

# SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DINÁMICO DE DOS TANQUES ACOPLADOS PARA EL CONTROL DE NIVEL Y MEZCLA DE DOS LÍQUIDOS PARA UNA ESTACIONARIA EN (MAYO DE 2022)

Yeraldin Kamila Salazar Dulce, Angie Lucia Portillo Villota

Resumen - El presente trabajo de grado tiene como finalidad realizar una programación para el control, medición y monitoreo de variables que se presenten en el sistema dinámico de dos tanques acoplados para la mezcla de dos líquidos, como lo son el volumen, caudal y número de ciclos, para tal fin, se emplean los conocimientos obtenidos en el diplomado CIP, sobre la automatización de sistemas mediante la programación en PLC donde su simulación de control se desarrolla mediante una interfaz gráfica en HMI donde le otorga al usuario la posibilidad de interactuar en tiempo real con el prototipo, evidenciando cambios y características presentadas en los parámetros iniciales suministrados por él usuario del entorno donde se lo implementará.

El sistema está compuesto por un tanque encargado de almacenar y mezclar el líquido y un segundo tanque que se encarga de realizar perturbaciones al sistema y dar paso al proceso de vaciado, compuesto por una un sensor de caudal

**Índice de Términos** – Caudal, Interfaz, Nivel, Sensor, Tanque, motobomba.

## I. INTRODUCCION

Actualmente en la agricultura se utilizan pesticidas para la desinfección de cultivos o cualquier tipo de superficies, cada uno está destinado a controlar y ser efectivo contra plagas específicas (hongos, insectos, ácaros, bacterias), con el fin de impedir la destrucción de cultivos. En la dispersión de estos químicos se utiliza fumigadoras, una herramienta que a través del tiempo han evolucionado desde mecanismos manuales a mecanismos con motor, facilitando las labores del agricultor de acuerdo a sus necesidades, hay que resaltar que el sistema se

puede utilizar para fumigar cualquier superficie ya que este puede tener diferentes usos, dependiendo del líquido o químico que se esté utilizando.

En la finca los cascabeles para fumigar se utilizan una estacionaria con accionamiento de motor a gasolina, caracterizada por estar siempre en un solo lugar, reduciendo gastos físicos, puesto que no es necesario trasportarla, evitando su carga y arrastre para abarcar las distancias del cultivo. Mas sin embargo no es un sistema completo ya que si se genera

más comodidad para liberar el peso del motor y el tanque que cargan los agricultores en la espalda, pero su almacenamiento y mezcla de los líquidos es limitada y se debe reabastecer manualmente.

Es por lo anterior que en este trabajo de grado se adicionara la automatización y control al proceso de reabastecimiento entre sistemas lineales y no lineales, donde el tanque nunca este vacío, para ello se lleva a cabo el censado de variables físicas, haciendo posible la diversidad de lazos de control entre los tanques mediante las señales obtenidas en la computadora de manera lógica, sistemática y analítica para la entrada, mezcla homogénea y salida de los fluidos. Detectando las mediciones y variaciones en tiempo real de volumen proporcionadas por el usuario mediante una interfaz gráfica HMI, dando por hecho este sistema de fumigación eficiente y completo.

## II. ESTADO DEL ARTE

### A) Teorema de Bernoulli – Principio de Torricelli

El teorema considera los tres tipos únicos de energía que posee el fluido que pueden cambiar de un punto a otro de la conducción. Estos tipos son: energía potencial gravitacional, energía cinética y energía debido a la presión de flujo (hidrostática).

La ecuación de Bernoulli y la ecuación de continuidad también nos dicen que si reducimos el área de la sección transversal de una tubería para aumentar la velocidad del fluido que pasa a través de ella, la presión se reducirá. Dentro del principio de continuidad se establece el caudal de entrada es igual al caudal de salida, donde  $Q$  es igual a caudal.  $Q_1=Q_2$

De manera que el volumen de entrada por unidad de tiempo debe ser igual al volumen de salida en el mismo tiempo.

### *B) Sensores Conductivos o Resistivos*

En líquidos conductores se pueden instalar electrodos en los puntos de alto y bajo nivel. Cuando el nivel de líquido se eleva hasta el electrodo superior, un relé eléctrico o electrónico es excitado. Con esto se cierra u circuito eléctrico o electrónico según sea el caso y por el mismo circula una corriente de aproximadamente 2mA (Estefani Marcano, 2016)

### *C) Sensor de Presión Hidrostática*

La presión en un líquido aumenta con la subida del nivel de llenado. Esta presión hidrostática se transmite a la célula de medición mediante una membrana (sensor membrana), manómetro (sensor manométrico) regulador del caudal (sensor de burbuja) o un diafragma (sensor de presión diferencial). La espuma, la forma de depósito, las fluctuaciones en las propiedades eléctricas del líquido y la forma del recipiente no tienen ninguna influencia sobre los valores de la medición (Estefani Marcano, 2016)

### *Sensor de Nivel Ultrasónicos sin Contacto*

Estos sensores incorporan un procesador de señal analógica, un microprocesador, decimal codificado en binario (BCD) switches de rango, y un circuito de salida del controlador. Transmite los impulsos a una puerta de señal de la ruta del microprocesador a través del procesador de la señal analógica del sensor, que envía un haz ultrasónico a la superficie del líquido. El sensor de nivel detecta el eco de la superficie y la envía de vuelta al microprocesador para una representación digital de la distancia entre el sensor y el nivel de la superficie. A través de una actualización constante de las señales recibidas, el microprocesador calcula los valores promedios para medir el nivel de líquido. (OMEGA, s.f.)

Con un sensor de nivel continuo, el microprocesador convierte el valor promediado para una señal analógica de 4 a 20 mA lineal con el nivel de líquido. Cuando el eco de nivel no vuelve al sensor en 8 segundos, la señal de salida del sistema cae por debajo de 4 mA, lo que indica una condición de bajo nivel o de tubo vacío. Con un sensor de punto, el microprocesador compara el valor medio con el ajuste del interruptor BCD y energiza un relé de salida, ya sea para la indicación de nivel alto o bajo. Una pérdida de señal superior a 8 segundos, desactiva el relé y restaura su estado original. La electrónica incorpora un retraso de medio segundo que minimiza los efectos de superficie debidos a la turbulencia. (OMEGA, s.f.)

### *D) Sensor de Nivel Ultrasónicos de Contacto*

Un dispositivo ultrasónico de baja energía dentro de los sensores de nivel de líquido en un punto determinado. Consta de un sensor montado en un punto determinado y un amplificador integrado de estado sólido, los sensores ultrasónicos de contacto no tienen partes móviles y no requieren calibración. Típicamente, están equipados con bloques de terminales para la conexión de una fuente de alimentación y dispositivos de control externos. La señal ultrasónica atraviesa un hueco de 12 mm en el sensor, controlando los interruptores de relé cuando la brecha contiene líquido. El nivel de detección está en el medio a lo largo del espacio donde los sensores están montados en horizontal. En la parte superior, por sensores montados verticalmente. A medida que el líquido cae por debajo de este nivel, la señal ultrasónica atenúa y finalmente conmuta el relé a su estado anterior.

Estos sensores de nivel se utilizan en tanques o conductos para operar automáticamente las bombas, válvulas de solenoide, y las alarmas de alta / baja. Para llenar y vaciar tanques de agua dos sensores de nivel de agua serían necesarios, como también para medir volúmenes de líquido. Compatible con la mayoría de los líquidos, no se ven afectados por los revestimientos. Sin embargo, los líquidos con alta aireación y líquidos viscosos suficiente como para obstruir la luz del sensor, puede causar problemas. (OMEGA, s.f.)

### *E) Sensor de Nivel por Capacitancia*

Al igual que los sensores ultrasónicos, los sensores por capacitancia pueden manejar medición de nivel puntual o continua. Usan una sonda para monitorear los cambios de nivel de líquido en el tanque, acondicionando electrónicamente la salida a valores capacitivos y resistivos, que se convierten en señales analógicas. La sonda y el recipiente equivaldrán a las dos placas de un capacitor, y el líquido equivaldrá al medio dieléctrico. Debido a que la señal emana solo de cambios de nivel, la acumulación de material en la sonda no tiene efecto. Los recipientes de fluido no conductor pueden indicar sondas dobles o una banda conductora externa.

La sonda, que puede ser rígida o flexible, normalmente usa alambre conductor con aislamiento de OPTE. El uso de acero inoxidable como material de la sonda ofrece la sensibilidad adicional que se necesita para medir líquidos que son no conductores, granulares, o de propiedades dieléctricas bajas (constante dieléctrica menor de 4). Se deben usar sondas flexibles cuando no hay suficiente espacio libre para una sonda rígida, o en aplicaciones que exigen longitudes muy

grandes. Las sondas rígidas ofrecen estabilidad más alta, especialmente en sistemas turbulentos, donde la oscilación de la sonda puede causar fluctuaciones en la señal. (OMEGA, s.f.)

#### *F) TIA Portal*

El Portal de automatización totalmente integrada (TIA Portal) proporciona acceso sin restricciones a una gama completa de servicios de automatización digitalizada, desde la planificación digital y la ingeniería integrada hasta la operación transparente. La nueva versión reduce el tiempo de comercialización, por ejemplo, por medio de herramientas de simulación, aumenta la productividad de tu planta a través de diagnósticos adicionales y funciones de administración de la energía y te ofrece una mayor flexibilidad conectándose con el nivel de administración. Benefician a los integradores de sistemas y fabricantes de equipos, así como a los operadores de planta. Por lo tanto, TIA Portal es la puerta de acceso perfecta a la automatización de la empresa digital. Como parte de la Digital Enterprise Suite, junto con PLM y MES, complementa la variedad integral de ofertas de Siemens para empresas que van en camino a Industria 4.0 (SIEMENS, s.f.)

El software TIA PORTAL es denominado por SIEMENS como un concepto que integra diferentes herramientas de automatización en un solo paquete, siendo útil para PLC, paneles de operador, redes de comunicación y otros dispositivos (Vásquez, 2014).

#### *G) PLC*

Es un controlador lógico programable (Programmable Logic Controller – PLC). Un PLC es un “cerebro” que activa los componentes de la maquinaria para que desarrollen actividades potencialmente peligrosas para las personas, muy lentas o imperfectas.

La funcionalidad es un aspecto a medida en el desarrollo del PLC. Pues el proveedor desarrolla las funciones según las necesidades de control, registro, monitoreo, del proyecto que se está desarrollando.

Básicamente, la función que tiene un PLC es detectar diversos tipos de señales del proceso, y elaborar y enviar acciones de acuerdo a lo que se ha programado. Además, recibe configuraciones de los operadores (programadores) y da reporte a los mismos, aceptando modificaciones de programación cuando son necesarias. (SRC, s.f.)

#### *H) Simatic HMI*

Es una interfaz de usuario o panel que conecta a una persona a una máquina, sistema o dispositivo. Si bien el término puede aplicarse técnicamente a cualquier pantalla que permita a un usuario interactuar con un dispositivo, la HMI se usa más comúnmente en el contexto de un proceso industrial.

Es esencialmente un centro de comunicación que actúa como una puerta de entrada a su sistema de control. Como tal, debe proporcionar conectividad y admitir una variedad de protocolos

para tender un puente sobre la comunicación entre la aplicación de control y la planificación de recursos empresariales (ERP).

El acceso remoto permite a los usuarios monitorear y solucionar problemas donde sea que estén. Y es una capacidad crucial en el mundo móvil de hoy, una que ayudará a minimizar e idealmente evitar el tiempo de inactividad del sistema. También permite a los usuarios modificar o actualizar remotamente la aplicación HMI. (GSL industrias , s.f.)

### III. JUSTIFICACIÓN

Para mejorar los tiempos de trabajo en el operario y disminuir los esfuerzos físicos que conlleva en llenar manualmente el tanque de almacenamiento donde se realiza la mezcla de agua e insumos químicos para el control de plagas se realizara un llenado del tanque automático, y en tiempos sincronizados para que la funcionalidad de la estacionaria no se detenga hasta que se lo requiera, con una programación automática de los ciclos que debe realizar para cumplir con la cantidad seleccionada por el operario a la necesidad de las extensiones de tierra, para esto se establecerá una variable de volumen, que podrá ser cambiada por el usuario y esta automáticamente establecerá los ciclos se escogerá por la cantidad de líquido que se necesite y este será seleccionado por el mismo operario que realizara la fumigación, donde el proceso de selección lo hará independientemente a las cantidades necesarias por litros de agua y mililitros de insumos.

### IV. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El control de plagas y enfermedades es uno de los factores más importante para el desarrollo de los cultivos, se denomina una plaga agrícola a todo aquel animal que se alimenta de plantas, reduciendo la producción, disminuyendo el valor y aumentando los costos. La guía del manejo integrado de plagas dice que; “Eso también reduce el riesgo de la salud humana y el medio ambiente” (JICA, 2019) esto nos da a entender que el control de las plagas en los cultivos es importante para la sanidad en los productos agropecuarios para

### V. OBJETIVOS

#### *A. Objetivo general*

Realizar la simulación de un sistema didáctico de dos tanques acoplados para controlar el reabastecimiento, nivel y mezcla de dos líquidos para una estacionaria.

## B. Objetivos específicos

- Definir un diseño para el prototipo en simulación.
- Analizar el modelo matemático para el correcto funcionamiento del prototipo en simulación.
- Definir los elementos adecuados que compongan la automatización.
- Definir un software sofisticado de ingeniería que facilite implementar y cambiar las variables de los modelos matemáticos de forma sencilla para la simulación del prototipo.
- Realizar una interfaz gráfica en HMI para una mayor interacción entre el usuario y el control del sistema.

## VI. METODOLOGÍA

Con la automatización del sistema didáctico de dos tanques acoplados para el almacenamiento, se espera que el sistema de fumigación con una estacionaria sea eficiente y completa, donde su reabastecimiento y mezcla de los químicos sean automáticos, permitiendo al usuario definir los valores de las variables de acuerdo a sus necesidades, sea del entorno o del operario, mediante una interfaz gráfica HMI. Realizando de esta forma el trabajo de fumigación con tranquilidad, disminuyendo esfuerzos físicos y pérdidas de tiempo de trabajo para el agricultor, sin necesidad de retornar al sitio de almacenamiento.

## VII. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PROPUESTA DE GRADO

En la finca los cascabeles se quiere automatizar y controlar la retroalimentación de fluidos para que el rendimiento de una estacionaria como el proceso de fumigación sea eficaz y evitar pérdidas de tiempo como también los retornos del agricultor hasta el tanque, para ello se le adecuara el diseño y modelado de dos tanques acoplados, como primera instancia se realiza previamente el ingreso de los fluidos para el almacenamiento del agua y pesticida en un tanque, las variables de volumen o cantidad de fluido según la tabla de dosificación la puede ingresar el operario mediante la interfaz gráfica de una pantalla HMI, y esos son calculados por medio de un sensor de caudal cada uno, cuando este tenga su mezcla realizada se activara un motor para que haga un movimiento circular entre los fluidos y estos sean homogéneos, al realizar las dos etapas pasara mediante una tubería hacia el tanque que estará en perturbación y conectado a la válvula de salida de la estacionaria, obteniendo así una retroalimentación durante todo el proceso o la cantidad que el operario programe mediante una interfaz de acuerdo a sus necesidades durante las jornadas de trabajo.

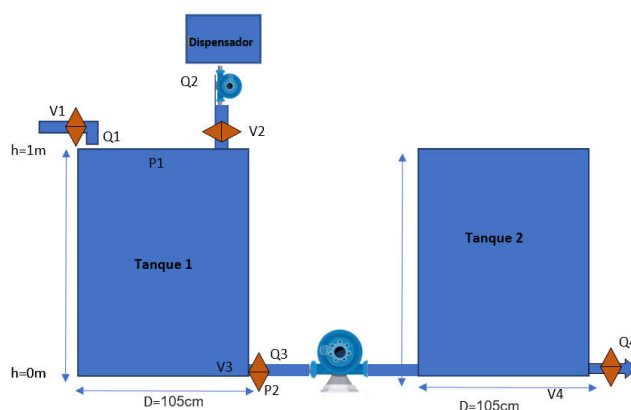
## VIII. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE GRADO

Para el desarrollo de la propuesta de grado se implementará la metodología que anteriormente se describe en la tabla 1 dando seguimiento de cada paso para encontrar un correcto funcionamiento en la dinámica del sistema, haciendo que este tenga gastos reducidos en materiales y elementos para la construcción del prototipo.

Como parámetro inicial se pretende que el tanque de almacenamiento que va conectado a la válvula de salida de la estacionaria siempre tenga fluido para no tener intervalos interrumpidos de tiempo para el trabajo de fumigación, por ende se determina que la mezcla de los dos fluidos (agua y pesticida) no se pueden realizar en un mismo tanque por la perturbación que estaría presentando durante todo el proceso, generando una mezcla alterada que podría tener consecuencias desfavorables en el crecimiento de las plantas. Por derivación de este factor muy importante, se determina el acople de dos tanques, donde uno realice un pre almacenamiento y mezcla con la cantidad exacta de agua que necesita el insumo y realizar la mezcla mediante un motor que se encarga de revolver y esta sea homogénea.

**Figura 1**

*Diseño del Sistema de dos Tanques Acoplados*



*Modelo Matemático*

Para ver el comportamiento de los fluidos en todo el proceso realizaremos un modelo matemático basado en un modelo lineal para el primer tanque y un modelo no lineal para el segundo tanque con accionamiento de válvulas.

*Datos Recolectados del Entorno*

En la visita de campo a la finca los Cascabeles del municipio de Samaniego se observó que para calcular la dinámica de los fluidos es muy importante tomar las medidas exactas de las variables físicas que están predeterminadas por el entorno, como, el caudal de la tubería que llega al sistema y el volumen máximo de los tanques de almacenamiento para determinar los

instrumentos y elementos de control como también realizar las condiciones de accionamiento.

### Medición del Caudal por Método Volumétrico

Al no contar con las herramientas tecnológicas para detectar la velocidad y el caudal del agua con la que se llena el tanque se realiza una medición del caudal por un método volumétrico, este proceso consiste en lo siguiente; cuando se abre la válvula se espera un tiempo estimado entre 30 a 40 segundos, cuando se observe que el caudal es constante se sitúa la manguera dentro del tanque de almacenamiento con un volumen de 500 litros y se toma el tiempo hasta que este se llene, este proceso se repite tres veces para luego sacar un promedio.

$$t_1 = 15\text{min}; \quad t_2 = 14.90\text{min}; \quad t_3 = 15.30\text{min}$$

- Promedio:

$$t = 15.06\text{min} \approx 15\text{min}$$

- Datos obtenidos:

$$t_3 = 900\text{s}$$

$$\text{Volumen} = V = 500\text{lt} = 0.5\text{m}^3$$

Por medio de la fórmula del flujo volumétrico se define la cantidad de agua en litros que pasa por una sección transversal en medida del tiempo, se realiza la conversión de litros a metros cúbicos como también la conversión del tiempo de minutos a segundos y se reemplaza en la siguiente fórmula.

$$Q_1 = \frac{V}{t} = \frac{0.5\text{m}^3}{900\text{s}}$$

$$Q_1 = 5.55 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$$

Como resultado se obtiene que pasa  $5.55 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$ , este caudal se lo denomina como caudal 1 de entrada para el primer tanque.

### Tanque de Almacenamiento.

Aprobados por la F.D.A. Cumplen con el método de Migración Global para plásticos, avalado por la ONAC (Universidad Nacional). NTC 5022 y NTC 4384, de fabricación para proceso de roto moldeo. Evitan la producción de algas y bacterias debido a su color negro. Son Tanques de fácil manejo para su instalación, transporte y almacenamiento. Poseen aletas que permiten que la tapa permanezca fija. Poseen aditivo U.V. que bloquea los rayos ultravioletas, haciéndolos resistentes a la intemperie.

**Figura 1**

Tanque Almacenamiento (HOMECENTER, 2021)



**Tabla 1**

Propiedades del Tanque de Almacenamiento

<b>Capacidad</b>	500 litros
<b>Medidas</b>	103x105 cm
<b>Material</b>	Polietileno
<b>Uso</b>	Industrial / Residencial / Institucional
<b>Origen</b>	Colombia

### Flujo Volumétrico a Través de una Válvula

Para el esquema anterior representado en la figura 4 en este proyecto la variable  $k$  la consideraremos una constante con solo dos estados que varía de cero a uno en todas las válvulas de entrada y de salida, donde uno representa que la válvula está totalmente abierta y cero representa que la válvula está totalmente cerrada.

Se supone que el flujo de entrada  $Q_e$  es proporcional a la abertura de la válvula  $k$  de entrada considerando un suministro constante.

$$Q_1 = k \cdot q_1$$

$$Q_1 = 1 * \frac{5.55 \times 10^{-4} \text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_1 = 5.55 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$$

Donde:

- $k$  = abertura de la válvula
- $q_1$  = caudal de entrada 1

Para el flujo de entrada del agua en el tanque 1 se define con un

Altura (m)	Caudal $m^3/s^2$
0.5785877659	0.000469734
0.4	0.000371644
0.3	0.000321853
0.2	0.000262791
0.1	0.000185822
0	0

caudal constante de  $5.55 \times 10^{-4} m^3/s$ .

*Nivel Máximo del Tanque*

Datos proporcionados por el tanque:  
 $V = 500lt = 0.5m^3$

$$r = 0.525m$$

Volumen de un tanque

$$V = \pi r^2 h$$

Donde:

V= volumen.

r = radio del tanque.

h = altura.

Se despeja Altura

$$h = \frac{V}{\pi r^2} = \frac{0.5m^3}{\pi(0.5m)^2}$$

$$h = 0.5785877659m$$

*Área Transversal de una Válvula Solenoide de 1/2"*

Datos:

$$D = 13mm$$

$$r = 6.5mm$$

Formula del área transversal.

$$a = \pi r^2 = \pi r^2$$

$$a = 132.73mm^2 = 0.00013273m^2$$

Donde:

r = radio de la sección transversal de la válvula

*Caudal de Salida para el Tanque 1 ( $Q_3$ )*

Datos del tanque 1:

$$D = 1.05m$$

(diámetro).

$$r = 0.525m$$

$$a = 0.00013273m^2$$

válvula.

$$k = 1$$

Abertura de la válvula.

$$h = 0.5785877659m$$

del tanque a 500lt

Ancho del tanque

Radio del tanque.

Área transversal de la

Formula de Bernoulli:

$$Q = A * v$$

Remplaza v. en ecuación de Bernoulli

$$Q_3 = a.k.\sqrt{2.g.h}$$

*Modelo Estático del Caudal en Variación a la Altura Aplicando la Ecuación de Bernoulli.*

Como se puede observar en la tabla 3 el caudal, varía dependiendo a la altura en la que este el fluido, debido a que no hay un caudal constante se debe determinar si su función es apta para el tiempo de vaciado.

**Tabla 2.**

*Caudal con Diferencia de Altura*

*Tiempo de Vaciado del Tanque 1 al Tanque 2*

Datos:

$$D = 1.05m \text{ Diámetro}$$

$$r = 0.525 \text{ radio}$$

$$h = 1m$$

Diferencia de tiempo.

$$\Delta t = -2 \frac{A_t/A_v}{\sqrt{2g}} \left[ h_2^{\frac{1}{2}} - h_1^{\frac{1}{2}} \right]$$

$$\Delta t = -2 \frac{(\pi(D)^2/4)/(\pi(D)^2/4)}{\sqrt{2g}} \left[ h_2^{\frac{1}{2}} - h_1^{\frac{1}{2}} \right]$$

$$\Delta t = -2 \frac{(\pi(1.05m)^2/4)/(\pi(0.013m)^2/4)}{\sqrt{2g}} \left[ 0m^{\frac{1}{2}} - 1m^{\frac{1}{2}} \right]$$

$$\Delta t = 2947.093086s$$

$$\Delta t = 49.11min$$

Donde:

$A_t$  = área transversal del tanque

$A_v$  = área transversal de la válvula

### Elementos de Automatización

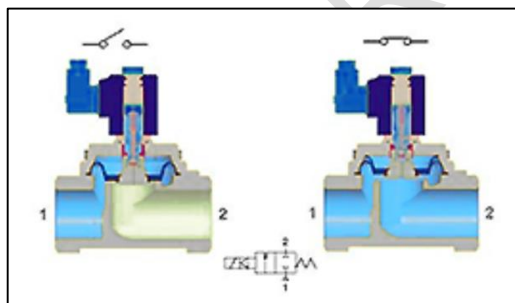
Analizando el modelo matemático que se realizó previamente, se observa que el tiempo de vaciado de los líquidos es muy extenso y puede causar una incomprensión en la programación dentro de tía portal, por ende, para el paso del fluido se adaptaran electrobombas de media presión, como también se implementara un sensor de caudal para detectar el nivel de agua exactamente como lo ingresar el usuario dependiendo a sus necesidades.

#### Válvula Solenoide

Para el control de entrada y salida de los fluidos del sistema, se implementa una válvula solenoide, este es un dispositivo que opera electrónicamente siendo útiles para el control remoto de fluidos, con un tipo de válvula de dos vías, una de entrada y una de salida como se muestra en la Figura 5, su material es de acero inoxidable como se observa en la Figura 6, Esta válvula tiene roscas de 1/2". Normalmente la válvula está cerrada, un muelle de retorno mantiene el émbolo presionado contra el orificio, impidiendo el paso de caudal. Cuando se energiza la bobina de solenoide, el campo magnético resultante hace elevarse el émbolo, permitiendo así el caudal. Cuando se aplica 12VDC a los dos terminales, la válvula se abre y el agua puede pasar a través. La válvula tiene una disposición de junta interior. Además, el líquido puede fluir sólo en una dirección.” (Electronilab, 2021)

**Figura 2**

Válvula Solenoide



Para la implementación de las válvulas en las entradas y salidas de los fluidos con productos químicos en el sistema, se determina un material adecuado como se muestra en la Figura 6 “Las Aplicaciones típicas relacionadas con el agua son muy adecuadas para las electroválvulas de latón, incluso de plástico,

pero si se utilizan para la limpieza de alimentos o sistemas de procesamiento químico utilizando productos químicos antibacteriales corrosivos como se aplica en este proyecto, esto puede hacer que las válvulas de latón o plástico sean inadecuadas, por ende se debe usar válvulas de solenoide de acero inoxidable” (SAPIENSMAN, 2022).

**Figura 3**

Válvula Solenoide de Acero Inoxidable



Nota. Válvula Solenoide de acero inoxidable de dos vías. Adaptado de imagen válvulas solenoide de Sapiensman 2022 ([www.sapiensman.com/tecnoficio](http://www.sapiensman.com/tecnoficio)).

#### Sensor de Flujo de Agua

El sensor viene con tres cables: rojo (potencia 5 -24VDC), negro (a tierra) y amarillo (salida de impulsos de efecto Hall). Al contar los pulsos de la salida del sensor, puede seguir fácilmente el movimiento del fluido: cada pulso es de aproximadamente 2,25 mililitros.” (Electronilab, 2021)

**Figura 4**

Sensor de Caudal



Bomba de Dosificación Peristáltica

Para la dosificación del veneno se implementa una Bomba de Dosificación peristáltica – 12 VDC como se muestra en la Figura 8, “Adecuado para acuario, productos químicos, líquidos, aditivos de dosificación. Ambiente de trabajo: Temperatura de 0 a 40 °C, humedad relativa <80%, Caudal: 19-100 ml / min, Rango de velocidad: 0,1 a 100 rpm, RPM del motor: 5000 rpm, Tamaño de unidad (Φ x H): Diámetro 27,6 x altura 37.9 (mm)” (Electronilab, 2021).

**Figura 5**

*Bomba de Dosificación*



*Bomba Presurizadora Automática 1/6 Hp Para Agua*

**Figura 6**

*Bomba Presurizadora Automática*

El paso del agua del tanque 1 al tanque 2 se da a través de una bomba presurizadora, esto evita en gran escala la implosión de la cavitación y turbulencias de agua debido a la caída libre,



*Nota.* Bomba Presurizadora Automática, trasporta el agua del tanque 1 al tanque 2. Adaptado de Mercado Libre 2022

(<https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-615785374-bomba-presurizadora-automatica-16-hp-para-agua-truper>)

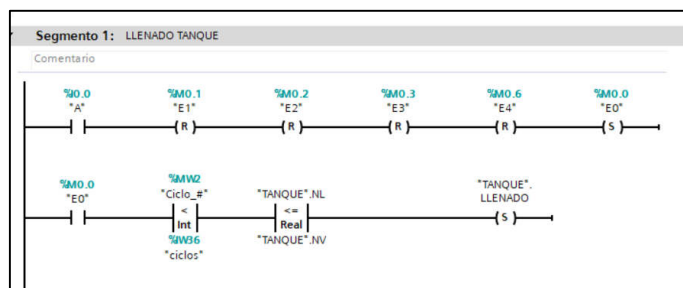
*Programación en Tía Portal*

Como primera instancia dividimos el proceso en cinco etapas, para el control de las siguientes condiciones; cuando los tanques estén vacíos la válvula 1 se abre para dar paso al llenado del agua que el operario requiera mientras la válvula 3 del primer tanque permanezca cerrada, cuando el primer tanque se llene con la cantidad exacta de agua se cierre la válvula 1 impidiendo el paso de más agua. Para el vaciado del pesticida se abre la válvula 2 mientras la válvula 1 y 3 del primer tanque permanece cerrada, una vez ingresadas las cantidades exactas que el operario requiera la válvula 2 se cierra. Ya teniendo almacenado los dos fluidos en el primer tanque se enciende un motor con aspas para una mezcla homogénea durante treinta segundos. Una vez realizado las anteriores condiciones se abre la válvula de salida del tanque uno para dar paso a la mezcla de los dos líquidos al segundo tanque. Una vez haya pasado el líquido al segundo tanque se abrirá la válvula 4 abriendo el paso hacia la estacionaria para su respectiva fumigación.

Para inicializar el llenado del tanque tenemos como primer segmento como se indica en la Figura 9, una variable de tipo booleano (A) que representa un interruptor de inicialización para la etapa cero, dejando las demás etapas desactivadas. Para que llevar el control de los ciclos que se requiere repetir se pone un comparador denominado “Ciclo\_#” almacenado en %MW2. Como también se hace una comparación el nivel actual del tanque en volumen al nivel mínimo, denominado como “TANQUE”.NL para el nivel actual y “TANQUE”.NV para el nivel mínimo. Una vez cumplidas las condiciones se activa la variable “TANQUE”. LLENADO.

**Figura 7**

*Llenado del Tanque 1*



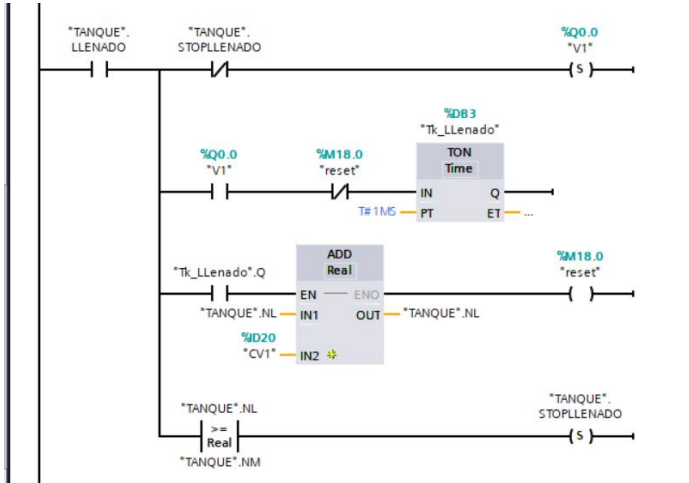
Una vez activado la variable tipo booleano “TANQUE”. LLENADO y desactivado la variable “TANQUE” STOPLLENADO se activa la válvula 1 permaneciendo las demás desactivadas como se muestra en la Figura 10. Una vez activada la válvula 1 se procede activar un sensor de caudal que pasa por la sección transversal de la válvula, este caudal será controlado a través de un contador denominado “Tk\_Llenado” que cuando cumpla la cantidad exacta que ingrese el usuario se activará la variable “TANQUE” STOPLLENADO. Para el



correcto funcionamiento del contador “Tk\_Llenado” se le denomina una variable “reset” para que cada milisegundo realice la medición del volumen que va ingresando.

**Figura 8**

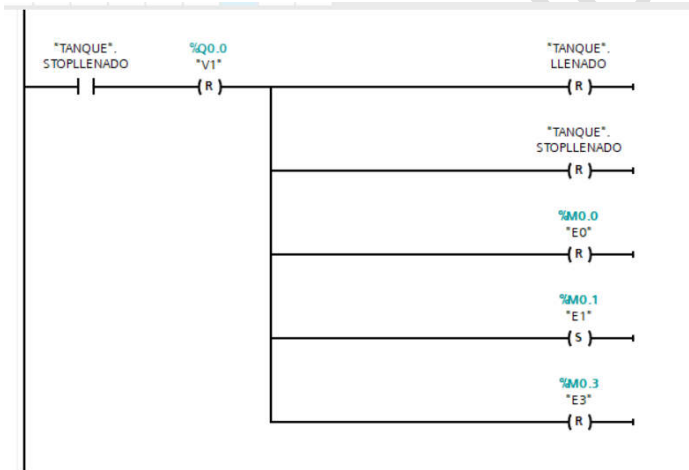
*Stop del Llenado del Tanque 1*



Cuando el volumen solicitado haya ingresado al tanque y se active la variable “TANQUE”. STOPPLENADO se desactivará la variable “V1” poniéndose en (R) donde la válvula 1 se cerrará, desactivando la etapa cero como también la etapa 3 para el vaciado del primer tanque. Dando paso a la activación de la etapa 1 como se muestra en la Figura 11.

**Figura 9**

*Activación Etapa 1*

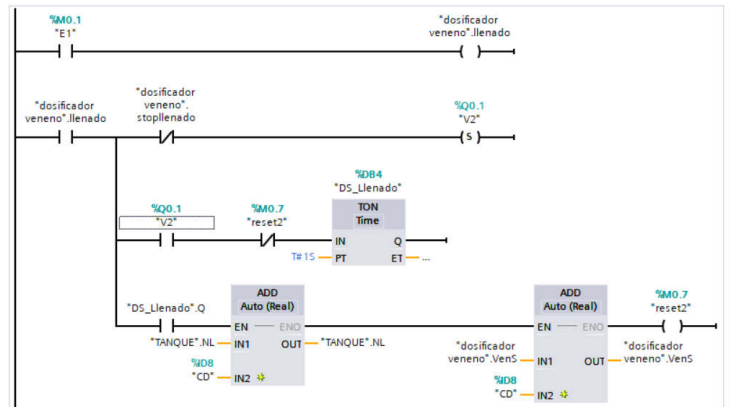


Pasamos a una nueva etapa como se muestra en la Figura 12, una vez activada la etapa 1 se activa la bandera del dosificador de veneno, poniendo en uno la válvula dos que esta denominada como “V2”, al activarse la válvula y dar paso al líquido, se activa un sensor de caudal denominado “DS\_Llenado” el cual mide el volumen que ingresa a través del

tiempo, este caudal es controlado mediante un contador del caudal que ingresa y llevando el control del volumen total del tanque sumando el ingreso del liquido del dosificador realizando un conteo hasta cumplir la cantidad exacta que el usuario haya ingresado, este contador es activado mediante la variable “DS\_Llenado”. Q.

**Figura 10**

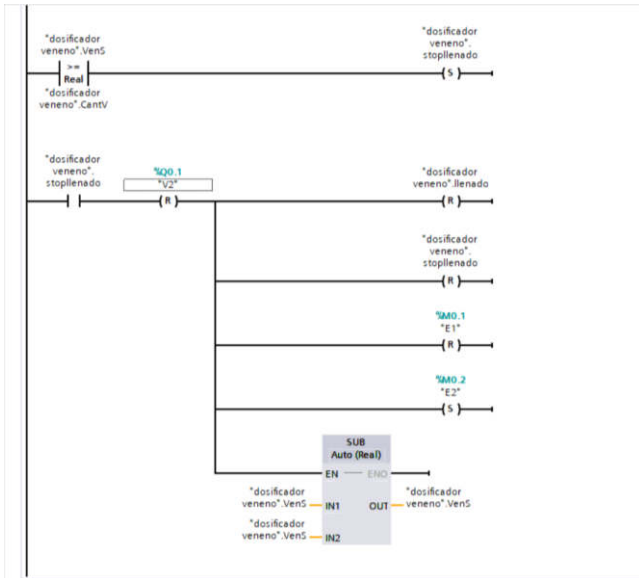
*Dosificador de Veneno*



Una vez ingrese la cantidad de líquido del dosificador solicitada por el usuario se activará la variable “dosificador veneno”stopllenado como se muestra en la Figura 13, desactivando la válvula 2 poniéndola en cero y desactivando la bandera de dosificador del veneno parando el vaciado del líquido. Al desactivarse la válvula 2 se desactiva la etapa 2 y da paso activarse l etapa 3 para activarse el motor, y se coloca en ceros la variable “dosificador veneno”Vens para un nuevo ciclo.

**Figura 11**

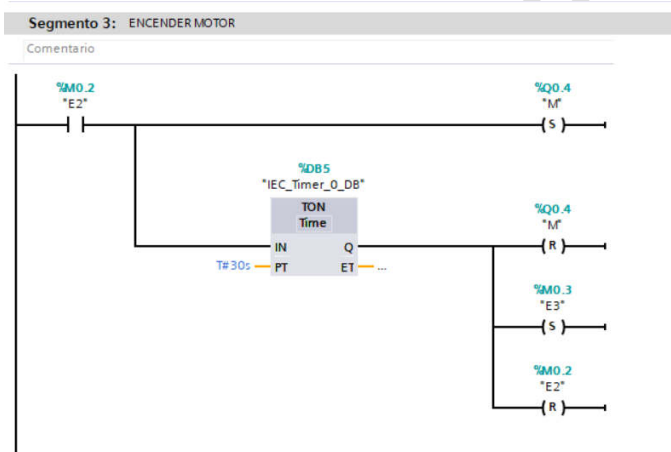
*Abertura de Válvula en Dosificador de Veneno*



Al activarse la etapa tres representada por E2 da paso a encender el motor como se muestra en la Figura 14, realizando un movimiento uniformemente circular conectado a un aspa. En el momento que la bandera “M” se activa envía una señal a un temporizador de manera que envía un pulso durante treinta segundos para encender el motor y al pasar el tiempo programado este deja de pasar la señal y el motor se apaga.

**Figura 12**

*Activación Etapa 3 (E2) Motor Encendido*

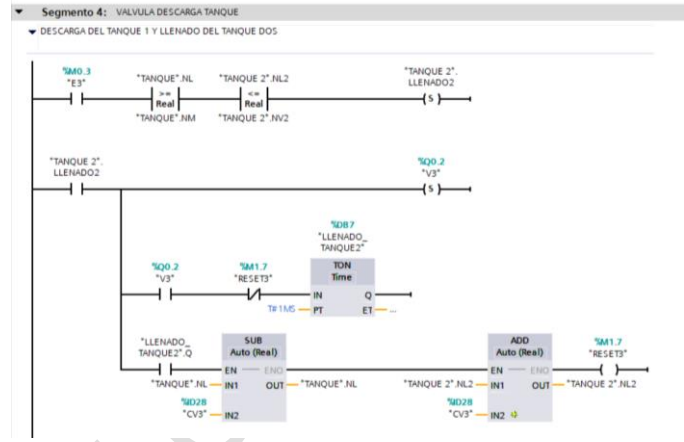


Al activarse la etapa 4 (E3), y si se cumplen las comparaciones de nivel en el tanque uno y dos, se activará la variable “TANQUE 2” LLENADO2 como se muestra en la Figura 15, cuando esté activada se abrirá la válvula 3(v3) y se procederá al vaciado del tanque 1 y el llenado del tanque2, se iniciará un temporizador TON con el cual medimos el paso del tiempo de

un milisegundo y este se reiniciará después de que se efectuó la suma y/o resta del volumen que salió de tanque1 y entra en el tanque2.

**Figura 13**

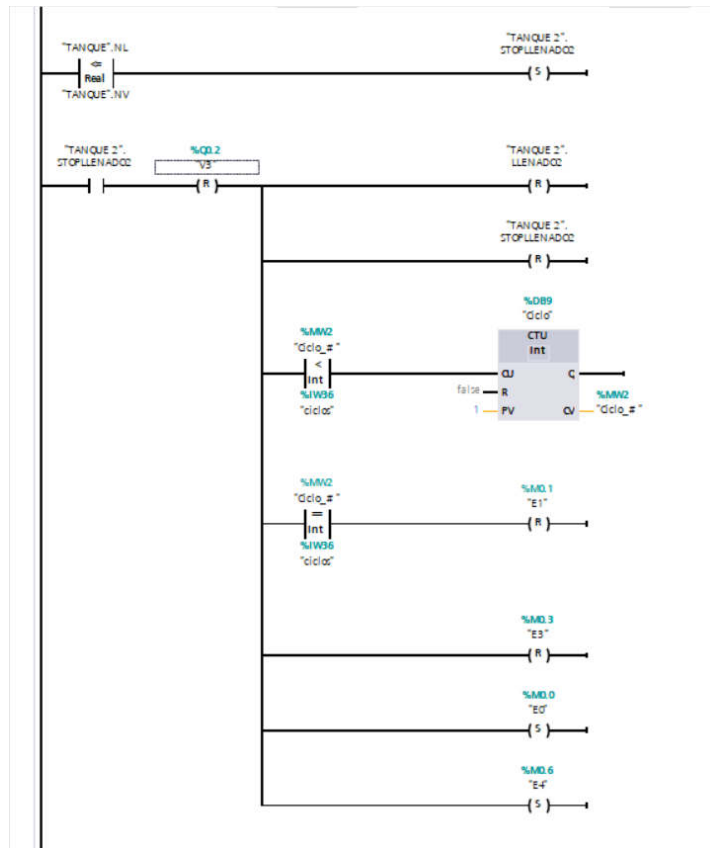
*Válvula de descarga en Tanque 1*



Cuando este vacío totalmente el tanque 1 se activará la variable “TANQUE 2”. STOPLLENDAO2 como se muestra en la Figura 16. Si la activación es exitosa se cerrará la válvula 3(v3) y se desactivaran las variables “TANQUE 2”. LLENADO,” TANQUE 2”. STOPLLENDADO2, (E3) y se activaran la variable E0 y E4; además de que se sumara 1 al contador en ciclo\_#.

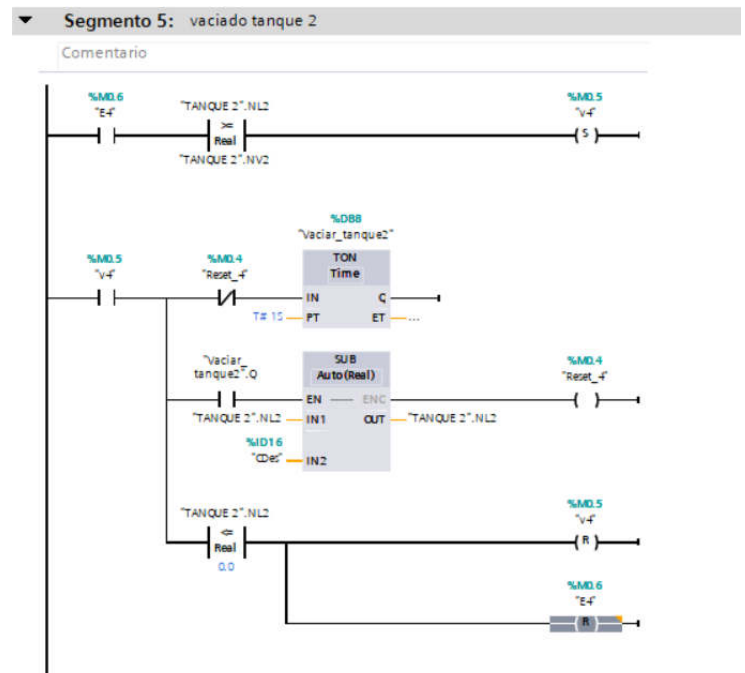
**Figura 14**

*Ciclo de Llenado al Tanque 1*



**Figura 15**

*Caudal de Salida del Tanque 2*



*Simulación en SIMATIC HMI*

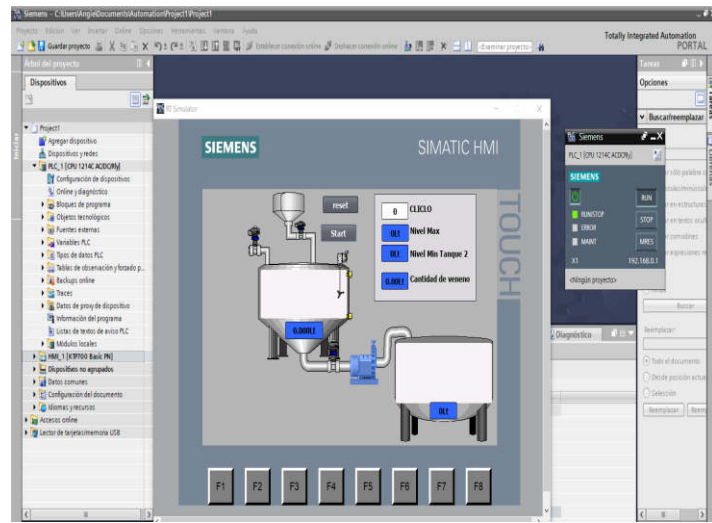
Para la etapa 5 (E4) como se muestra en la Figura 17, si el volumen del tanque 2 es igual o mayor al volumen mínimo dado por el usuario se abrirá la válvula 4 (v4) y, se iniciará un temporizador TON con el cual medimos el paso del tiempo de un milisegundo y este se reiniciará después de que se efectuó la resta del volumen que salió del tanque2 hasta que este se vació.

Dentro del programa de Tía Portal existe la manera de simular virtualmente, donde esta se parece mucho a la pantalla HMI en físico. Por ende, el proyecto se lleva a cabo mediante la simulación en una pantalla HMI en SIEMENS, al mismo tiempo conectar con el dispositivo PLC.

como se puede observar en la figura 14 se realiza las pruebas del funcionamiento del código en el programa de Tía Portal y también se realiza una interfaz gráfica para la interacción con el usuario y este ingrese los datos que necesite para su trabajo, se utiliza WinCC RT simulator y PLCSIM donde con ello se realiza la simulación con sus respectivas interconexiones del código ladder a un PLC\_1[CPU 1214C AC/DC/R1y] y para su simulación gráfica, del funcionamiento y de su pantalla HMI se realiza en “WinCC RT simulator” con SIMATIC HMI. cumpliendo con los objetivos planteados en el proyecto.

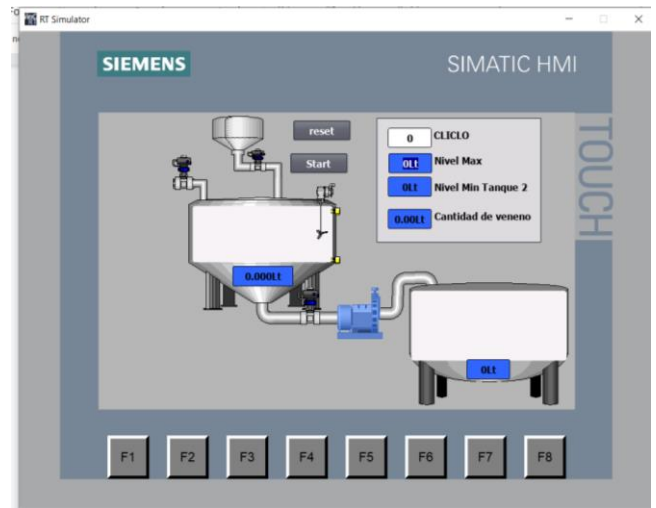
**Figura 16**

*Simulación en Simatic HMI*



**Figura 17**

*Interfaz Gráfica HMI*



Se lleva a cabo la simulación de un sistema para el control de nivel y mezcla de líquido para una estacionaria mediante los anteriores programas mencionados con una efectividad del 100% a las necesidades del entorno la finca los cascabeles y del operario, llevándolo más allá de un entorno en específico, donde este sistema de control se lo puede adaptar a varios campos de trabajo de fumigación ya que está capacitado para solventar las cantidades de distribución necesarias en tiempo real, permitiendo al usuario configurar en la pantalla HMI los datos que se requieran para completar un trabajo.

Como se puede observar en la figura 19 la pantalla HMI está configurada con el fin de que este tenga una interfaz gráfica que facilita el control del sistema con una mayor interacción de lenguaje con las necesidades del usuario, como objetivo generar es el control de nivel y de mezcla de los líquidos que se utilizan para la fumigación, por ende como se ha mencionado anteriormente el diseño del sistema es con dos tanques acoplados para que en el primer tanque realice la mezcla del pesticida con agua a un nivel que el operario decida, con el fin de que se utilice la cantidad exacta que el entorno a fumigar necesite, es por ello que se implementa los sensores de caudal para su respectivo control.

Como primera instancia el sistema empieza con el llenado de agua del tanque 1 para realizar la mezcla, es por ello que en la interfaz el operario puede ingresar los datos de las cantidades exactas del agua que requiere por la cantidad de veneno como se puede observar en la Figura 20, en la casilla de nivel max. como se observa en la figura 16. por ejemplo, donde se ingresa un valor de 500 Lt, casilla por la cual se puede aplicar cualquier valor, donde la única limitante de la cantidad de agua por ciclo en el sistema debe ser el volumen máximo que tenga el tanque de almacenamiento.

**Figura 18**

*Nivel Máximo de Agua*



Continuando con el proceso, después de llenar el tanque 1 con agua se debe ingresar el pesticida para su respectiva mezcla mediante un dispensador como se muestra en la figura 18 ubicado en la parte superior

del tanque 1, es por ello que el sistema puede adoptar los datos necesarios puestos por el operario en la casilla “cantidad de veneno” y ser relacionada según la cantidad de agua que se esté utilizando, por ejemplo se muestra en la Figura 21 la cantidad de veneno es de 1 Lt por 500 Lt de agua. dando continuidad al movimiento circular de un motor con aspas para la respectiva mezcla homogénea de los dos productos.

con el fin de que el usuario pueda jugar con las cantidades de líquidos y sus ciclos para completar sus jornadas de trabajo con las cantidades exactas que se requieran en una extensión de tierra, por ejemplo: si una extensión de tierra de 1 hectárea requiere 1200 Lt para su fumigación, el operario puede ingresar tres ciclos de 400 Lt antes de comenzar su jornada de trabajo y así evitar desperdicios en sus pesticidas, mejorando sus rendimientos de trabajo.

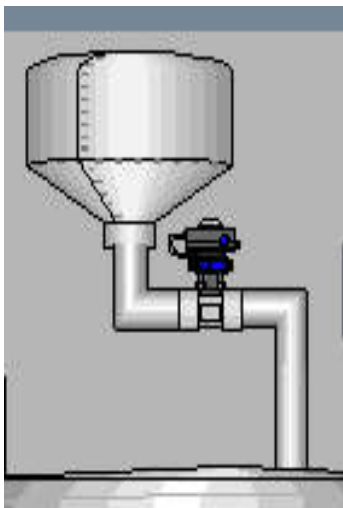
**Figura 19**

*Cantidad de Pesticida (Veneno)*



**Figura 20**

*Dispensador de Veneno*



De esta forma se realiza el control de nivel y de mezcla de los fluidos para la fumigación con estacionaria en una finca, más sin embargo las extensiones de tierra en las que se utiliza la fumigación son muy extensas las cuales no alcanzaría los litros máximos de un tanque de almacenamiento, es por ello que este sistema de control está realizado principalmente para que el reabastecimiento de esta mezcla sea automática sin tener la necesidad de que el operario tenga que retornar al sitio de almacenamiento, por ende hay una casilla donde el operario puede ingresar el número de veces que necesite de esta mezcla como se puede observar en la figura 23 en la casilla de “ciclos”

**Figura 21**

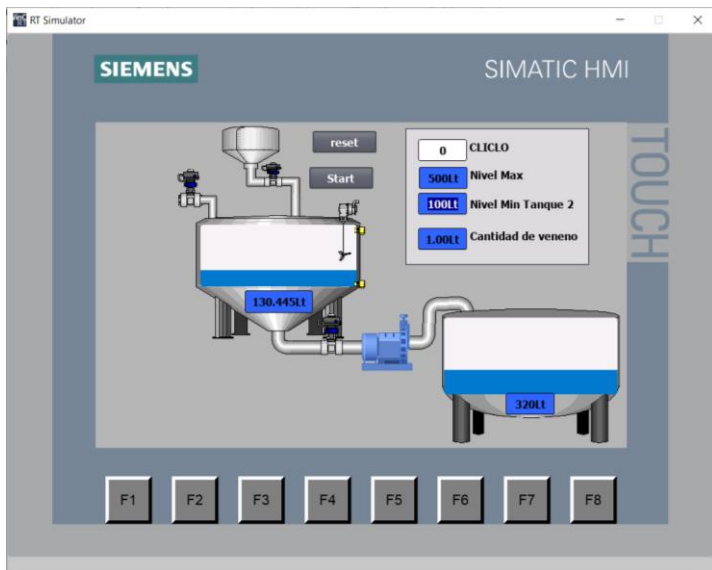
*Número de Ciclos*



Como dato adicional el sistema de control de nivel está diseñado para que la estacionaria no tenga paros de trabajo, es decir que su abastecimiento sea continuo hasta terminar de fumigar las extensiones de tierra o hasta terminar con las cantidades de mezclas por ciclos que haya dispuesto el operario, por ende, hay una casilla donde se puede ingresar el “nivel mínimo Tanque 2” para que esté de un alto y de paso a la mezcla que ya está lista en el tanque 1 como se muestra en la figura 24.

**Figura 22**

*Simulación de Pantalla HMI*



## XI. RESULTADOS DEL TRABAJO

Al finalizar la respectiva programación y establecido los componentes a utilizar, se procede a realizar pruebas con simulaciones que se obtiene en los programas, de esta forma corroborar el funcionamiento de acuerdo a lo estipulado y desarrollado en el proyecto, debido a estas investigaciones podemos incorporar nuevos elementos que solucionen y tengan mejor resultado sobre el desarrollo del proyecto, al hacer la debida conexión y programación, al hacer la simulación tuvimos la certeza que su función es de un 100%, el sistema responde conforme a los objetivos que se llevó a cabo. Cabe mencionar que materiales que se utilizó para la simulación son seguros, de buena calidad, preciosos y asequibles para los piscicultores.

En un sistema dinámico de un fluido los elementos de automatización facilitan el control de las transferencias de fluidos de un punto a otro, y tomar datos exactos de manera práctica y analítica. teniendo una mayor interacción de lenguaje con las necesidades del usuario en los procesos para manipular y trabajar con los fluidos, permitiendo así crear una interfaz de usuario intuitiva para adaptarse a los parámetros iniciales del entorno.

En el modelo matemático se puede concluir que el análisis se puede utilizar para hacer una aproximación conveniente para determinar el comportamiento dinámico de los fluidos tanto en un modelo estático como en un modelo lineal o de perturbación, y de esta forma encontrar un mayor entendimiento de los puntos que se debe hacer una interferencia con algunos elementos automáticos para que ayuden a realizar un control de nivel exacto. Por ende, no todos los cálculos de los modelos matemáticos se los puede implementar a un sistema si por el contrario se los puede simplificar. Mas sin embargo arroja como resultado un mayor conocimiento del campo de velocidades, lo que permite establecer el mejor modelo del tanque para un estudio de la calidad del agua y diseño de los tanques, ya que en ocasiones como en este caso, el patrón de flujo sugerido por la configuración del tanque no coincide con el resultado esperado con los parámetros de tiempo, lo que es de gran importancia hacer validación a través de datos de campo.

Hoy en día gracias a la automatización podemos lograr que en el campo las personas no tengan un trabajo tan arduo y pesado porque con el llenado de tanques podremos facilitar un poco el trabajo

Con este proyecto se puede concluir que gracias a los elementos de automatización se puede facilitar o mejorar los procesos de transferencia de fluidos.

Con la automatización y programas para controlar estos sistemas se ha logrado un progreso de manera objetiva ya que facilita y reduce trabajos ,también ayuda a los agricultores y agiliza los procesos de fumigación

### XIII. TRABAJOS A FUTURO

Con el proyecto realizado se han abierto muchos aspectos a implementar dentro de la agricultura, mediante mejoras o realizar agregados de otros sistemas para una mayor explotación al proyecto con nuevos entornos o campos a trabajar, de manera que sea asequible a los campesinos, de la forma en la que se disminuya un alto porcentaje de trabajo arduo que perjudican la salud física e implementar estos sistemas tanto en lo regional como en lo nacional e internacional.

Como implementación de este sistema de control de nivel y de mezcla se propone sustentarlo para diferentes trabajos de la agricultura, basándose en la fumigación también se puede requerir en los riegos de invernaderos, donde se destaca la aplicación adicional de un filtro para evitar el taponamiento de los conductos de los fluidos que elimina las impurezas sólidas del agua.

Utilizar fertilizantes orgánicos en la dispersión del agua en los cultivos para prevenir daños irreversibles en el medio ambiente y generar más productos sanos, evitando el uso inadecuado de los pesticidas que son perjudiciales para la salud.

- [7] *OMEGA*. (s.f.). Obtenido de <https://es.omega.com/prodinfo/sondas-de-nivel-medicion.html>
- [8] SAPIENSMAN. (28 de 03 de 2022). *www.sapiensman.com/tecnoficio*. Obtenido de [http://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/valvula\\_solenoide\\_agua.php](http://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/valvula_solenoide_agua.php)
- [9] *SIEMENS*. (s.f.). Obtenido de [https://new.siemens.com/ar/es/productos/automatizacion/software-industrial/tia-portal.html#:~:text=El%20TIA%20Portal%20\(Totally%20Integrated,integrada%20hasta%20una%20operaci%C3%B3n%20transparente.](https://new.siemens.com/ar/es/productos/automatizacion/software-industrial/tia-portal.html#:~:text=El%20TIA%20Portal%20(Totally%20Integrated,integrada%20hasta%20una%20operaci%C3%B3n%20transparente.)
- [10] *SRC*. (s.f.). Obtenido de <https://srcsl.com/que-es-un-plc/>

### REFERENCIAS

- [1] Electronilab. (15 de 02 de 2021). *Electrovalvula*. Obtenido de <https://electronilab.co/tienda/electrovalvula-valvula-selenoide-agua-12v-dc-12/>
- [2] Estefani Marcano, L. A. (febrero de 2016). *slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/DocumentosAreas4/u2-t7-sensores-de-nivel-ici>
- [3] *GSL industrias*. (s.f.). Obtenido de <https://industriagsl.com/blogs/automatizacion/que-es-un-hmi-consideraciones-para-elegir-el-equipo-correcto>
- [4] HOMECENTER. (10 de 01 de 2021). *HOMECENTER*. Obtenido de [https://www.homecenter.com/homecenter-co/product/31651/tanque-500-litros/31651/?kid=bnnext1031759&shop=googleShopping&gclid=Cj0KCQiAr5iQBhCsARIsAPcwROOJZanUHMTLn5sFvZxbwIAvQVrEUGYCNOg27vEOgbW1nU5r3jnZw6EaAsnQEALw\\_wcB](https://www.homecenter.com/homecenter-co/product/31651/tanque-500-litros/31651/?kid=bnnext1031759&shop=googleShopping&gclid=Cj0KCQiAr5iQBhCsARIsAPcwROOJZanUHMTLn5sFvZxbwIAvQVrEUGYCNOg27vEOgbW1nU5r3jnZw6EaAsnQEALw_wcB)
- [5] *JICA*. (2019). Obtenido de [https://www.jica.go.jp/project/panama/0603268/materials/pdf/04\\_manual/manual\\_04.pdf](https://www.jica.go.jp/project/panama/0603268/materials/pdf/04_manual/manual_04.pdf)
- [6] *MOTOBORDA*. (19 de 09 de 2019). *MOTOBORDA*. Obtenido de <https://motoborda.com/blog/consejos-para-tener-en-cuenta-antes-de-fumigar-b19.html>