

Acuaponía desde la automatización y el control

Sistema SCADA para Monitoreo, supervisión y Análisis de Datos

Robert Alexis Gómez Giraldo

José Luis Parra Villamizar

Oscar Andrés Meza Ortiz

Daniel Felipe Manrique Caicedo

23 de noviembre de 2025

- Enlace al repositorio de GitHub

## 1. Introducción

El presente documento describe el proceso completo de diseño, implementación y operación de un sistema SCADA en Ignition orientado al monitoreo, supervisión y control de un sistema acuapónico. La idea central fue crear un entorno de monitoreo claro, en tiempo real y fácil de interpretar, que mostrará las principales variables del sistema, como temperatura, pH, nivel del agua, oxígeno disuelto y el estado de las bombas, sin depender de hardware físico durante la etapa inicial. Para esto se empleó Node-RED como herramienta de simulación, generando datos que reproducen el comportamiento típico de los sensores y actuadores presentes en un sistema acuapónico.

La información producida en Node-RED se transmite mediante MQTT hacia los módulos instalados en Ignition. El módulo MQTT Distributor actúa como el distribuidor o broker que recibe los datos provenientes de la simulación, mientras que el módulo MQTT Engine funciona como el cliente que se suscribe a esos mensajes y los convierte automáticamente en tags dentro del SCADA. Gracias a esta integración, cada dato simulado puede visualizarse, supervisarse y registrarse dentro de Ignition como si proviniera de un sistema físico real.

Una vez que los datos llegan al servidor, Ignition los presenta mediante interfaces construidas en Perspective, donde el usuario puede observar un diagrama general del proceso, seguir tendencias en tiempo real, recibir alarmas ante condiciones anómalas y ver el estado completo del sistema acuapónico de manera intuitiva. Paralelamente, las lecturas importantes se almacenan en una base de datos MySQL, permitiendo conservar históricos que posteriormente pueden ser consultados o analizados en detalle para entender mejor el comportamiento del sistema.

Este documento tiene como finalidad presentar el funcionamiento general del SCADA y mostrar cómo las distintas partes del sistema se integran para ofrecer una visualización clara, ordenada y útil del proceso acuapónico. Más que describir un procedimiento de construcción, el enfoque está en explicar qué información se supervisa, cómo se representa dentro de Ignition y de qué manera el usuario puede interpretar los valores, las tendencias y las alarmas para entender el estado del sistema. La intención es que cualquier persona interesada pueda acceder al SCADA, reconocer su estructura, explorar sus vistas y comprender el papel de cada componente dentro del entorno de supervisión, ya sea para análisis, seguimiento del proceso o futuras aplicaciones en proyectos similares.

## **2. Requisitos**

Para poder replicar el proceso descrito en este documento, el usuario debe contar con los siguientes elementos instalados y configurados previamente:

### **2.1. Software necesario.**

- Node.js
- Node-RED
- Ignition
- Designer Launcher

### **2.2. Paquetes y dependencias de Node-RED.**

- **node-red-node-mysql**: Nodo necesario para la comunicación con MySQL desde Node-RED.
- Cualquier otro nodo utilizado en el flujo.

### **2.3. Archivos del repositorio de GitHub.**

Se requiere clonar o descargar el repositorio oficial del proyecto, el cual contiene:

- **Flujo de Node-RED (.json)** con toda la lógica de extracción y transformación del mensaje Sparkplug B.

## **3. Estructura del sistema de acuaponía**

La estructura del proyecto fue organizada con un enfoque en claridad operativa, mantenimiento sencillo y escalabilidad. Para lograrlo, se decidió separar las vistas en función del proceso al que pertenecen. Esto permite que cada módulo del sistema tenga su propio espacio definido, facilitando la búsqueda y edición de elementos sin necesidad de recorrer estructuras extensas o ambiguas. Este sistema integra de forma visual cada etapa del proceso acuapónico, permitiendo entender rápidamente cómo circula y se transforma el agua dentro del módulo.

### **3.1. Tanque de Peces (T1)**

En esta primera etapa se encuentra la fuente principal de nutrientes: los peces. Desde aquí se monitorean variables clave como oxígeno, pH y nivel del agua, y se dirige el flujo hacia las siguientes fases del sistema.

### 3.2. Cama de Cultivo (H1)

El agua rica en nutrientes llega a la cama de cultivo, donde las plantas la absorben para su crecimiento. Esta parte es esencial para el equilibrio del ecosistema, ya que las plantas ayudan a depurar el agua.

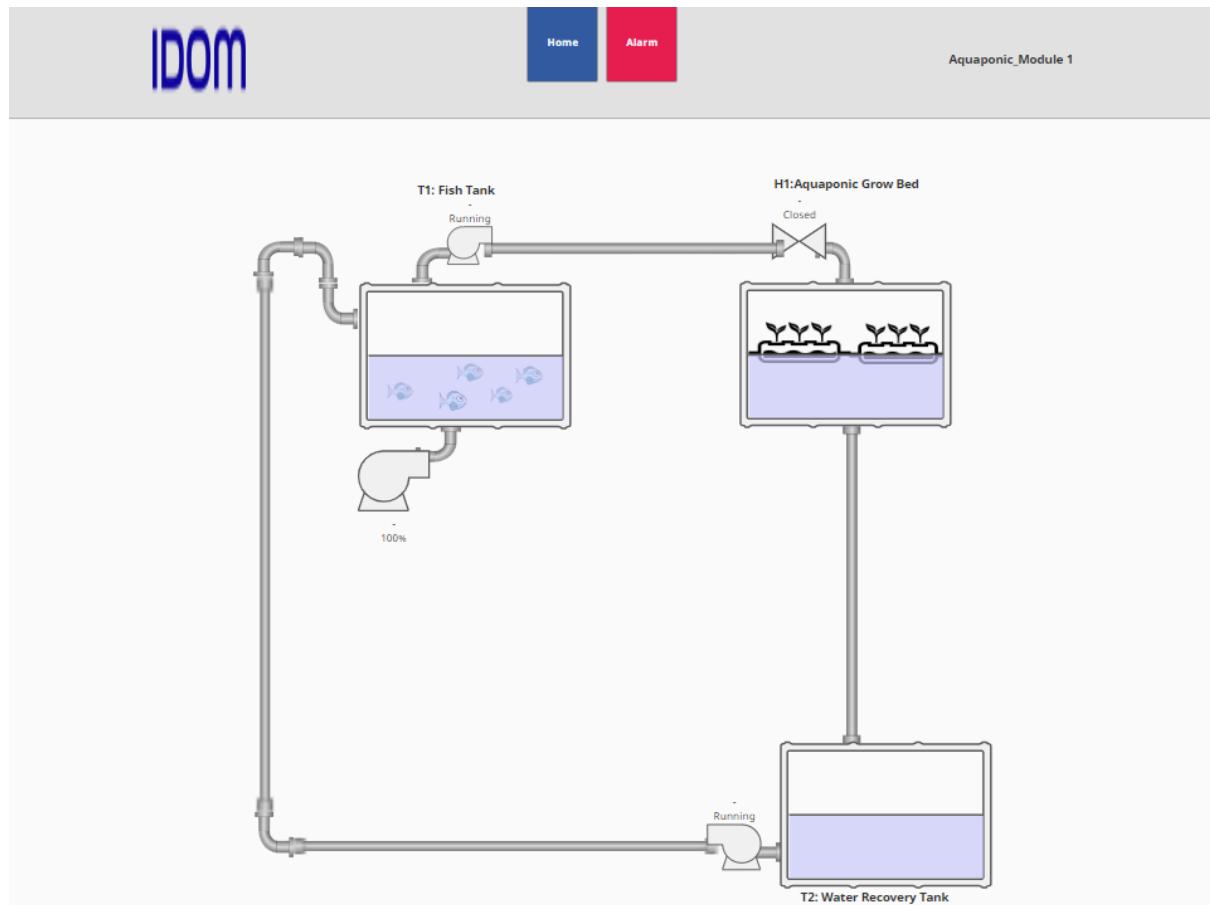
### 3.3. Tanque de Recuperación (T2)

Finalmente, el agua filtrada baja al tanque de recuperación. Aquí se regula nuevamente el nivel y los parámetros necesarios antes de recircular el agua hacia el tanque de peces, cerrando el ciclo del sistema.

### 4.4. Bombas, válvulas, sensores

Aquí se encuentran los elementos de control o actuadores, los cuales permiten el flujo de agua y la medición de las variables críticas del sistema.

En la siguiente imagen se puede observar como es el sistema.



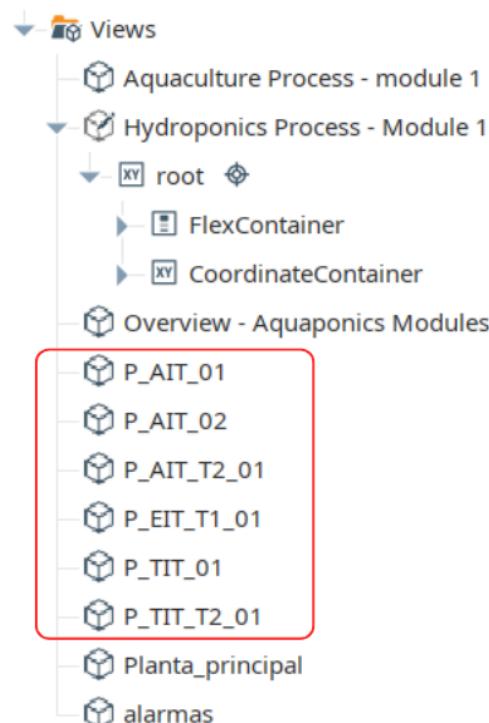
## 4. Organización de las Vistas en el Proyecto

### 4.1. Vistas principales (T1, H1, T2, Overview y Alarmas)

Estas vistas conforman la estructura central del sistema, ya que cada una representa una etapa fundamental del proceso acuaponico. Su propósito es mostrar únicamente la información operativa esencial, permitiendo una supervisión clara y directa del funcionamiento general.

### 4.2. Vistas complementarias (Popups)

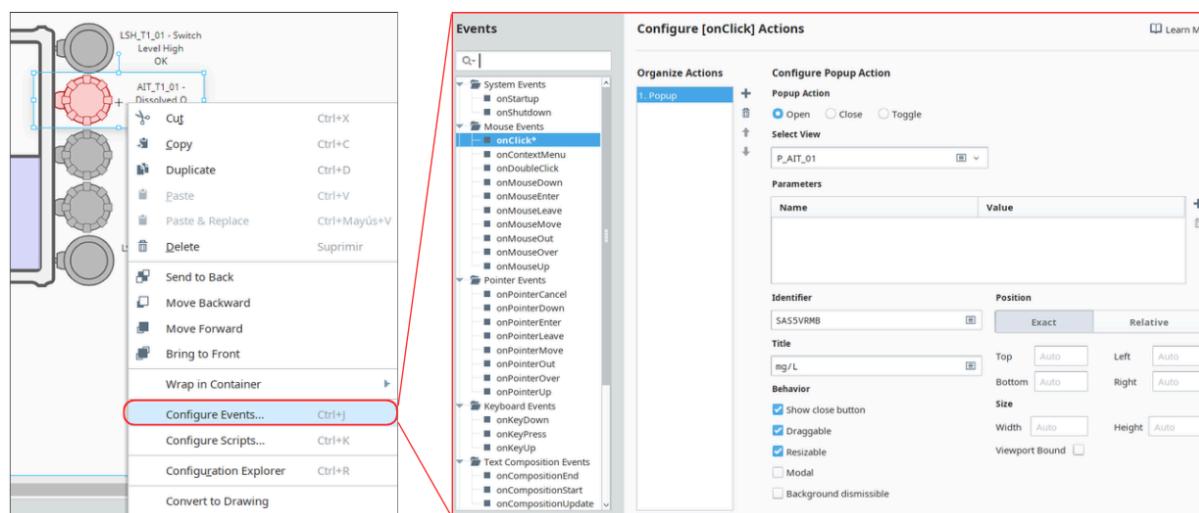
Las vistas emergentes cumplen la función de complementar la información mostrada en las pantallas principales. En lugar de saturar el diagrama general con datos detallados, cada pop-up ofrece acceso puntual a la información específica de un componente, como los valores individuales de un sensor, el estado de una bomba o los parámetros asociados a un tanque. Esto permite mantener una interfaz limpia sin perder profundidad en la supervisión. En el caso particular de este proyecto, se implementaron pop-ups exclusivamente para los sensores, con el fin de mostrar sus valores en tiempo real y ofrecer una lectura detallada sin interferir con la vista general del proceso.



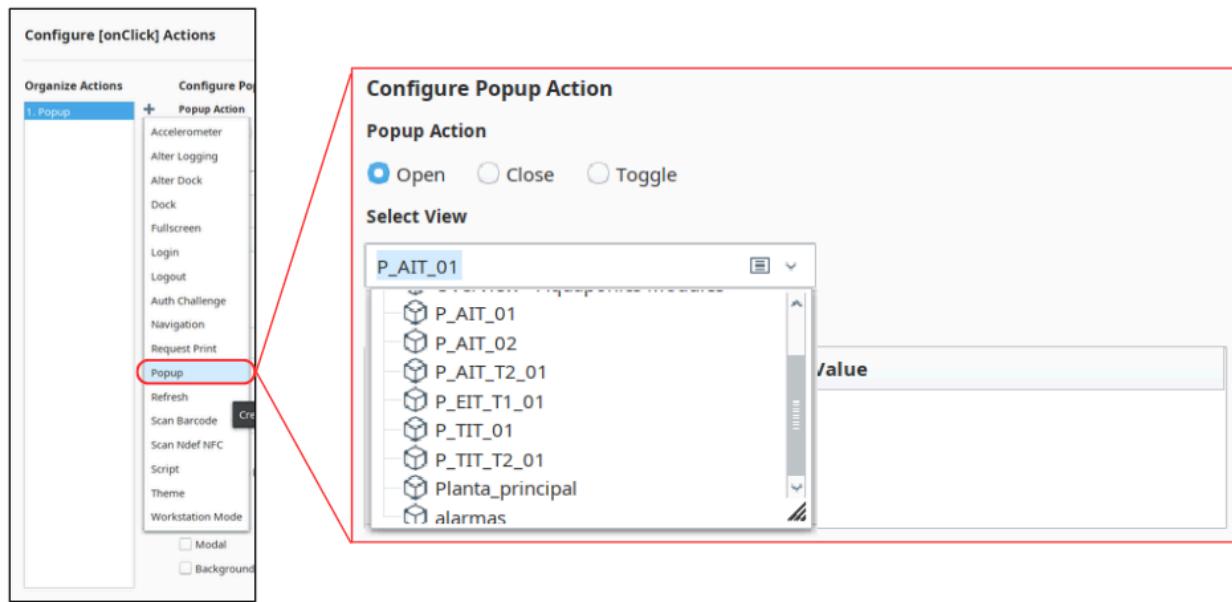
En la estructura del proyecto en Ignition, estas vistas emergentes se organizaron como vistas independientes dentro del árbol de Views. En total se configuraron siete popups, cada uno asociado a uno de los siete sensores del sistema acuapónico, de modo que al seleccionar un sensor en la vista principal se abre la ventana correspondiente (por ejemplo, P\_AIT\_01, P\_AIT\_02, P\_TIT\_T2\_01, entre otras). Esto permite consultar el detalle de cada medición sin abandonar la pantalla de operación.

#### 4.2.2 Activación y comportamiento

Los pop-ups se activan al interactuar con elementos del diagrama, generalmente mediante un evento `onClick` o `onTouch`, dependiendo del dispositivo. Al recibir la acción del usuario, la vista emergente se despliega sobre la interfaz, mostrando únicamente la información relevante al componente seleccionado. El pop-up se cierra manualmente mediante botones de acción incluidos en la vista, asegurando que el operador mantenga el control sobre la navegación.

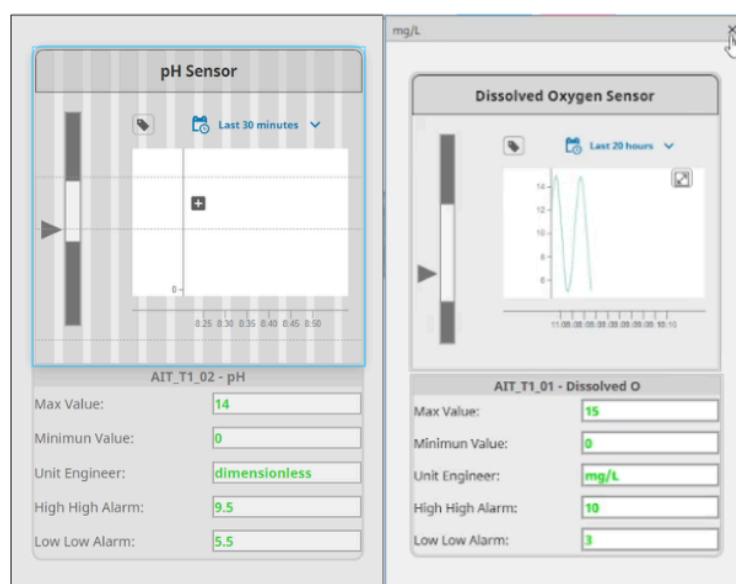


Estas vistas ya habían sido diseñadas de manera individual, cada una vinculada a los tags del sensor que representa. De esta forma, al asignar la acción de apertura, simplemente se selecciona la página emergente que corresponde al sensor seleccionado en el diagrama. Esto garantiza que la información visualizada dentro del popup como el valor instantáneo del sensor, su etiqueta, su estado o cualquier detalle adicional esté correctamente enlazada con los datos en tiempo real provenientes del SCADA.

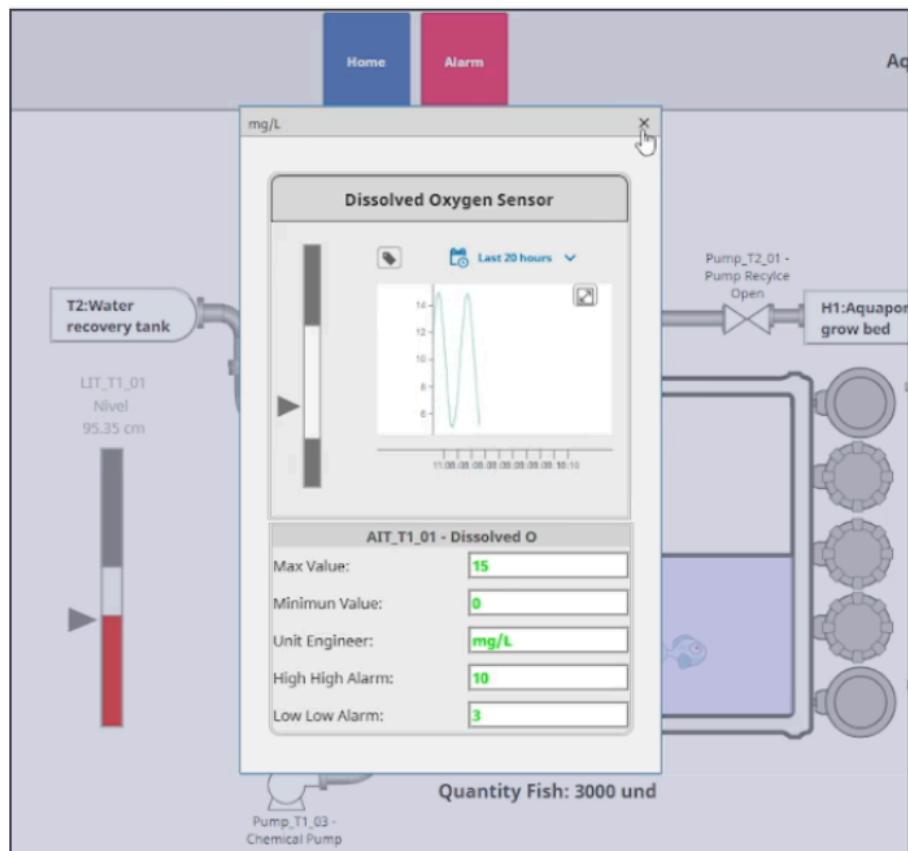


#### 4.2.4 Diseño estructural y vinculación técnica de los Pop-Ups

Para asegurar una presentación ordenada y coherente dentro de cada vista emergente, todos los componentes visuales de los popups fueron organizados dentro de un *Column Container*. Esta elección permite que los elementos se adapten mejor al espacio disponible, mantengan una alineación vertical consistente y ofrezcan una distribución clara de la información del sensor. El uso de este tipo de contenedor facilita también la escalabilidad de las vistas, ya que cualquier ajuste o incorporación adicional puede integrarse sin afectar la estructura general.



Dentro del mismo contenedor se modificaron varios parámetros de diseño, tales como márgenes, espaciado, alineación y propiedades visuales específicas, con el fin de mejorar el aspecto general de la ventana emergente. Estos ajustes permiten que la información sea más legible, que los componentes mantengan proporciones adecuadas y que la interacción del usuario sea más cómoda. Adicionalmente, el *root container* de cada popup fue configurado para definir un tamaño adecuado y un comportamiento visual que favorece la presentación del contenido, evitando que la vista quede comprimida o desproporcionada al momento de mostrarse sobre la vista principal.



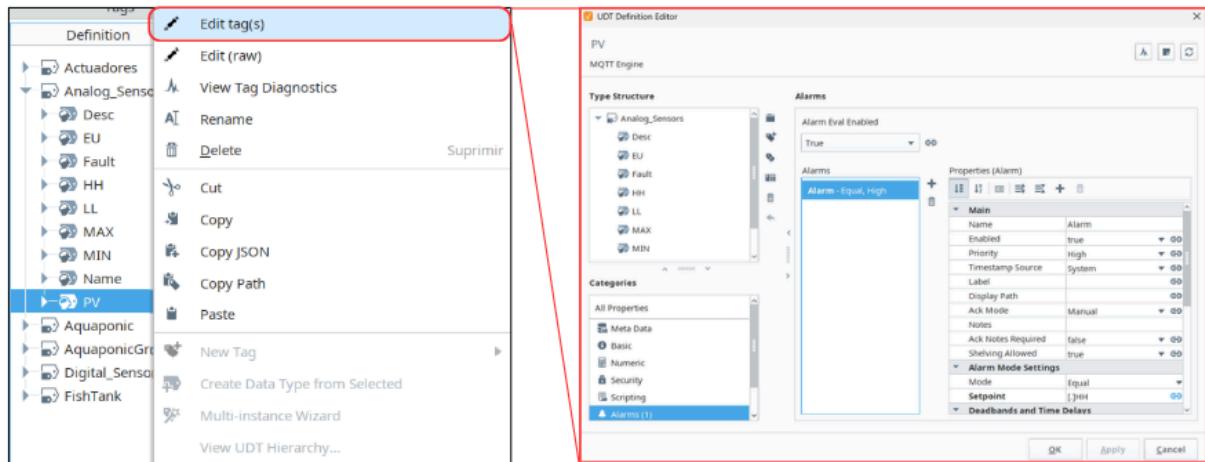
En términos funcionales, cada uno de los elementos incluidos en el popup particularmente los indicadores y etiquetas relacionadas con los valores del proceso se encuentra vinculado directamente a los *tags* del sistema mediante bindings. Gracias a esta configuración, cualquier cambio en el valor de un sensor se refleja de forma inmediata en la ventana emergente, garantizando que el usuario siempre visualice información actualizada en tiempo real. Este mecanismo de enlace evita la necesidad de replicar información en múltiples vistas y permite mantener un flujo de datos eficiente dentro del SCADA.

#### 4.3. Gestión de Alarmas y Condiciones Operativas

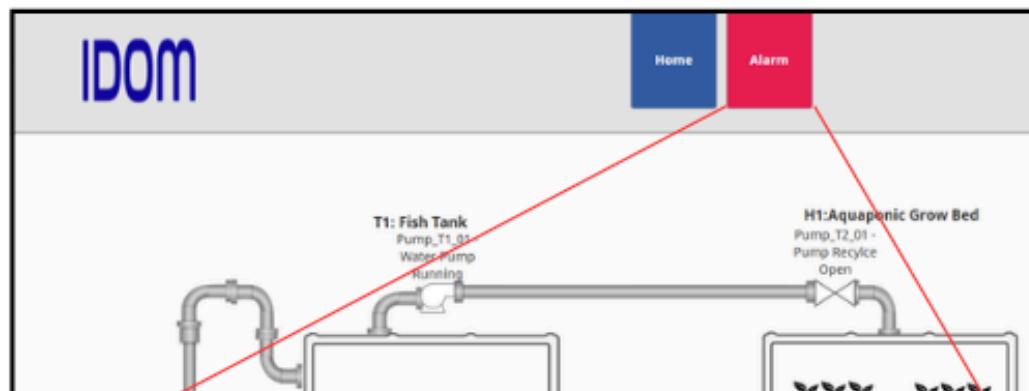
El sistema SCADA incorpora un mecanismo de alarmas basado en la estructura de la plantilla Analog\_Sensors, la cual proporciona los parámetros indispensables para supervisar el comportamiento de cada variable del proceso. Esta plantilla incluye campos como PV (valor de proceso), MAX, MIN, HH, LL, EU y Fault, lo que permite definir de forma centralizada las condiciones bajo las cuales un sensor debe ser considerado en estado crítico. Para este proyecto, las alarmas se configuraron exclusivamente utilizando los umbrales Alto Alto (HH) y Bajo Bajo (LL), con el objetivo de detectar únicamente situaciones anómalas extremas que puedan comprometer el funcionamiento del sistema acuapónico.

Tag Browser	
MQTT Engine	
Tags	UDT Definitions
Definition	Config
Actuadores	null
Analog_Sensors	null
Desc	null
EU	null
Fault	null
HH	null
LL	null
MAX	null
MIN	null
Name	null
PV	null
Aquaponic	
AquaponicGrowBed	
Digital_Sensors	
FishTank	

Dentro del editor del UDT, en la pestaña Alarms, se añadió una nueva alarma sobre el tag PV. En esta configuración se activó la evaluación de alarma y se ajustaron únicamente los parámetros esenciales, como el modo de alarma y la prioridad. Para definir el límite que dispara la condición, se utilizó el campo Setpoint, el cual se vinculó directamente a `{[.]HH}`, de modo que el PV se compare automáticamente con el umbral alto definido en el UDT. Con esto, cada instancia del sensor hereda la plantilla de alarma sin necesidad de configuraciones adicionales.



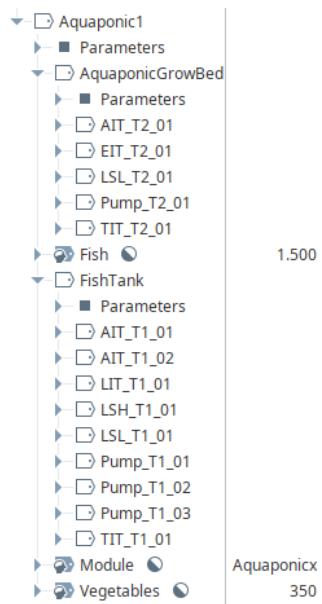
En la parte superior de la vista principal se encuentra el botón **Alarm**, el cual permite acceder rápidamente al panel de alarmas del sistema. Al seleccionarlo, el usuario es redirigido a una vista dedicada donde se listan todas las alarmas activas y registradas por los sensores del módulo acuapónico. Esta sección centraliza los eventos críticos generados por las variables monitoreadas, facilitando la revisión de estados HH y LL y ofreciendo un punto único para la supervisión de condiciones anómalas dentro del proceso.



Active Time	Display Path	Priority	Status	Source	Name
11/04/2023 22:32:31	Edge Nodes/TEST/T1/AQ/Aquaponic/1/Aquaponic...	High	2	provMQTT Engine/tag Edge Nodes/TEST/T1/AQ...	Alarm
11/04/2023 22:32:14	Edge Nodes/TEST/T1/AQ/Aquaponic/1/FishTank...	High	Cleared, Acknowledged	provMQTT Engine/tag Edge Nodes/TEST/T1/AQ...	Alarm
11/04/2023 22:32:14	Edge Nodes/TEST/T1/AQ/Aquaponic/1/FishTank...	High	Cleared, Acknowledged	provMQTT Engine/tag Edge Nodes/TEST/T1/AQ...	Alarm
11/04/2023 22:32:14	Edge Nodes/TEST/T1/AQ/Aquaponic/1/FishTank...	High	Cleared, Acknowledged	provMQTT Engine/tag Edge Nodes/TEST/T1/AQ...	Alarm
11/04/2023 22:32:14	Edge Nodes/TEST/T1/AQ/Aquaponic/1/FishTank...	High	Cleared, Acknowledged	provMQTT Engine/tag Edge Nodes/TEST/T1/AQ...	Alarm
11/04/2023 22:32:14	Edge Nodes/TEST/T1/AQ/Aquaponic/1/FishTank...	High	Cleared, Acknowledged	provMQTT Engine/tag Edge Nodes/TEST/T1/AQ...	Alarm
11/04/2023 22:32:14	Edge Nodes/TEST/T1/AQ/Aquaponic/1/FishTank...	High	Cleared, Acknowledged	provMQTT Engine/tag Edge Nodes/TEST/T1/AQ...	Alarm
11/04/2023 22:32:30	Edge Nodes/TEST/T1/AQ/Aquaponic/1/Aquaponic...	High	Cleared, Unacknowledged	provMQTT Engine/tag Edge Nodes/TEST/T1/AQ...	Alarm

#### 4.3. Estructura orientada al orden y la claridad

La distinción entre vistas principales y popups asegura una interfaz limpia, una navegación intuitiva y una organización que facilita la actualización, el mantenimiento y la reutilización de los elementos del proyecto.



#### 5. Elementos utilizados en el proyecto

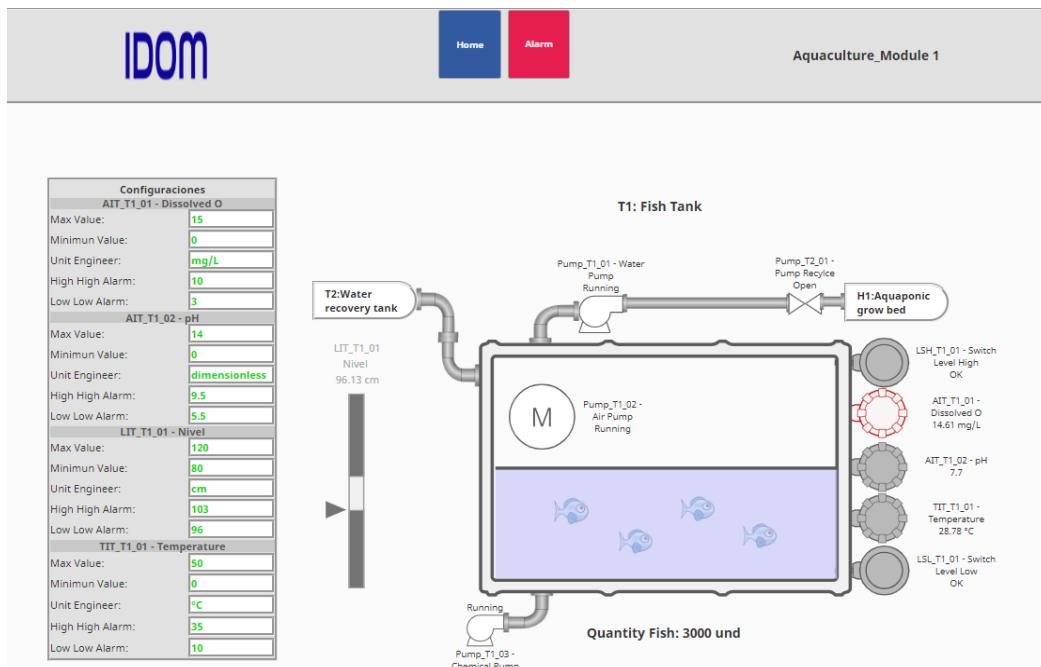
Para construir la interfaz del sistema SCADA en Ignition se empleó una selección de componentes y contenedores que permitieron organizar, representar y animar cada parte del proceso acuapónico. Entre los elementos más utilizados se encuentran:

- **Flex Containers y Coordinate Containers:** fundamentales para estructurar las vistas. Los Flex se usaron para organizar información alineada y adaptable, mientras que los Coordinate permitieron posicionar imágenes y componentes con precisión milimétrica. Esto nos permite que en Perspective no pierdan el tamaño que definimos.
- **Imágenes personalizadas:** se incorporaron ilustraciones de tuberías, peces, tanques y equipos, las cuales brindan una representación visual clara del flujo del sistema. Estas imágenes funcionan como base para colocar sensores,

válvulas y botones interactivos.

- **Botones y labels modificados:** se emplearon para mostrar valores, activar popups, navegar entre vistas o indicar estados del sistema. Los labels fueron adaptados en color, tamaño y estilo para mejorar la legibilidad y reforzar la jerarquía visual.
- **Componentes de proceso (tanques, bombas y sensores):** se utilizaron elementos nativos de Perspectiva para representar niveles, estados y variables en tiempo real. Estos componentes se vincularon directamente a los tags del sistema para mostrar valores actualizados de forma continua.

En conjunto, estos elementos permitieron construir una interfaz clara, modular y visualmente intuitiva, facilitando tanto la supervisión del sistema acuapónico como la navegación del usuario. Esto se realizó con todas las pantallas.



Cómo enlazamos los elementos a los tags, también como creamos el sistema con esos elementos poco a poco

## 6. Vinculación de tags con elementos de visualización

### 6.1. Vinculación Simple (Direct Binding)

Esta vinculación se aplicó cuando el valor del tag podía enviarse directamente al componente sin ninguna modificación previa.

Parameters	Dissolved O
Desc	mg/L
EU	<input type="checkbox"/>
Fault	
HH	10
LL	3
MAX	15
MIN	0
Name	AIT_T1_01
PV	5,93

En la imagen se ve reflejado en los cuadros de configuración:

Configuraciones	
AIT_T1_01 - Dissolved O	
Max Value:	15
Minimun Value:	0
Unit Engineer:	mg/L
High High Alarm:	10
Low Low Alarm:	3

Cada uno de estos campos está conectado directamente al tag correspondiente en Ignition. El signo de vinculación de un tag que esta de color azul hace referencia a que se relaciono un tag existente a esta propiedad.



## 6.2. Vinculación mediante Expression Binding

La vinculación mediante *Expression Binding* se empleó cuando fue necesario procesar, combinar o interpretar el valor de un tag antes de enviarlo al componente. En la imagen puede observarse este proceso en la parte inferior, donde el tag pasa por una “burbuja” de expresión antes de llegar al componente del sensor.

Este tipo de vinculación permitió:

- Modificar el color o el estado visual del sensor.
- Construir textos combinando etiquetas y valores, por ejemplo:  
**"AIT\_T1\_01 – Dissolved O " + valor + " mg/L"**
- Determinar visualmente si un sensor debía mostrarse como *Running*, *Fault* o *Normal*.
- Activar estilos dinámicos en función del valor del tag.

En la siguiente imagen se ilustra de forma clara cómo se realiza este tipo de enlazamiento mediante expresiones.

