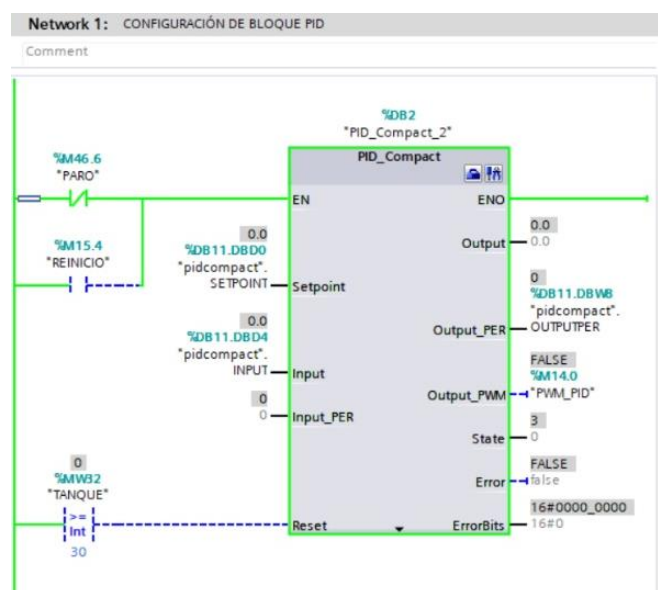


Nota. Se observa que entre más tiempo esté trabajando el sistema, tendrá mejor respuesta y la estabilidad será aún mayor.

Como dato adicional se visualiza en la Figura 39, que la salida que arroja el PID (PID_Compact_2 – Output) no alcanza el valor máximo, en este caso 100, lo que me indica que la bomba no ejerce su trabajo al máximo de su frecuencia, alargando la vida útil del motor.

Figura 43

Bloque PID de la bomba



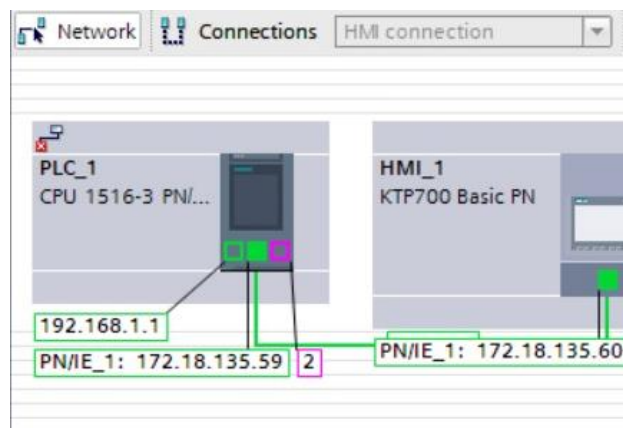
Nota. El valor que me proporciona el Output en el PID me indica qué tanto trabaja la bomba de aire.

Como último paso, para el uso del IoT en este proyecto se realiza las pruebas de lectura en el software de Node-Red de las variables que se requieran monitorear, como el oxígeno y el nivel del agua en el tanque.

Para ello se deberá enlazar el software mediante la dirección IP que tiene el utilizado en la práctica, como se observa en la Figura 40.

Figura 44

Dirección IP del PLC

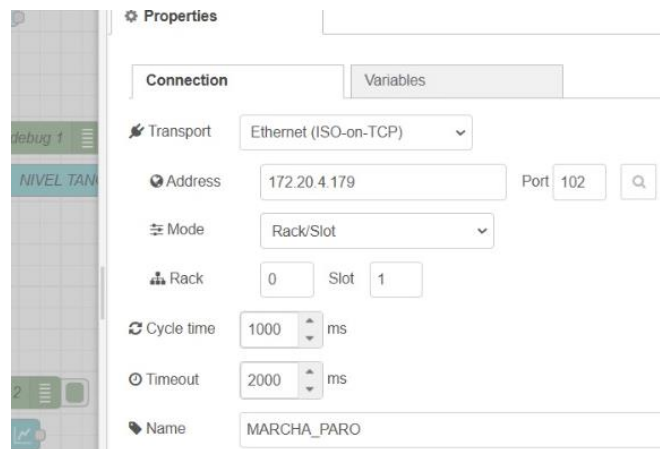


Nota. Se deberá usar la IP del PLC ya que ahí se encuentran almacenadas las variables a leer.

Al conocer qué dirección es la que utiliza el PLC, se la asigna en el Node-Red para que establezca un enlace en tiempo real. A continuación, se muestra la asignación de la dirección del PLC al software.

Figura 45

Asignación de la dirección IP

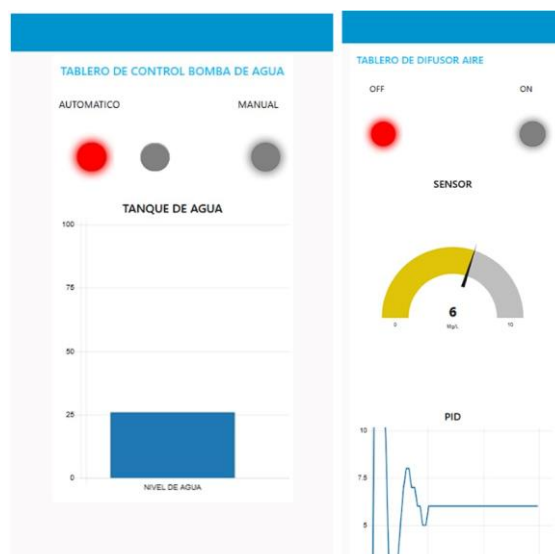


Nota. Para obtener la información solicitada se deberá poner la dirección IP del PLC y la variable que se desea mostrar.

Una vez realizada la conexión y realizado el dashboard para el muestreo gráfico, como se observa en la Figura 42, se podrá monitorear los niveles de oxígeno y agua que se vayan realizando en el proceso, todo en tiempo real.

Figura 46

Gráficos para el monitoreo del proceso



Nota. Las gráficas se podrán supervisar a tiempo real desde otro dispositivo.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

A continuación, se observa en la Tabla 1, el listado de actividades que se llevarán a cabo en el transcurso del proyecto hasta su finalización.

Tabla **3**
Cronograma

Actividades	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
Investigación y Planificación				
Investigación sobre los sistemas de control de aireadores	X	X		
Definición de objetivos del proyecto	X	X		
Planificación del diseño y desarrollo del prototipo		X		
Implementación de Hardware				
Integración de la tarjeta Triac AC Dimmer		X		
Instalación las librerías del sensor.		X		
Diseño de la interfaz				
Diseño de la interfaz hombre-maquina.			X	
Desarrollo de la interfaz de usuario utilizando Node-RED			X	
Integración de funciones de control y monitoreo.			X	
Implementación de Software				
Integración del software con Node-RED				X
Programación de algoritmos para comunicación PLC, Arduino y motor.				X
Pruebas y depuración				
Pruebas de funcionalidad del motor en entorno controlado				X
Identificación y solución de errores.				X

Documentación y Presentación	
Preparación de informes técnicos y manuales de usuario	X

Nota. Se presentan las fechas para el proceso junto a cada una de sus actividades.

PRESUPUESTO

A continuación, en la Tabla 2 se detalla el costo de los materiales utilizados para el desarrollo del proyecto y el costo de las horas hombre que se usaron para las horas de ingeniería, el cálculo se basa de acuerdo con el valor del indicado por el Ministerio del Trabajo indicando que el salario básico unificado es de \$470 USD, el valor unitario por hora sería aproximadamente \$2.94 USD.

Tabla 4.

Tabla de presupuesto

Ítem	Descripción	Cantidad	P. Unitario	Costo T.
1	Horas de Ingeniería	100	\$2,94	\$294
2	Gastos varios	5	\$5,00	\$25
3	Caja para proyectos	3	\$3,30	\$10
4	Cables tipo jumper	4	\$1,50	\$6
5	Herramientas varias	3	\$16,00	\$50
				\$385

Nota. Se detallan los gastos que se realizaron para el desarrollo del proyecto técnico.

CONCLUSIONES

- El desarrollo de este sistema automatizado para la aireación de piscinas camaroneras significa una innovación muy importante en el sector acuícola, al implementar tecnologías como la IoT y el PLC para mejorar el manejo y monitoreo del nivel de oxígeno disuelto en el agua.
- La implementación del sistema mejora la optimización del uso de recursos como la energía al controlar la operatividad de la bomba de aire mediante una señal PWM.
- Contribuye al desarrollo de habilidades en la Automatización Industrial y en la IoT dentro de la Universidad Politécnica Salesiana, ayudando como referencia para futuros proyectos y mejorando la formación de los estudiantes en diversas tecnologías que se puedan enlazar.
- La metodología implementada le permite la ampliación del sistema a mayor escala en la industria camaronera, lo que beneficiaría a diversas empresas que se dedican a la producción de camarones por medio de la automatización de sus procesos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar varias pruebas en un entorno real fuera del laboratorio, como en una piscina camaronera comercial, para evaluar el comportamiento real del sistema en condiciones operativas.
- Se puede ampliar el alcance del sistema implementando otros parámetros, como pH y temperatura, para mejorar aún más el control de las condiciones en las piscinas camaroneras.
- Es importante documentar a detalle el proceso de implementación y servir de guía a futuros estudiantes o técnicos interesados en replicar o mejorar el sistema, garantizando la continuidad del conocimiento e interés generado.
- Se recomienda el uso del Tunnin como un apoyo para las propuestas de valores para el K_p , K_i y el K_d en los PID_Compact, dicho soporte proporcionará los valores óptimos para el funcionamiento de cada sistema, condicionándolo según los requerimientos del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Academia Balderix. (2023). *Ingenierizando*. Obtenido de Divisor de voltaje (o divisor de tensión): <https://www.ingenierizando.com/electronica/divisor-de-voltaje-o-divisor-de-tension/#%C2%BFQue-es-un-divisor-de-voltaje>
- Claude E. Boyd, P. (20 de Enero de 2020). *Global Seafood Alliance*. Obtenido de Uso de energía en la aireación de estanques acuícolas, Parte 1: <https://www.globalseafood.org/advocate/uso-de-energia-en-la-aireacion-de-estanques-acuicolas-parte-1/>
- DePeru. (2025). *DePeru*. Obtenido de Aireador para añadir oxígeno en la granja de camarones: <https://www.deperu.com/imagenes/41457127-aireador-para-anadir-oxigeno-en-la-granja-de-camarones.html>
- Ecudinatek. (8 de Junio de 2022). *Dinatek*. Obtenido de Eficiencia en Aireación de Piscinas de Camarón.: <https://dinatek.ec/eficiencia-en-aireacion-de-piscinas-de-camaron/>
- El Comercio. (8 de Junio de 2019). El Comercio. *China concentra el 42% de las ventas de camarón en el 2019*, págs. <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/china-ventas-camaron-exportaciones-cna.html>.
- INDUSTRIAPEDIA. (2024). *INDUSTRIAPEDIA*. Obtenido de ¿Qué significa oxígeno disuelto (OD)? : <https://industriapedia.com/que-es-oxigeno-disuelto-od/>
- Millán, D. (10 de 2008). *Researchgate*. Obtenido de Comportamiento del oxígeno disuelto con respecto a la temperatura del agua: https://www.researchgate.net/figure/Comportamiento-del-oxigeno-disuelto-con-respecto-a-la-temperatura-del-agua-Lewis-2006_fig1_291515059
- PLCHMIS. (2022). *PLCHMIS*. Obtenido de Siemens SIMATIC S7-1500 PLC - PLC products: <https://www.plchmis.com/store/product/1-plc-siemens-simatic-s7-1500/>
- SIEMENS. (4 de Mayo de 2023). *SIEMENS*. Obtenido de Ten years of power and efficiency: <https://blog.siemens.com/2023/05/ten-years-of-power-and-efficiency/>
- SIEMENS AG. (2018). *SIMATIC S7-1200: Manual del sistema*. SIEMENS.
- Siemens. (s.f.). *PID control with PID_Compact0*.
- Tahera Kalsoom, S. A.-u.-S.-R. (12 de Noviembre de 2021). *mdpi*. Obtenido de Impact of IoT on Manufacturing Industry 4.0: A New Triangular Systematic Review: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/22/12506>

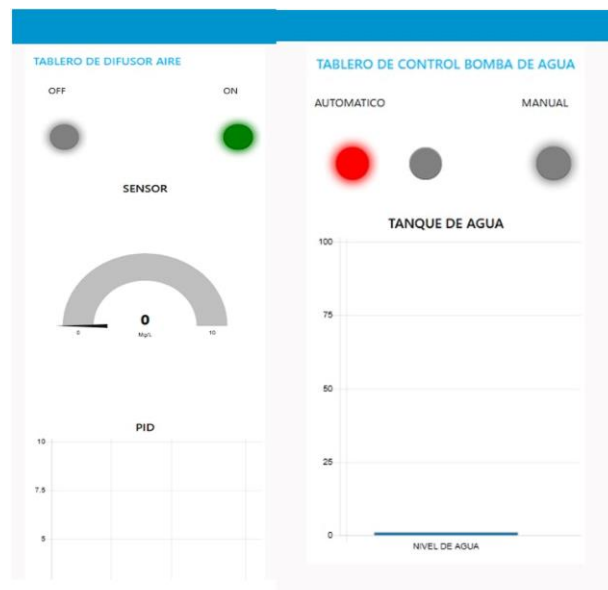
- UNATRO. (2022). *UNATRO*. Obtenido de 6ES7647-0AA00-1YA2 – Bô IloT Gateway SIMATIC IOT2040 | Siemens: <https://unatro.com/6es7647-0aa00-1ya2/>
- Ventasgp. (16 de Noviembre de 2023). *Ventasgp*. Obtenido de Guía de Aireadores para Camaroneras: Beneficios y Selección: <https://ventasgp.com/blog/f/gu%C3%ADa-de-aireadores-para-camaroneras-beneficios-y-selecci%C3%B3n>
- vNode. (2025). *vnodeautomation*. Obtenido de vNode: Industrial Connectivity Gateway IloT e industria 4.0 preparadas: https://vnodeautomation.com/es/?utm_source=bing&utm_medium=Search&utm_id=Google&msclkid=dd8690298b6513837490f7bf130d04f6&utm_campaign=LATAM_SEARCH_vNode_cpc&utm_term=Industrial%20IoT%20platform&utm_content=Search
- Whitman. (s.f.). *Whitman*. Obtenido de Oxígeno disuelto en agua: https://www.whitman.edu/chemistry/edusolns_software/DO_Spanish.pdf

ANEXOS

Como se observa en la siguiente Figura 43, mediante el software de Node-Red se realizan los enlaces de las variables que se requiere monitorear. Una vez realizado, se procede a verificar la conexión de dichas variables.

Figura 47

Prueba de conexión mediante la IoT

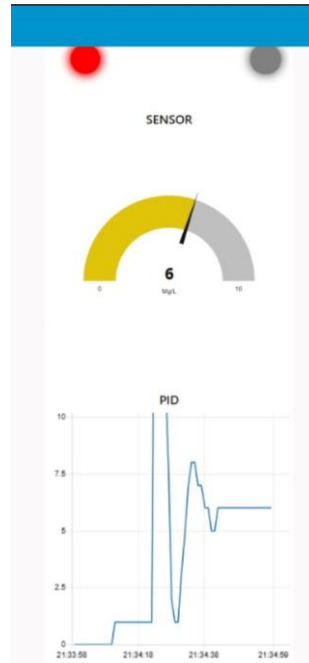


Nota. Se verifica que el enlace con el PLC y las variables a leer sean exitosas.

Una vez se haya hecho la verificación y a su vez que no exista alguna falla en el enlace, se procede con la puesta a prueba del monitoreo de los niveles de oxigenación como el nivel del agua. En la siguiente Figura 44 se logra apreciar la variación de los niveles.

Figura 48

Prueba de funcionamiento en otro dispositivo

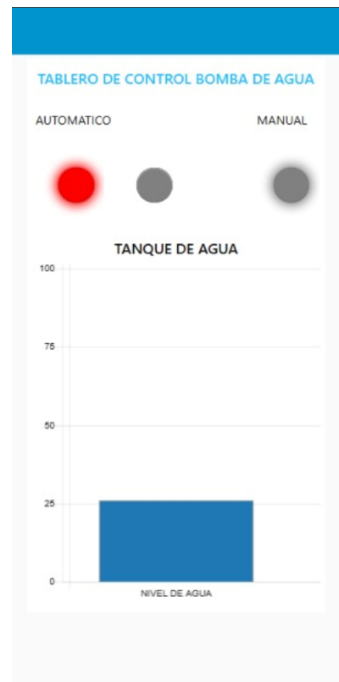


Nota. Se realiza la prueba ejecutando el programa con un valor aleatorios para verificar la lectura en el Node-Red

De la misma manera, se realiza la prueba de monitoreo con los niveles de agua que se asignen desde el PLC hacia la pantalla de otro dispositivo, como se observa en la Figura 45.

Figura 49

Prueba de funcionamiento en otro dispositivo



Nota. Se observa también los valores del nivel del tanque de agua

Totally Integrated Automation Portal

Program blocks

Main [OB1]

Main Properties

General

Name	Main	Number	1	Type	OB	Language	LAD
Numbering	Automatic						

Information

Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

Name	Data type	Default value	Comment
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available
Temp			
Constant			

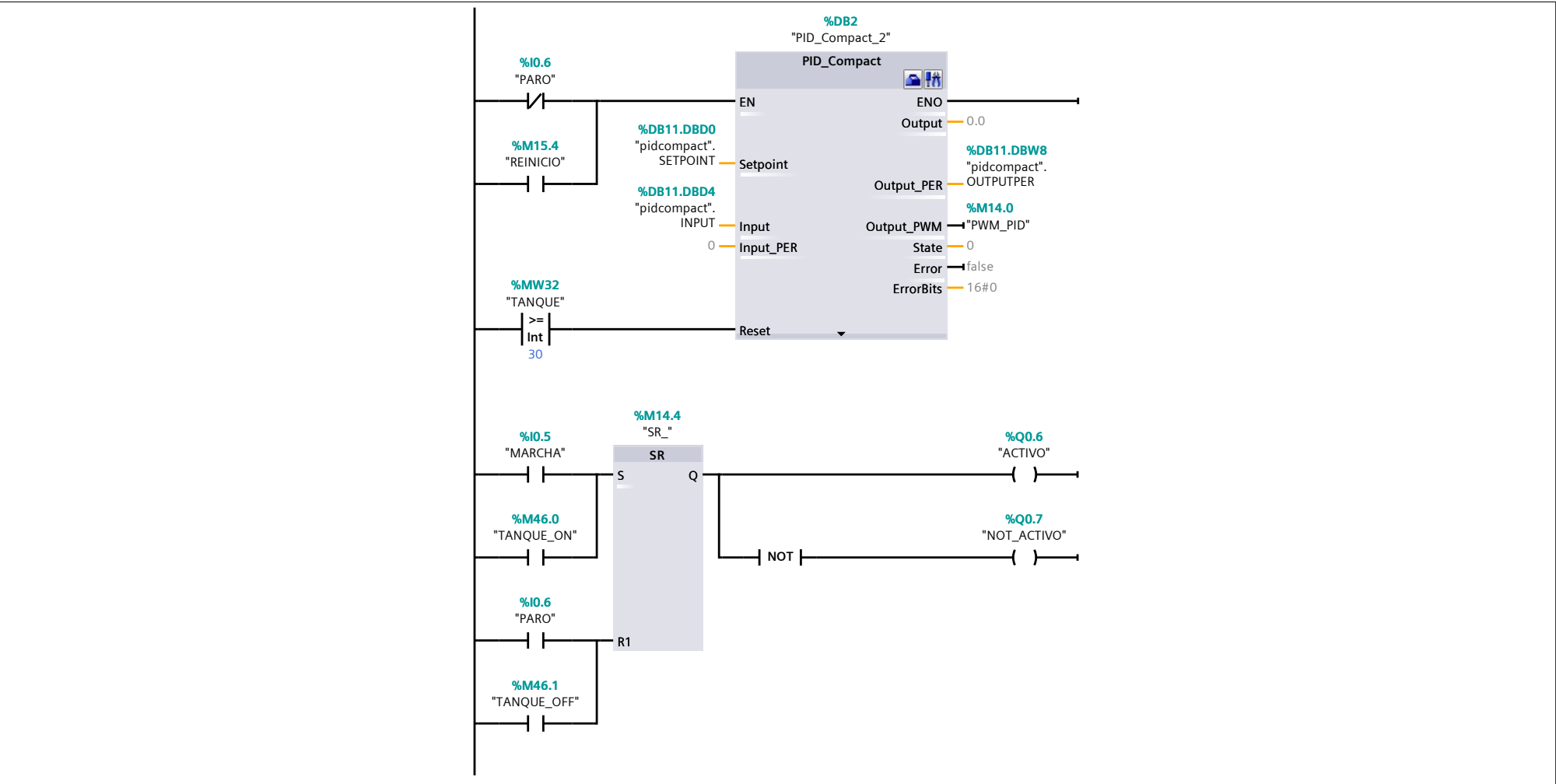
Program blocks

Cyclic interrupt [OB30]

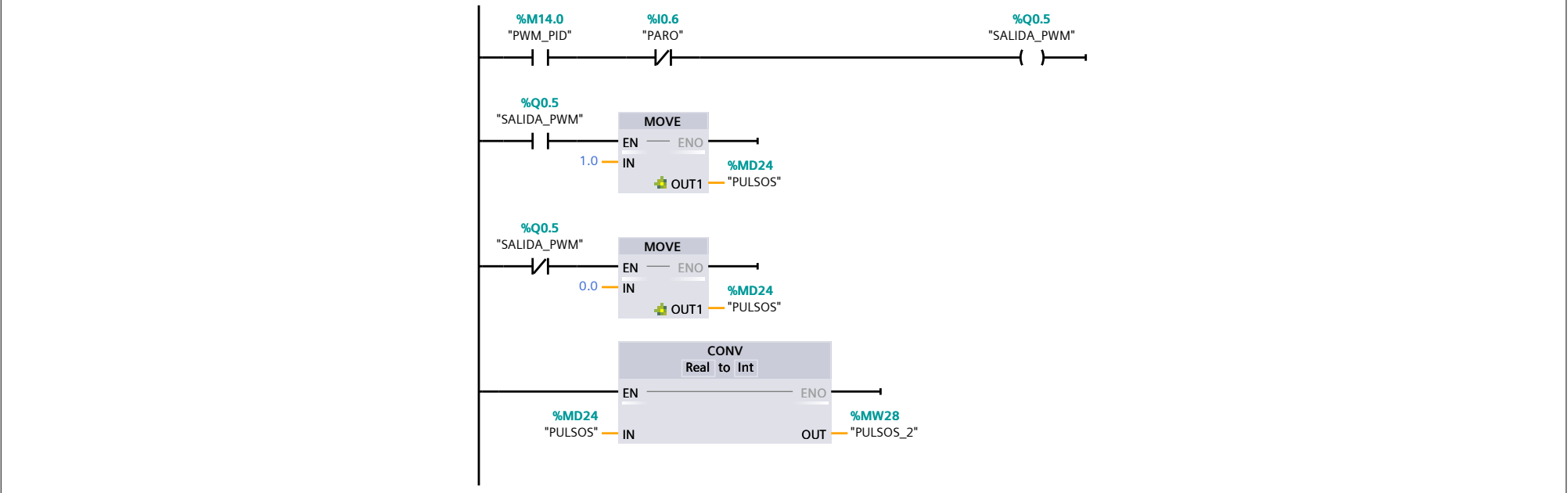
Cyclic interrupt Properties							
General							
Name	Cyclic interrupt	Number	30	Type	OB	Language	LAD
Numbering	Automatic						
Information							
Title		Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

Name	Data type	Offset	Default value	Comment
▼ Temp				
EV_CLASS	Byte	0.0		Bits 0-3 = 1:Coming event, Bits 4-7 = 1:Event class 1
STRT_INF	Byte	1.0		Start information
PRIORITY	Byte	2.0		Priority of OB Execution
OB_NUMBR	Byte	3.0		OB number
RESERVED_1	Byte	4.0		Reserved for system
RESERVED_2	Byte	5.0		Reserved for system
PHS_OFFSET	Int	6.0		Phase offset
RESERVED_3	Int	8.0		Reserved for system
EXC_FREQ	Int	10.0		Frequency of execution
DATE_TIME	Date_And_Time	12.0		Date and time OB started
SETPOINT	Real	20.0		
INPUT_PID	Real	24.0		
VAR1	LReal	28.0		
VAAR1	Real	36.0		
VALOR	Real	40.0		
SET_RESET	Bool	44.0		
ERROR	Bool	44.1		
SR	Bool	44.2		
Constant				

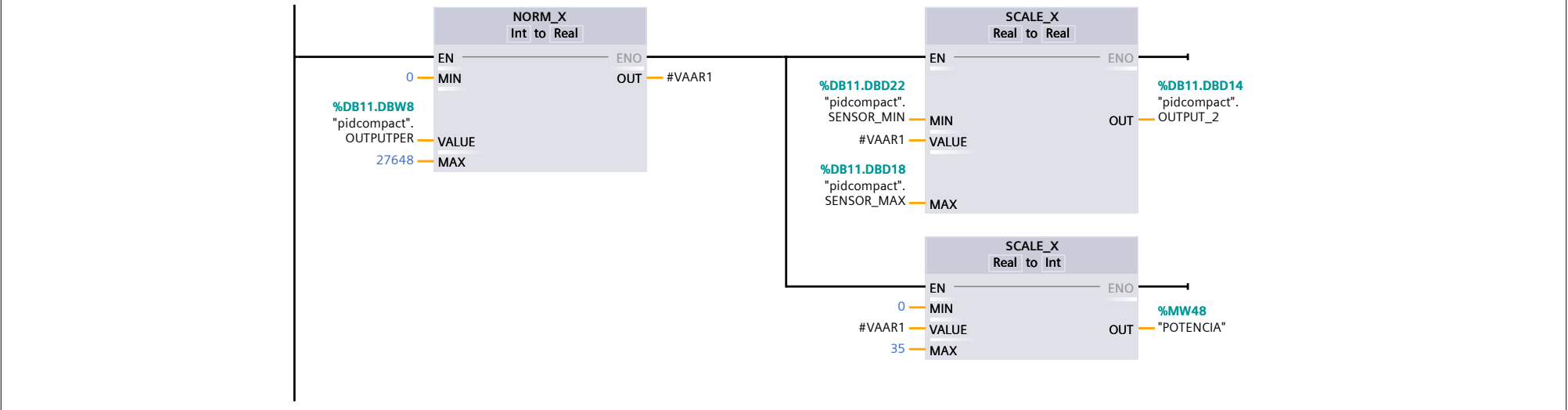
Network 1: CONFIGURACIÓN DE BLOQUE PID



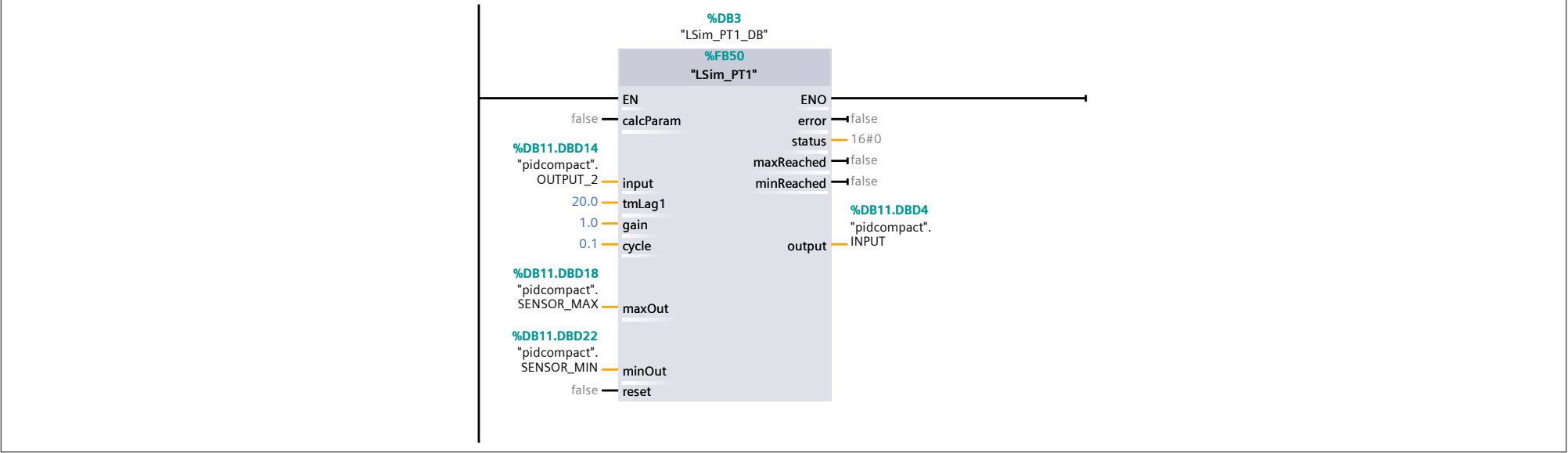
Network 2: SALIDA TREN DE PULSOS



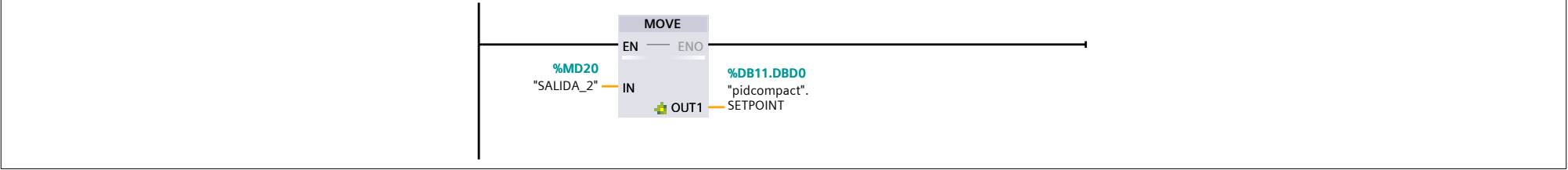
Network 3: NORMALIZADO Y ESCALADO DE LA SALIDA OUTPUT PID



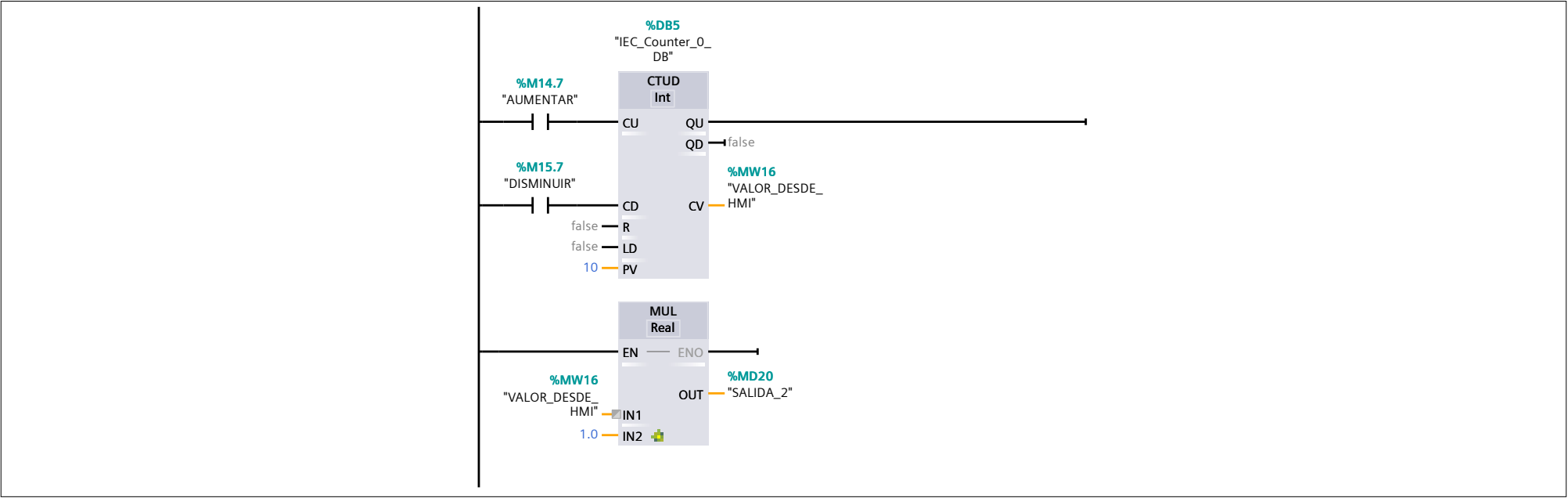
Network 4: LSIM CON ECUACIÓN DE PRIMER ORDEN



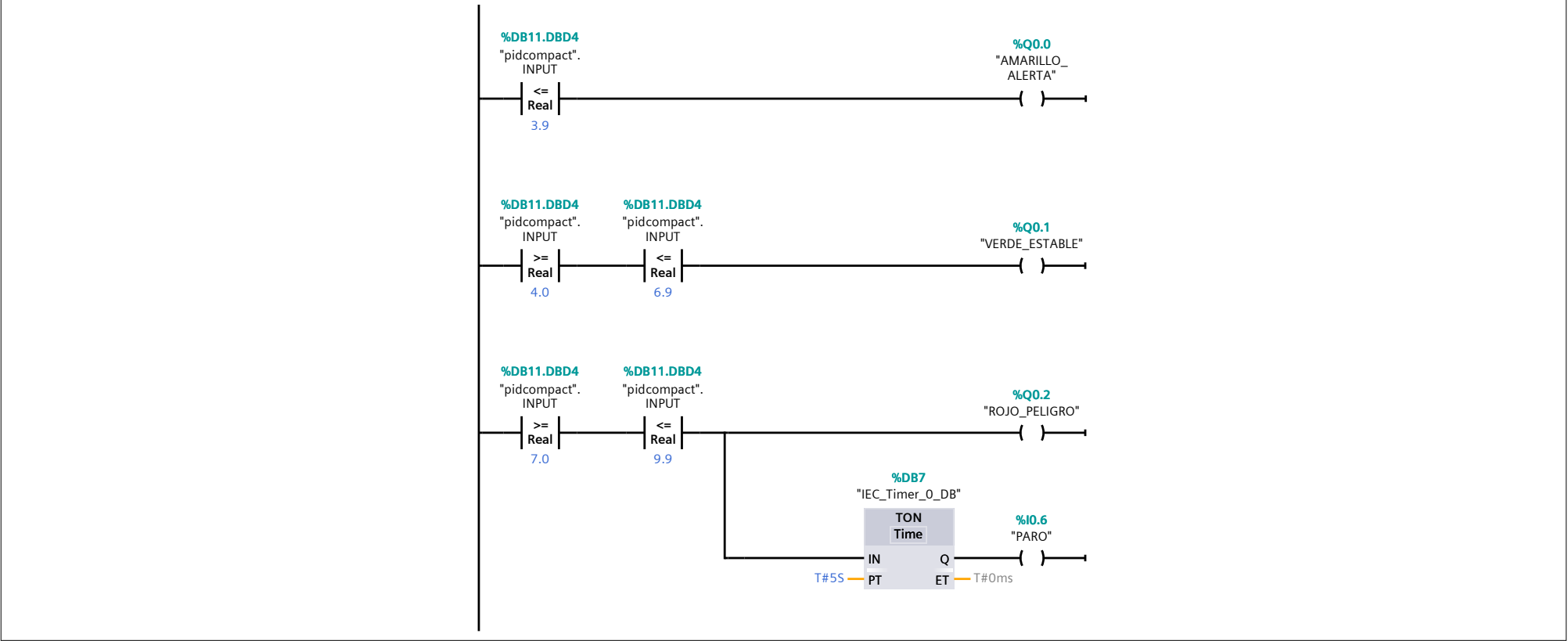
Network 5: SETPOINT SALIDA DESDE HMI



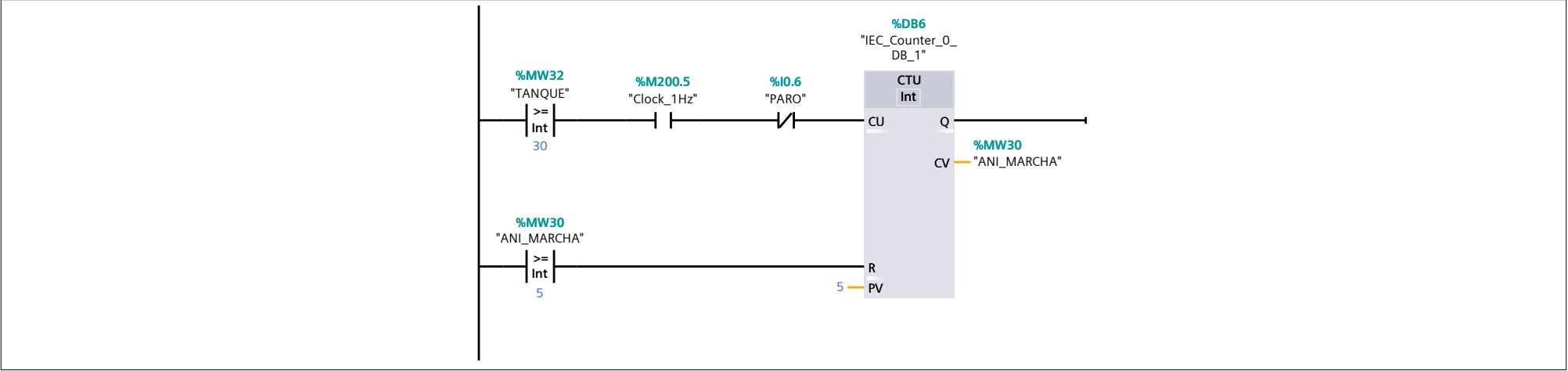
Network 6: CONTADOR PARA EL SETPOINT



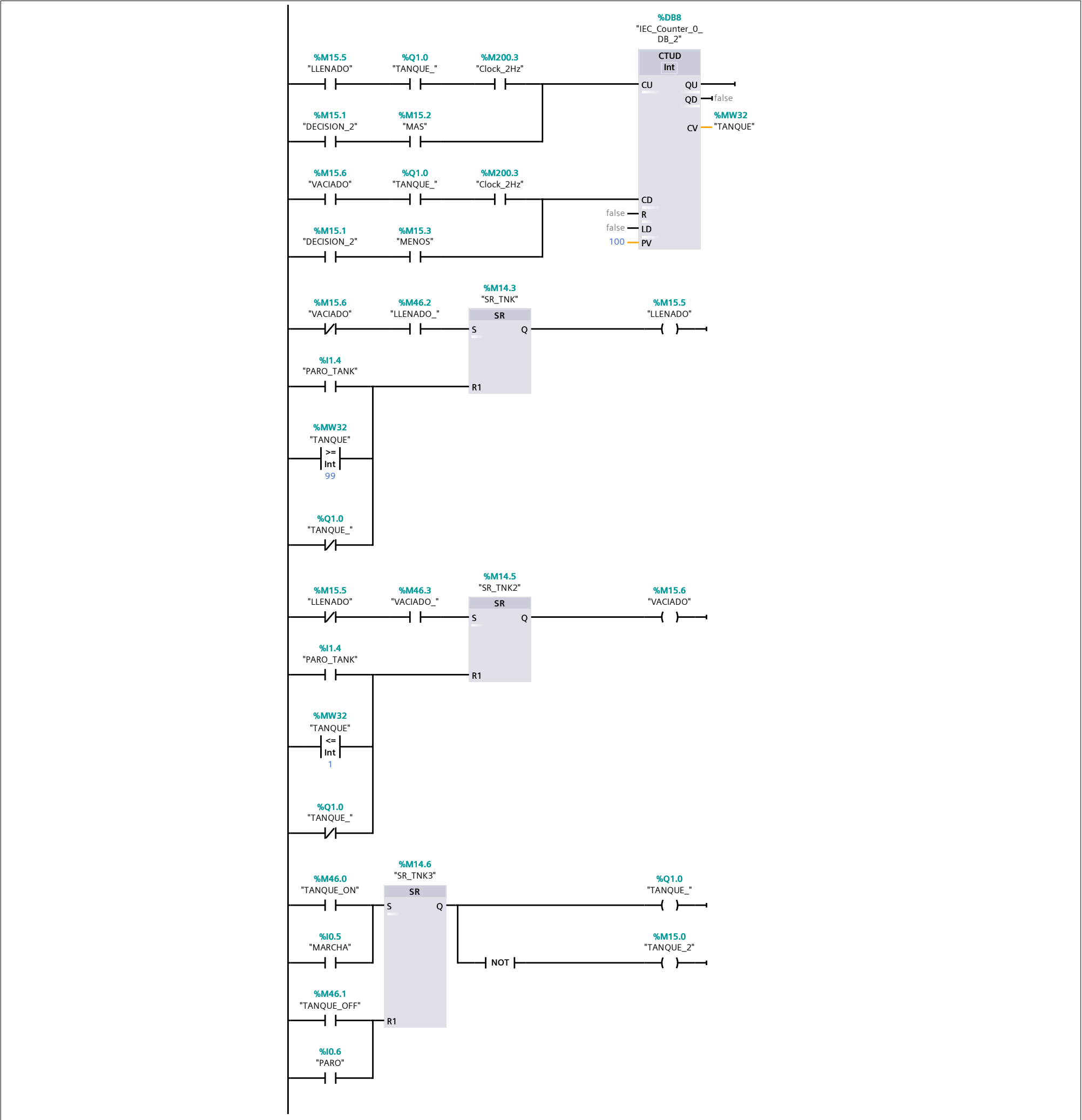
Network 7: INDICADORES DE NIVEL DE OXIGENO



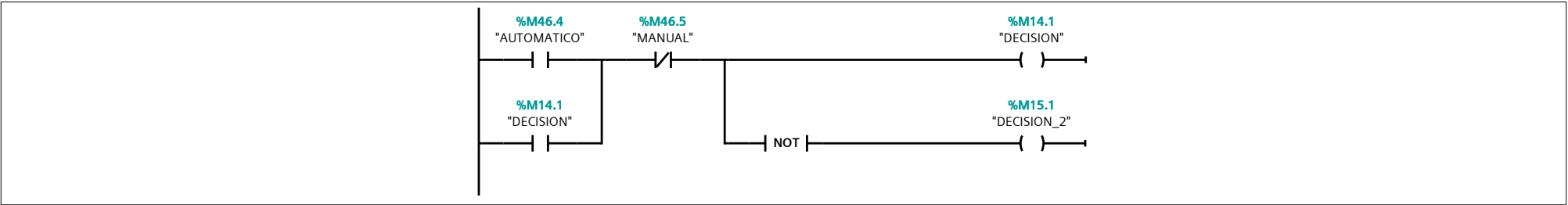
Network 8: ANIMACIONES



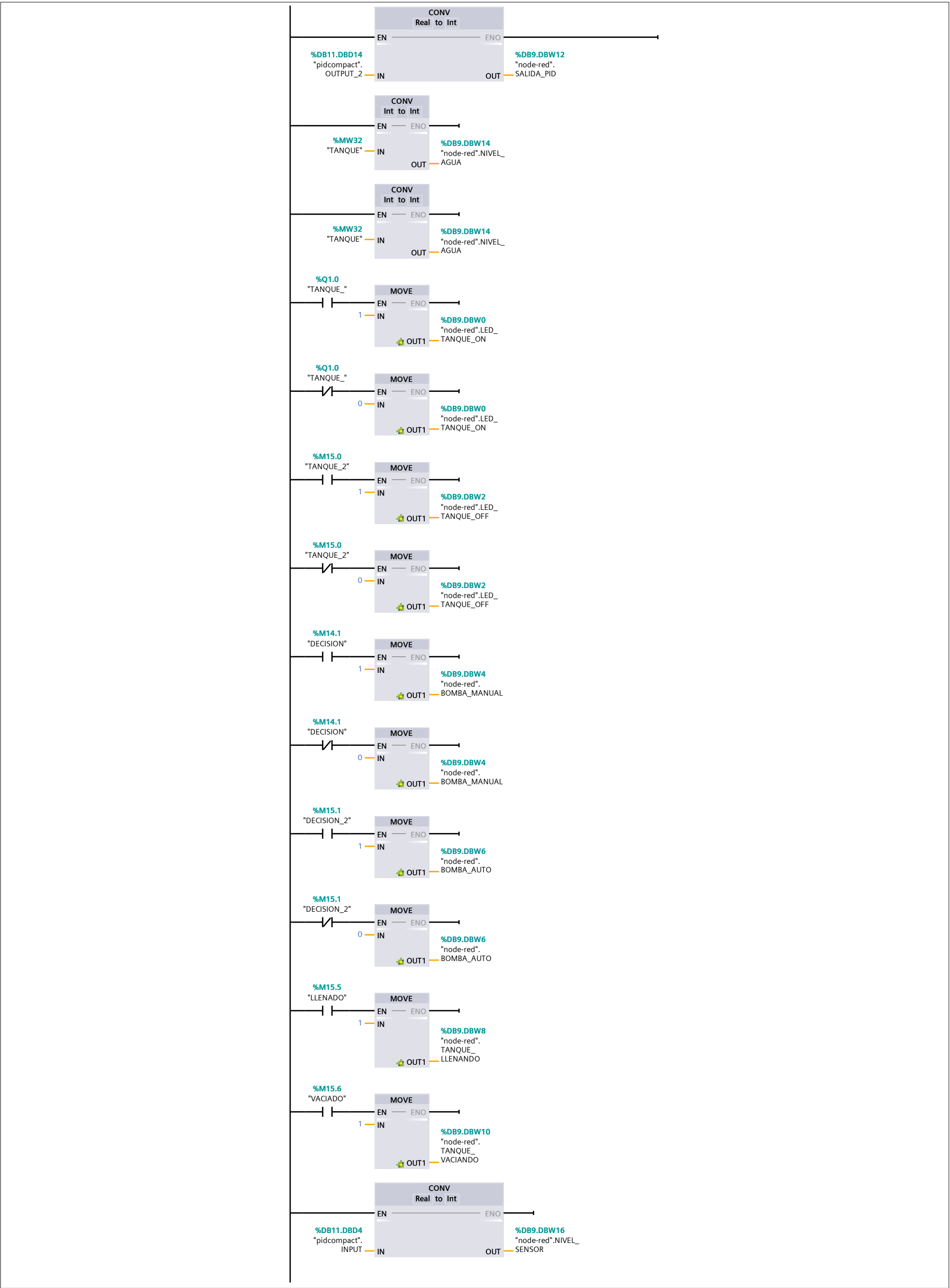
Network 9: LLENADO Y VACIADO DE TANQUE



Network 10: SELECTOR MANUAL Y AUTOMATICO



Network 11: VARIABLES NODE RED



Program blocks

LSim_PT1 [FB50]

LSim_PT1 Properties							
General							
Name	LSim_PT1	Number	50	Type	FB	Language	SCL
Numbering	Automatic						
Information							
Title		Author		Comment		Family	
Version	2.01	User-defined ID					

Name	Data type	Default value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Writ-able from HMI/OPC UA/ Web API	Visible in HMI engi-neering	Setpoint	Supervi-sion			Comment
▼ Input											
calcParam	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False				recalculate with new param-eters
input	Real	0.0	Non-retain	True	True	True	False				input signal
tmLag1	Real	1.0	Non-retain	True	True	True	False				time constant T1 [sec]
gain	Real	1.0	Non-retain	True	True	True	False				gain factor
cycle	Real	0.1	Non-retain	True	True	True	False				cyclic time [sec]
maxOut	Real	100.0	Non-retain	True	True	True	False				max. output limit
minOut	Real	0.0	Non-retain	True	True	True	False				min. output limit
reset	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False				resets all relevant parame-ters to '0' including the out-put
▼ Output											
error	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False				error (#tmLag1 <= 0)
status	Word	16#0	Non-retain	True	True	True	False				status (if #tmLag1 <= 0 then status = 16#8001)
maxReached	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False				output has reached max. limit
minReached	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False				output has reached min. limit
output	Real	0.0	Non-retain	True	True	True	False				output signal (if #error = FALSE)
InOut											
▼ Static											
statRf1	Real	0.0	Non-retain	True	True	True	False				
statRe1	Real	0.0	Non-retain	True	True	True	False				
statOverfirst	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False				
statOutput	Real	0.0	Non-retain	True	True	True	False				
Temp											
Constant											

```
0001 //=====
0002 //SIEMENS AG
0003 //(c)Copyright 2017 All Rights Reserved
0004 //-----
0005 //Library: Library for Controlled System Simulation
0006 //Tested with: S7-1500 FW V2.0 / S7-1200 FW V4.2
0007 //Engineering: STEP 7 V14 Upd2 (TIA Portal)
0008 //Restrictions: Cyclic interrupt
0009 //Requirements: memory card needed for S7-1500
0010 //Functionality: Simulation of a PT1-System
0011 //
0012 // gain
0013 // F(p) = -----
0014 // tmLag1 * p + 1
0015 //
0016 // Call the simulation in a cyclic interrupt with
0017 // cyclic interrupt time at least = tmLag1/10!
0018 //-----
0019 //Change log table:
0020 //Version Date Expert in charge Changes applied
0021 //02.00.00 03.02.2016 Siemens Industry Online Support Release (STEP 7 V13 SP1)
0022 //02.00.01 02.03.2017 Siemens Industry Online Support Release (STEP 7 V14)
0023 //=====
0024 // check parameter
0025 IF #tmLag1 <= 0 THEN
0026     #error := TRUE;
0027     #status := W#16#8001;    // Parameter Error
0028     #statOutput := 0;
0029     #output := 0;
0030     RETURN;
0031 ELSE
0032     #error := FALSE;
0033     #status := W#16#0000;    // no error
0034 END_IF;
0035
```

Totally Integrated Automation Portal

```
0036 IF #calcParam = True OR NOT #statOverfirst THEN
0037     #statOverfirst:=1;
0038 // Z-parameters For Laplace PT1-System
0039 #statRel := - EXP(-#cycle/#tmLag1);
0040 #statRf1 := #gain*(1 + #statRel);
0041 END_IF;
0042
0043 // Differential Equation of PT1-System
0044 #statOutput := #input*#statRf1 - #statOutput*#statRel;
0045
0046 // max limit of acutating variable
0047 IF #statOutput > #maxOut THEN
0048     #statOutput := #maxOut;
0049     #maxReached:= True;
0050 ELSE
0051     #maxReached := False;
0052 END_IF;
0053
0054 // min limit of acutating variable
0055 IF #statOutput < #minOut THEN
0056     #statOutput := #minOut;
0057     #minReached := True;
0058 ELSE
0059     #minReached := False;
0060 END_IF;
0061
0062 IF #reset THEN
0063     #statOutput := 0;
0064 END_IF;
0065
0066 #output := #statOutput;
```

Symbol	Address	Type	Comment
#calcParam		Bool	recalculate with new parameters
#cycle		Real	cyclic time [sec]
#error		Bool	error (#tmLag1 <= 0)
#gain		Real	gain factor
#input		Real	input signal
#maxOut		Real	max. output limit
#maxReached		Bool	output has reached max. limit
#minOut		Real	min. output limit
#minReached		Bool	output has reached min. limit
#output		Real	output signal (if #error = FALSE)
#reset		Bool	resets all relevant parameters to '0' including the output
#statOutput		Real	
#statOverfirst		Bool	
#statRe1		Real	
#statRf1		Real	
#status		Word	status (if #tmLag1 <= 0 then status = 16#8001)
#tmLag1		Real	time constant T1 [sec]

Program blocks

LSim_PT1_DB [DB3]

LSim_PT1_DB Properties											
General											
Name	LSim_PT1_DB		Number	3		Type	DB		Language	DB	
Numbering	Automatic										
Information											
Title			Author			Comment			Family		
Version	2.01		User-defined ID								
Name		Data type	Start value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Writ-able from HMI/ OPC UA/ Web API	Visible in HMI engi-neering	Setpoint	Supervi-sion		Comment
▼ Input											
calcParam		Bool	false	False	True	True	True	False			recalculate with new parameters
input		Real	0.0	False	True	True	True	False			input signal
tmLag1		Real	1.0	False	True	True	True	False			time constant T1 [sec]
gain		Real	1.0	False	True	True	True	False			gain factor
cycle		Real	0.1	False	True	True	True	False			cyclic time [sec]
maxOut		Real	100.0	False	True	True	True	False			max. output limit
minOut		Real	0.0	False	True	True	True	False			min. output limit
reset		Bool	false	False	True	True	True	False			resets all relevant parameters to '0' including the output
▼ Output											
error		Bool	false	False	True	True	True	False			error (#tmLag1 <= 0)
status		Word	16#0	False	True	True	True	False			status (if #tmLag1 <= 0 then status = 16#8001)
maxReached		Bool	false	False	True	True	True	False			output has reached max. limit
minReached		Bool	false	False	True	True	True	False			output has reached min. limit
output		Real	0.0	False	True	True	True	False			output signal (if #error = FALSE)
InOut											
▼ Static											
statRf1		Real	0.0	False	True	True	True	False			
statRe1		Real	0.0	False	True	True	True	False			
statOverfirst		Bool	false	False	True	True	True	False			
statOutput		Real	0.0	False	True	True	True	False			

Program blocks

node-red [DB9]

node-red Properties

General

Name	node-red	Number	9	Type	DB	Language	DB
Numbering	Automatic						

Information

Title		Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessi-ble from HMI/OPC UA/Web API	Writ-able from HMI/ OPC UA/ Web API	Visible in HMI engi-neering	Setpoint	Supervi-sion	Comment
▼ Static										
LED_TANQUE_ON	Int	0.0	0	False	True	True	True	False		
LED_TANQUE_OFF	Int	2.0	0	False	True	True	True	False		
BOMBA_MANUAL	Int	4.0	0	False	True	True	True	False		
BOMBA_AUTO	Int	6.0	0	False	True	True	True	False		
TANQUE_LLENANDO	Int	8.0	0	False	True	True	True	False		
TANQUE_VACIANDO	Int	10.0	0	False	True	True	True	False		
SALIDA_PID	Int	12.0	0	False	True	True	True	False		
NIVEL_AGUA	Int	14.0	0	False	True	True	True	False		
NIVEL_SENSOR	Int	16.0	0	False	True	True	True	False		

Program blocks

pidcompact [DB11]

pidcompact Properties							
General							
Name	pidcompact	Number	11	Type	DB	Language	DB
Numbering	Automatic						
Information							
Title		Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessi-ble from HMI/OPC UA/Web API	Writ-able from HMI/ OPC UA/ Web API	Visible in HMI engi-neering	Setpoint	Supervi-sion			Comment
▼ Static												
SETPOINT	Real	0.0	0.0	False	True	True	True	False				
INPUT	Real	4.0	0.0	False	True	True	True	False				
OUTPUTPER	Int	8.0	0	False	True	True	True	False				
OUTPUT_PWM	Real	10.0	0.0	False	True	True	True	False				
OUTPUT_2	Real	14.0	0.0	False	True	True	True	False				
SENSOR_MAX	Real	18.0	0.0	False	True	True	True	False				
SENSOR_MIN	Real	22.0	0.0	False	True	True	True	False				

PID_Compact [FB1130]

--	--	--

Totally Integrated Automation Portal													
Name		Data type	Default value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Writ-able from HMI/ OPC UA/ Web API	Visible in HMI engi-neering	Setpoint	Supervi-sion			Comment	
Gain		Real	1.0	Retain	True	True	True	True				proportional gain	
Ti		Real	20.0	Retain	True	True	True	True				reset time	
Td		Real	0.0	Retain	True	True	True	True				derivative time	
TdFiltRatio		Real	0.2	Retain	True	True	True	True				filter coefficient for deriva-tive part	
PWeighting		Real	1.0	Retain	True	True	True	True				weigthing of proportional part in direct, feedback path	
DWeighting		Real	1.0	Retain	True	True	True	True				weigthing of derivative part in direct, feedback path	
Cycle		Real	1.0	Retain	True	True	True	True				PID Controller cycle time	

Totally Integrated Automation Portal

Program blocks / System blocks / Program resources

IEC_Counter_0_DB [DB5]

IEC_Counter_0_DB Properties

General

Name	IEC_Counter_0_DB	Number	5	Type	DB	Language	DB
Numbering	Automatic						

Information

Title		Author	Simatic	Comment		Family	IEC
Version	1.0	User-defined ID	CNTR				

Name	Data type	Start value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Writ-able from HMI/ OPC UA/ Web API	Visible in HMI engi-neering	Setpoint	Supervi-sion	Comment
▼ Static									
CU	Bool	false	True	True	True	True	False		
CD	Bool	false	True	True	True	True	False		
R	Bool	false	True	True	True	True	False		
LD	Bool	false	True	True	True	True	False		
QU	Bool	false	True	True	True	True	False		
QD	Bool	false	True	True	True	True	False		
PV	Int	0	True	True	True	True	False		
CV	Int	0	True	True	True	True	False		

Totally Integrated Automation Portal

Program blocks / System blocks / Program resources

IEC_Counter_0_DB_1 [DB6]

IEC_Counter_0_DB_1 Properties

General

Name	IEC_Counter_0_DB_1	Number	6	Type	DB	Language	DB
Numbering	Automatic						

Information

Title		Author	Simatic	Comment		Family	IEC
Version	1.0	User-defined ID	CNTR				

Name	Data type	Start value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Writ-able from HMI/ OPC UA/ Web API	Visible in HMI engi-neering	Setpoint	Supervi-sion				Comment
▼ Static												
CU	Bool	false	True	True	True	True	False					
CD	Bool	false	True	True	True	True	False					
R	Bool	false	True	True	True	True	False					
LD	Bool	false	True	True	True	True	False					
QU	Bool	false	True	True	True	True	False					
QD	Bool	false	True	True	True	True	False					
PV	Int	0	True	True	True	True	False					
CV	Int	0	True	True	True	True	False					

Totally Integrated Automation Portal

Program blocks / System blocks / Program resources

IEC_Timer_0_DB [DB7]

IEC_Timer_0_DB Properties

General

Name	IEC_Timer_0_DB	Number	7	Type	DB	Language	DB
Numbering	Automatic						

Information

Title		Author	Simatic	Comment		Family	IEC
Version	1.0	User-defined ID	IEC_TMR				

Name	Data type	Start value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Writ-able from HMI/ OPC UA/ Web API	Visible in HMI engi-neering	Setpoint	Supervi-sion	Comment
▼ Static									
PT	Time	T#0ms	False	True	True	True	False		
ET	Time	T#0ms	False	True	False	True	False		
IN	Bool	false	False	True	True	True	False		
Q	Bool	false	False	True	False	True	False		

Program blocks / System blocks / Program resources

IEC_Counter_0_DB_2 [DB8]

IEC_Counter_0_DB_2 Properties												
General												
Name	IEC_Counter_0_DB_2	Number	8	Type	DB			Language	DB			
Numbering	Automatic											
Information												
Title		Author	Simatic	Comment				Family	IEC			
Version	1.0	User-defined ID	CNTR									
Name		Data type	Start value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Writ-able from HMI/ OPC UA/ Web API	Visible in HMI engi-neering	Setpoint	Supervi-sion			Comment
▼ Static												
CU		Bool	false	True	True	True	True	False				
CD		Bool	false	True	True	True	True	False				
R		Bool	false	True	True	True	True	False				
LD		Bool	false	True	True	True	True	False				
QU		Bool	false	True	True	True	True	False				
QD		Bool	false	True	True	True	True	False				
PV		Int	0	True	True	True	True	False				
CV		Int	0	True	True	True	True	False				