



**UNIVERSIDAD  
DE ATACAMA**

**FACULTAD TECNOLÓGICA  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA ENERGÍA**

**PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN DE LA MEDICIÓN DE NIVEL Y  
MONITOREO PARA OBTENER UNA OPERACIÓN CONTINUA Y SEGURA EN  
LAS CUBA FEF #2 Y FEF #3 EN PLANTA DE ÁCIDO N°1 FUNDICIÓN  
HERNÁN VIDE LA LIRA**

**JAVIER ALFONSO LÓPEZ ARIAS**

**Copiapó, Chile 2025**



# UNIVERSIDAD **DE ATACAMA**

**FACULTAD TECNOLÓGICA**

**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA ENERGÍA**

**PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN DE LA MEDICIÓN DE NIVEL Y  
MONITOREO PARA OBTENER UNA OPERACIÓN CONTINUA Y SEGURA EN  
LAS CUBA FEF #2 Y FEF #3 EN PLANTA DE ÁCIDO N°1 FUNDICIÓN  
HERNAN VIDELA LIRA**

Proyecto de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de  
Ingeniero de Ejecución en Instrumentación y Automatización Industrial.

Profesor guía: José Sebastián Rojas Gallardo

**JAVIER ALFONSO LÓPEZ ARIAS**

**Copiapó, Chile 2025**

## **DEDICATORIA**

Le dedico este proyecto de título a las personas que me rodean en mi vida.

A mis queridos padres, quienes con su amor incondicional y apoyo constante han sido la base de mis logros. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. Su fe en mí me ha impulsado a alcanzar mis metas.

A mis hermanos, por ser mis compañeros de vida y mis mejores amigos. Su aliento y complicidad han hecho de este camino una experiencia inolvidable. Gracias por siempre estar a mi lado, compartiendo risas y momentos que atesoraré por siempre.

Esta tesis es el reflejo de todo lo que he aprendido de ustedes.

## INDICE

<b>CAPITULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>INTRODUCCION</b> .....	<b>1</b>
1.1 Objetivo General .....	2
1.2 Objetivos Específicos .....	2
1.3 Planteamiento del problema .....	2
<b>CAPITULO II</b> .....	<b>3</b>
<b>MARCO TEORICO</b> .....	<b>3</b>
2.1 Sensor .....	4
2.1.1 Tipos de Sensores .....	5
2.1.1.1 Sensor de Temperatura .....	5
2.1.1.2 Sensor de Presión.....	6
2.1.1.3 Sensor de Nivel.....	6
2.1.1.4 Sensor de Flujo .....	8
2.1.1.5 Sensor de Caudal .....	9
2.2 Medición Ultrasónica .....	10
2.3 Transmisor.....	12
2.4 Controlador Lógico Programable (PLC).....	13
2.5 Protocolos de Comunicación.....	14
2.6 Sistema de Control Distribuido.....	15
2.7 Lenguaje Ladder.....	15
2.8 VEGASON 61 .....	16
2.8.1 Principio de medición .....	17
2.8.2 Ventajas.....	17
2.8.3 Magnitud de entrada.....	17
2.8.4 Características .....	19
2.9 Motor Trifásico .....	19
2.10 Bomba Centrifuga.....	20
2.11 Contactor Trifásico .....	21
2.12 Selector .....	21
<b>CAPITULO III</b> .....	<b>23</b>

<b>MEJORA EN TERRENO .....</b>	<b>23</b>
3.1 Sensor de nivel actual en cubas de ácido débil .....	24
3.2 Sensor de nivel actual roto .....	25
3.3 Pasta cerámica para sellar nivel.....	26
3.4 Diagrama de conexión nivel actual .....	27
3.5 Importancia de esta mejora.....	27
3.5.1 Seguridad al personal.....	28
3.5.2 Monitoreo.....	28
3.5.3 Disponibilidad de equipos .....	28
3.6 Mejora y efecto que produciría.....	29
3.7 Sector de la mejora .....	29
3.7.1 Cuba FEF #2 .....	30
3.7.1.1 Selector de bomba FEF #2 .....	31
3.7.1.2 Actual tablero de control FEF #2 .....	32
3.7.2 Cuba FEF #3 .....	33
3.7.2.1 Selector bomba FEF #3 .....	34
3.7.2.2 Actual tablero control FEF #3 .....	35
3.8 Materiales para la mejora .....	36
3.9 Instalación del sensor .....	36
3.10 Configuración del sensor VEGASON 61.....	37
3.10.1 Configuración cuba FEF #2.....	37
3.10.2 Configuración cuba FEF #3 .....	38
3.11 Conexionado.....	38
3.12 Programación en PLC Control Logic.....	38
3.13 Análisis del monitoreo.....	40
3.14 Mejora en la seguridad .....	40
3.15 DCS (Sistema de control distribuido) .....	40
3.16 TREND.....	41
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>43</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>46</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>48</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura. N°2.1. Esquema de control .....	4
Figura. N°2.2. Termocupla .....	5
Figura. N°2.3. Sensor de Presión industrial .....	6
Figura. N°2.4. Sensor de nivel industrial .....	7
Figura. N° 2.5. Sensor de flujo.....	8
Figura. N°2.6. Sensor de caudal electromagnético .....	9
Figura. N°2.7. Señal ultrasónica .....	11
Figura. N°2.8. Transmisor de Temperatura .....	12
Figura. N° 2.9. PLC Allen-Bradley Control Logix.....	13
Figura. N°2.10 Control en lenguaje Ladder .....	15
Figura. N°2.11 Sensor VEGASON 61 .....	16
Figura. N°2.12 Datos de variables del sensor .....	18
Figura. N°2.13 Partes de un motor trifásico.....	20
Figura. N°2.14 Partes de una bomba centrífuga .....	20
Figura. N° 2.15 Contactador trifásico .....	21
Figura. N° 2.16 Selector de 4 posiciones .....	22
Figura. N°3.1 Instrumento de nivel actual .....	24
Figura. N°3.2 Instrumento actual roto .....	25
Figura. N°3.3 Devcon Brushable Ceramic.....	26
Figura. N°3.4 Conexionado de nivel.....	27
Figura. N°3.5 Cuba FEF# 2 .....	30
Figura. N°3.6 Selector FEF #2.....	31
Figura. N°3.7 Actual Tablero de control FEF #2.....	32
Figura. N°3.8 Cuba FEF #3 .....	33
Figura. N°3.9 Selector FEF #3.....	34
Figura. N°3.10 Tablero control FEF #3 .....	35
Figura. N°3.11 Flange.....	36
Figura. N°3.12 Pasos de calibración .....	37
Figura. N°3.13 Control en lenguaje Ladder .....	39
Figura. N°3.14 Pantalla DCS .....	41

Figura. N°3.15 Aplicación TREND.....	42
Figura. N°4.1 Formula ROI .....	45

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Ventajas y Desventajas medición ultrasónica.....	11
Tabla 2.2 Ventajas y desventajas PLC.....	14
Tabla 2.3 Características del sensor.....	19
Tabla 4.1 Costos directos.....	43
Tabla 4.2 Problema.....	44
Tabla 4.3 Solución.....	44
Tabla 4.4 ROI.....	44
Tabla 4.5 Payback.....	45

## RESUMEN

El proyecto de título se enfoca en la mejora de la medición del nivel de ácido sulfúrico en baja concentración en las cubas de los Precipitadores Electroestáticos FEF #2 y FEF #3 de la Fundición Hernán Videla Lira. Ante la obsolescencia de los sistemas de medición actuales, que implican riesgos para la seguridad de los trabajadores y generan ineficiencias operativas, se propone la implementación de un sensor de nivel ultrasónico VEGASON 61.

El proyecto se realizó en 4 capítulos, los cuales fueron:

- ✚ Capítulo I Introducción, este capítulo nos indicó el presente de la industria y lo importante que es la instrumentación, como también la actualización de tecnologías, el objetivo general, los objetivos específicos y el planteamiento del problema.
- ✚ Capítulo II Marco teórico, se explicó la importancia de la instrumentación industrial y el uso de tecnologías avanzadas en la automatización de procesos, destacando los beneficios de los sistemas de control distribuidos (DCS) y los controladores lógicos programables (PLC).
- ✚ Capítulo III La mejora en terreno, se explicó que reemplazar el sistema actual, que utiliza plomos sumergidos, por el sensor VEGASON 61 se eliminan riesgos de contacto con el ácido y se reduce la necesidad de mantenimiento constante. Esta implementación no solo incrementará la seguridad al reducir el riesgo de accidentes, sino que también permitirá un monitoreo más eficiente y un mejor control del proceso, optimizando el uso de recursos.
- ✚ Capítulo IV Estudio económico se explicó la evidencia, la viabilidad y rentabilidad de la solución propuesta, que no solo asegura un ambiente de trabajo más seguro, sino que también mejora la eficiencia operativa y la gestión de recursos en la planta.
- ✚ Capítulo VI Conclusiones, se concluyó que la medición ultrasónica mejorara la medición en tiempo real del proceso como también la seguridad a los trabajadores.

# CAPITULO I

## INTRODUCCION

En la actualidad las industrias y fábricas, gracias a la automatización industrial han logrado agilizar su producción y hacer más seguros los procesos. Es preciso que las industrias de manera general cuenten con todos los elementos, equipos, instrumentos, etc., para tener un óptimo desarrollo en la marcha de la planta o proceso industrial acorde a lo que efectúen.

Con el paso del tiempo la humanidad ha venido desarrollando diferentes formas de reducir el esfuerzo físico del hombre, es decir la simplificación del trabajo creando sistemas inteligentes de control y supervisión de procesos industriales enfocados a minimizar gastos de producción y desperdicio de material mejorando la calidad y eficiencia. La importancia de la automatización cae fuertemente en la reducción de esfuerzo y tiempo de producción al igual que la reducción de índice de accidentes laborales.

Es importante el seguir actualizando y mejorando las mediciones en los procesos industriales, y más cuando estos ya están obsoletos y prácticamente arcaicos.

Esta mejora va enfocada en la Medición de Nivel en un líquido corrosivo que es el ácido sulfúrico, pero en baja concentración, llamado así ácido débil. El nivel para proponer instalar funciona con la tecnología ultrasónica, por lo que el sensor no está inmerso en el proceso.





En la Fundición Hernán Videla Lira en el día de hoy sigue siendo arcaico en las automatizaciones de algunos procesos, y es por eso por lo que se propone esta mejora en el sector de la Plantas de Acido N°1, específicamente en las Cubas de los Precipitadores Electroestáticos FEF #2 Y FEF #3.

Se realizará un estudio económico respecto a la posible mejora a realizar para tener claro el costo del proyecto y lo beneficioso que sería.

## **1.1 Objetivo General**

Actualizar la medición actual de nivel de ácido sulfúrico en baja concentración en cubas de Precipitadores Electroestáticos, por medio de la obtención del dato en tiempo real para mejorar la disponibilidad de equipos y mejorar la seguridad a trabajadores.

## **1.2 Objetivos Específicos**

-  Identificar cubas donde se propondrá la mejora.
-  Supervisión y recopilación de datos en tiempo real.
-  Organización y mejora de la eficiencia en los tiempos de operación.
-  Analizar los resultados económicos de la propuesta.

## **1.3 Planteamiento del problema**

El actual control del proceso de nivel de las cubas presenta varias irregularidades como también inseguridades para el trabajador, medición arcaica, sin indicación en tiempo real, derrame de ácido, mantenciones periódicas, poca disponibilidad del equipo, como también confiabilidad, exceso costo de material específico para mantenciones, además de ser un control por cableado, no por PLC. Todo esto se mejoraría con la instalación del sensor de nivel ultrasónico VEGASON 61, conectando los equipos el proceso hacía PLC, para así poder obtener medición en tiempo real, como también un control garantizado para el Operador de Sala como el de Terreno.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

En este capítulo se describen los conceptos básicos y definiciones para entender la instrumentación industrial, el principio de funcionamiento y tecnología presente en el instrumento elegido, para así tener un mayor conocimiento sobre el proyecto.

En la industria es fundamental la medición y el control del proceso, para así obtener resultados óptimos y ahorros significativos en la utilización de recursos, de personal, de seguridad, mejora medioambiental, entre otras.

La instrumentación industrial es el grupo de dispositivos y equipamientos que son utilizados para medir, convertir y registrar variables en un proceso, para luego poder transmitirlos, evaluarlos y poder controlarlos a requerimiento del proceso.

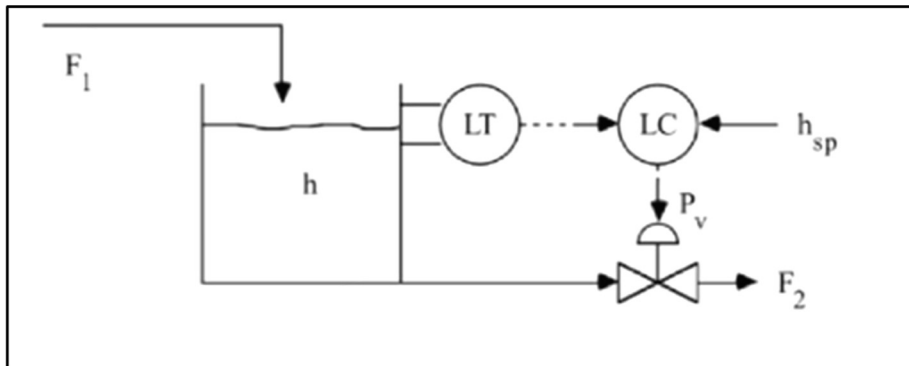
Los instrumentos de medición son herramientas esenciales para controlar los procesos, ya que nos permiten monitorear variables físicas y químicas. En el ámbito físico, podemos medir temperatura, presión, flujo, caudal, nivel, velocidad y peso. En el ámbito químico, estos instrumentos pueden determinar la conductividad eléctrica y el pH.

También existen equipos para la adquisición de datos, para así tener un mayor control sobre los procesos y tomar mejores decisiones a la hora de hacer cambios o mejoras.

El control en la industria se lleva a cabo por los controladores lógicos programables (PLC), sistemas de control distribuido (DCS) y/o sistemas SCADA.

Un proceso industrial es controlado por un sensor, el cual capta una señal y la envía al transmisor (LT), el cual recibe la señal y la transmite al controlador (LC), y el controlador es el responsable de hacer actuar la válvula para tener un control sobre un nivel como se muestra en la figura N° 2.1

**Figura. N°2.1. Esquema de control**



## 2.1 Sensor

Un sensor es un dispositivo el cual está capacitado para detectar acciones o estimulaciones externas para así responder en consecuencia. Los sensores pueden transformar las magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas.

Los sensores, son artefactos que permiten obtener información del entorno e interactuar con ella. Así como los seres humanos apelan a su sistema sensorial para realizar alguna tarea, las máquinas y robots requieren de los sensores para poder actuar en el medio en el que se encuentran.

## 2.1.1 Tipos de Sensores

Existe una variedad de tipos de sensores, pero se explicarán los más utilizados en la industria.

### 2.1.1.1 Sensor de Temperatura

Los sensores de temperatura son componentes electrónicos, que permiten medir la temperatura mediante una señal eléctrica determinada. La señal puede enviarse directamente o mediante el cambio de la resistencia. Se usan para el control de circuitos. La medida de la temperatura es de las más comunes y de las importantes dentro de los procesos industriales.

**Figura. N°2.2. Termocupla**



Los tipos de sensores de temperatura más comunes son:

**-Termopares:** Los termopares son sensores de temperatura que aprovechan el efecto Seebeck. Se componen de dos metales distintos unidos en un extremo, formando una unión llamada "unión caliente". Cuando esta unión se expone a una temperatura

específica, se genera una pequeña diferencia de voltaje, proporcional a la temperatura a la que está expuesta la unión.

**-Termorresistencias:** Las termorresistencias, también llamadas RTD (Resistance Temperature Detector), son sensores que aprovechan la relación directa entre la resistencia eléctrica de un material conductor y la temperatura. En otras palabras, a medida que la temperatura de un material conductor cambia, su resistencia eléctrica también varía de forma predecible. Las termorresistencias miden esta variación de resistencia para determinar la temperatura.

### 2.1.1.2 Sensor de Presión

Un sensor de presión es un instrumento que está compuesto por un elemento detector de presión con el que se determina la presión real que es aplicada del sensor, y otros componentes que convierten esta información en una señal de salida conocida.

**Figura. N°2.3. Sensor de Presión industrial**



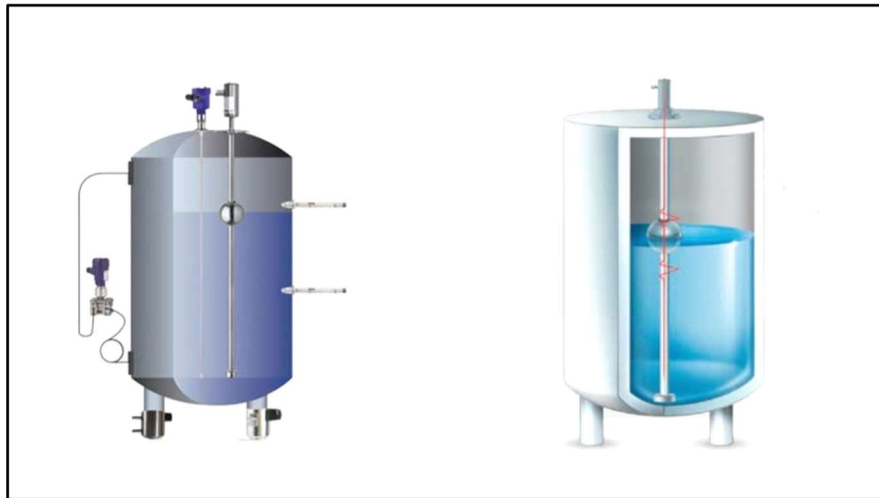
Existen tipos de medidas de presión:

- Presión absoluta.
- Presión manométrica.
- Presión relativa.
- Presión diferencial.

### 2.1.1.3 Sensor de Nivel

Los sensores de nivel son dispositivo electrónico que mide la altura del material, generalmente líquido que está dentro de un tanque u otro recipiente.

**Figura. N°2.4. Sensor de nivel industrial**



Existen tipos de sensores de nivel:

- ✚ **Flotador:** Estos sensores usan un objeto ligero que flota en el líquido. El movimiento del flotador, al subir o bajar con el nivel del líquido, activa un interruptor o sensor, indicando así el nivel del líquido. Se usan comúnmente en tanques y cisternas.
- ✚ **Ultrasonido:** Los sensores ultrasónicos emiten ondas sonoras de alta frecuencia. La distancia al objeto o superficie se determina midiendo el tiempo que tardan las ondas en regresar. Pueden ser sin contacto, ideales para superficies delicadas, o con contacto, para medir el grosor de materiales.
- ✚ **Capacitancia:** Estos sensores detectan cambios en la capacitancia eléctrica cuando un objeto se acerca a la placa del sensor. Se utilizan para medir distancias, detectar objetos y controlar procesos.
- ✚ **Radar:** Los sensores radar emiten ondas electromagnéticas que se reflejan en objetos. La distancia se determina midiendo el tiempo que tarda las ondas en regresar. Se usan para detectar objetos en movimiento, controlar el tráfico y realizar otras aplicaciones a larga distancia.

#### 2.1.1.4 Sensor de Flujo

El sensor de flujo es un dispositivo que se instala en una tubería, que permite determinar cuándo circula un líquido o un gas. Estos son on/off, determinan cuando está o no circulando un fluido.

**Figura. N° 2.5. Sensor de flujo**



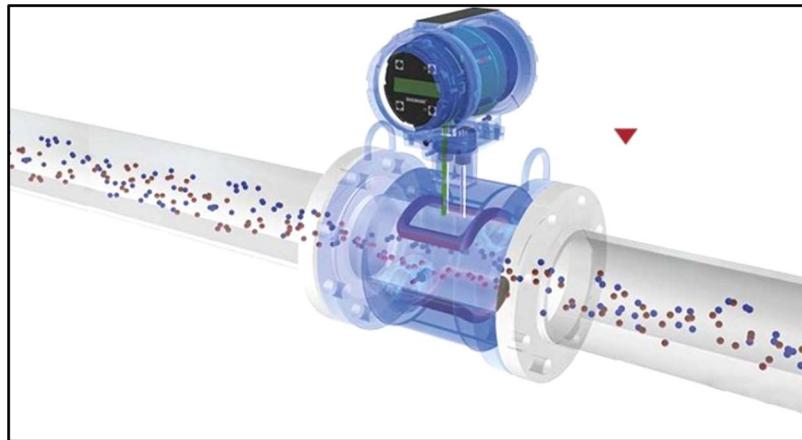
Existen tres tipos de sensor de flujo:

- ✚ **De pistón:** Este tipo de sensor utiliza un pistón que se mueve dentro de un cilindro a medida que el fluido pasa a través de él.
- ✚ **De paleta:** Este sensor cuenta con una paleta que gira cuando el fluido pasa a través de él. La velocidad de rotación de la paleta es proporcional al caudal del líquido o gas.
- ✚ **De elevación:** Este tipo de sensor mide el flujo a través de la elevación de un flotador que se mueve con el líquido. A medida que el nivel del fluido cambia, el flotador se eleva o desciende, lo que activa un mecanismo que genera una señal de flujo.

### 2.1.1.5 Sensor de Caudal

Un sensor de caudal es un "contador de fluido" que va instalada en una tubería o sistema para medir la cantidad de líquido o gas que fluye por un punto específico. Es decir, indica cuánto flujo es capaz de contabilizar en un tiempo determinado.

**Figura. N°2.6. Sensor de caudal electromagnético**



Existen diferentes tipos de sensores de caudal, cada uno con su propio método de medición. Algunos ejemplos son:

- ✚ **Sensores de caudal volumétrico:** Estos sensores miden el volumen de fluido que pasa a través de ellos, como si estuvieran llenando un vaso. Se usan mucho en aplicaciones con agua y otros líquidos.
- ✚ **Sensores de caudal másico:** Estos sensores miden la masa del fluido que fluye, como si estuvieran pesando el fluido. Son útiles cuando la densidad del fluido puede cambiar.
- ✚ **Sensores de caudal de tipo interruptor:** Estos sensores son como un "interruptor" que dice si hay flujo o no, pero no dicen cuánta cantidad está pasando.
- ✚ **Sensores ultrasónicos:** Estos sensores emiten ondas sonoras de alta frecuencia (ultrasonido), que se reflejan en el fluido. La velocidad del flujo se calcula a partir del tiempo que tardan las ondas en regresar.

🚦 **Sensores electromagnéticos:** Estos sensores funcionan con líquidos conductores. Se basa en el principio de inducción electromagnética, donde el flujo del fluido crea un campo magnético que se mide para determinar la velocidad del flujo.

Los sensores de caudal son muy útiles en muchas industrias, como la fabricación, la agricultura, la medicina y la gestión de recursos. Se utilizan para controlar procesos, optimizar el uso de recursos, prevenir daños en equipos y monitorear el flujo de fluidos en general.

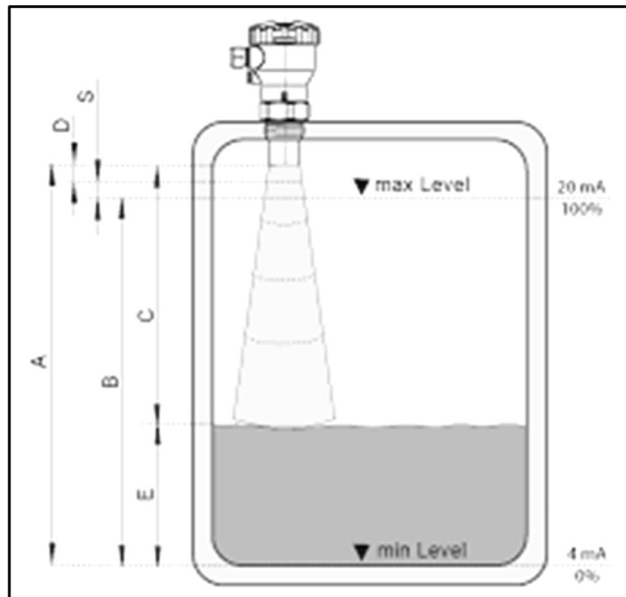
## **2.2 Medición Ultrasónica**

Esta medición funciona con el principio del tiempo de la propagación del sonido. Esta medición emite una onda sónica de forma cónica, que se dispersa y es inaudible por el oído humano. La onda rebota sobre el obstáculo que se encuentra al frente y vuelve a su punto inicial (El aparato funciona de emisor y receptor a la vez).

Partiendo de la base en que la velocidad del sonido es más o menos estable, este determina la distancia en función del tiempo transcurrido entre la emisión de la onda y la recepción luego del rebote de esta.

En esta medición por ultrasonido también influyen otras variables, como lo puede ser la temperatura y la presión.

**Figura. N°2.7. Señal ultrasónica**



**Tabla 2.1 Ventajas y Desventajas medición ultrasónica**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Precisión	Sensibilidad a condiciones ambientales
No intrusivo	Limitaciones en líquidos no conductores
Versatilidad	Costo Inicial
Portabilidad	Requiere calibración
Bajo costo de mantenimiento	

## 2.3 Transmisor

Es un instrumento que capta la variable del proceso proveniente del sensor, y la transmite a distancia a un instrumento indicador o controlador, en este caso los PLC. Toma cualquier señal para convertirla en una señal estándar adecuada para el instrumento receptor. Las señales estándar pueden ser neumáticas, (3-15 psi), electrónicas 4-20 mA o 0 a 5 V DC.

Existe 3 tipos de transmisores:

- ✚ Transmisor neumático: Utiliza aire comprimido para convertir un desplazamiento mecánico en una señal de presión. Es robusto y confiable, ideal para entornos con riesgos eléctricos.
- ✚ Transmisor electrónico: Convierte magnitudes físicas en señales eléctricas, ofreciendo mayor precisión, rapidez y facilidad de ajuste. Es versátil y se utiliza en diversas aplicaciones.
- ✚ Transmisor inteligente: Es un transmisor avanzado con tecnología digital que ofrece funciones de diagnóstico, calibración y comunicación con sistemas de control. Es ideal para aplicaciones complejas y críticas.

**Figura. N°2.8. Transmisor de Temperatura**



## 2.4 Controlador Lógico Programable (PLC)

Se entiende por Autómata Programable, o PLC (Controlador Lógico Programable), toda máquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales. La función básica de los autómatas programables es la de reducir el trabajo del usuario a realizar el programa, es decir, la relación entre las señales de entrada que se tienen que cumplir para activar cada salida, puesto que los elementos tradicionales como relés auxiliares, de enclavamiento, temporizadores y contadores son internos.

Este PLC en sí, es capaz de leer y configurar 3 lenguajes de programación diferentes, Ladder, Texto estructurado, y diagrama de funciones secuenciales.

**Figura. N° 2.9. PLC Allen-Bradley Control Logix**



**Tabla 2.2 Ventajas y desventajas PLC**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Automatización	Costo inicial elevado
Rapidez de respuesta	Programación compleja
Flexibilidad	Dependencia de la tecnología
Control de procesos complejos	Requiere mantenimiento regular
Eficiencia energética	Limitaciones en entornos extremos

## **2.5 Protocolos de Comunicación**

En los últimos años la tecnología tiene avances permanentes y esto influye directamente en la industria, cada vez existen más variedades de máquinas e instalaciones, de manera que las soluciones de accionamientos deben ser flexibles y escalables. Las comunicaciones industriales se han desarrollado muy rápido de manera que se puede encontrar aplicaciones en todos los campos de la vida cotidiana, para el control de plantas y procesos, monitoreo y cambiar estrategias de control. En el mismo caso en los sectores industriales exigen soluciones fáciles de manejar.

## 2.6 Sistema de Control Distribuido

Un Sistema de Control Distribuido (DCS, por sus siglas en inglés) es un sistema de control automatizado que se utiliza principalmente en procesos industriales complejos.

Un DCS es un sistema que consta de elementos de control distribuidos geográficamente a lo largo de una planta industrial. Esto significa que los controladores y dispositivos de medición están ubicados en diferentes partes de la instalación, en lugar de estar centralizados en un solo lugar.

Está compuesto por una red de controladores que se comunican entre sí y con otros dispositivos en la planta.

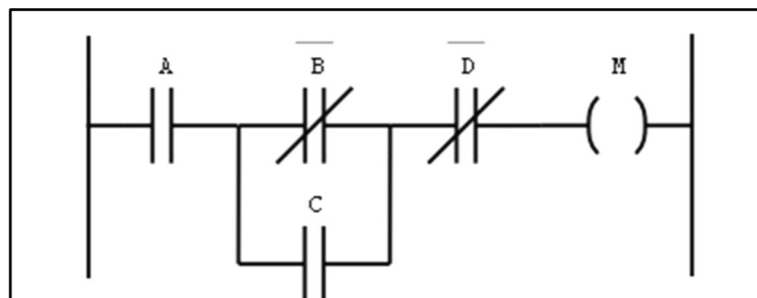
Permite la automatización de procesos, mejorando la eficiencia y la seguridad operativa.

Facilita el monitoreo en tiempo real de las variables del proceso y el control de las operaciones de manera efectiva.

## 2.7 Lenguaje Ladder

Este lenguaje de programación gráfico es utilizado principalmente en los PLC (Controladores lógicos programables) ya que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. Es fácil adaptarse a este lenguaje para el técnico o ingeniero a cargo.

**Figura. N°2.10 Control en lenguaje Ladder**



Como se describe en la figura 2.10 se pueden apreciar los símbolos más utilizados en este lenguaje.

- ✚ **A:** Representa un contacto normalmente abierto (NA). Esto significa que el contacto está abierto en estado de reposo y se cierra cuando se aplica una señal eléctrica.
- ✚ **B:** Representa un contacto normalmente cerrado (NC). Esto significa que el contacto está cerrado en estado de reposo y se abre cuando se aplica una señal eléctrica.
- ✚ **M:** Representa una bobina o acción. Se utiliza para indicar un elemento que se activa o desactiva al recibir una señal eléctrica, como un relé, un motor o una válvula.

## 2.8 VEGASON 61

El sensor VEGASON 61 es un dispositivo de medición de nivel que utiliza tecnología de ultrasonido para determinar la distancia a la superficie del producto, ya sea líquido o sólido a granel, logrando la medición continua del nivel, independiente de las propiedades del producto.

Es un sensor sin contacto con el medio, lo que lo hace un sensor libre de mantenimiento, esto debido a su medición con ultrasonido.

**Figura. N°2.11 Sensor VEGASON 61**



### **2.8.1 Principio de medición**

Este instrumento envía ondas o impulsos de ultrasonido cortos sobre el medio a medir, en este caso medio líquido. Las ondas de ultrasonido son reflejadas por la superficie del nivel y captados de vuelta por el sensor. Este dispositivo calcula el nivel a partir del tiempo de propagación de la onda acústica y la altura del depósito calculada. Al ser un método de medición sin contacto es independiente de las propiedades del producto y posibilita una configuración incluso sin medio a medir.

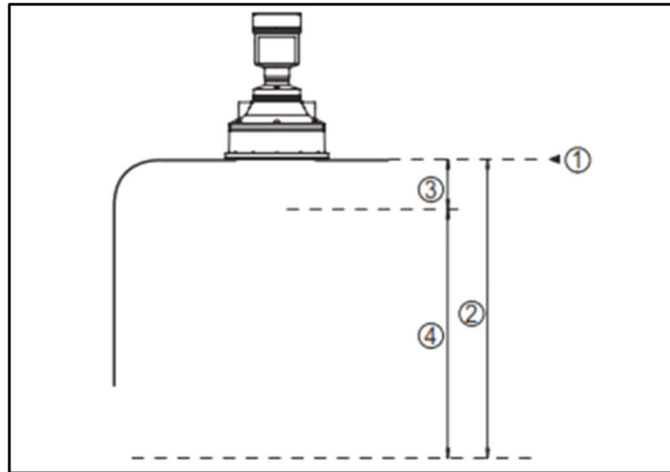
### **2.8.2 Ventajas**

- ✚ La construcción compacta de este dispositivo posibilita una instalación bastante fácil del sensor.
- ✚ Debido a que las propiedades del producto no tienen influencia alguna sobre la medición del nivel.
- ✚ La puesta en marcha del sensor incluso se puede realizar sin medio, solo teniendo los datos de la altura del depósito.
- ✚ El método de medición es económico ya que es sin contacto y posibilita una operación sin desgaste y libre de mantenimiento.

### **2.8.3 Magnitud de entrada**

Para este instrumento hay que mantener una distancia mínima del lado inferior del transductor, la llamada zona muerta o dead zone, donde no es posible ninguna medida. El valor exacto de la zona muerta viene en el manual del instrumento.

**Figura. N°2.12 Datos de variables del sensor**



En donde:

1. Plano de referencia
2. Rango de medición máximo
3. Zona muerta
4. Rango de medida útil

## 2.8.4 Características

**Tabla 2.3 Características del sensor**

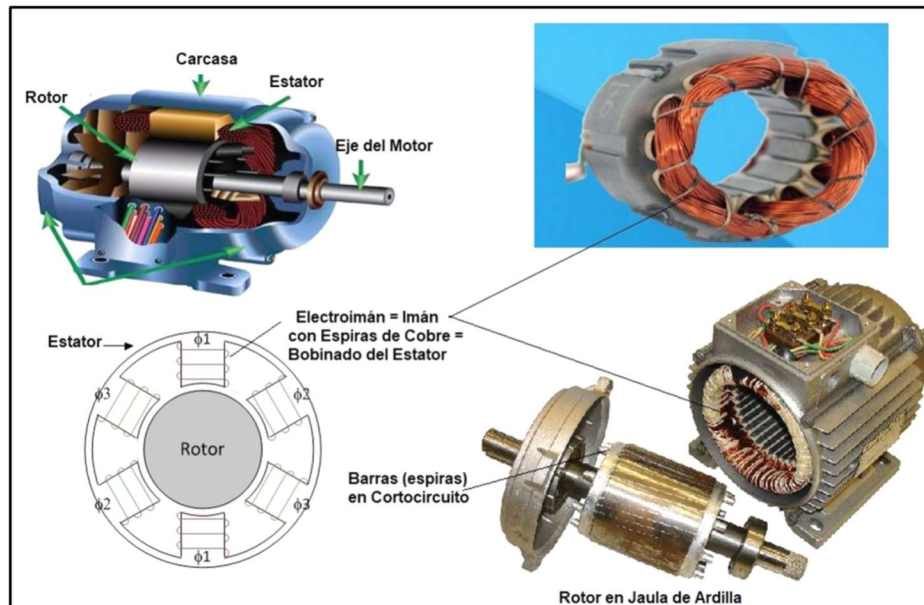
Rango de medición máx.	En líquidos: 5 m En solidos a granel: 2 m
Material acústico	PVDF
Material conexión a proceso	PVDF
Temperatura de proceso	-40 a +80°C
Presión de proceso	-0,2 a +2bar
Error de medición	±4 mm o < 0,2 %
Salida de señal	4-20 mA/HART – dos hilos 4-20 mA/HART – cuatro hilos Profibus PA Foundation Fieldbus

## 2.9 Motor Trifásico

El motor trifásico es un equipo el cual es capaz de convertir la energía eléctrica en energía mecánica para la rotación del eje. Este consta de dos partes, el estator y el rotor. El estator es la parte fija del motor, la cual está construida por una carcasa con una corona de chapas de acero al silicio. Los espirales forman electroimanes los cuales son los encargados de crear el campo magnético giratorio para inducir el movimiento.

El rotor es la parte móvil del motor, este está situado al interior del estator y son núcleo de chapas de acero al silicio que forman un cilindro, o bobinado eléctrico, dependiendo si es rotor de jaula de ardilla o rotor bobinado. Esta parte es inducida por el campo magnético generando así el movimiento físico.

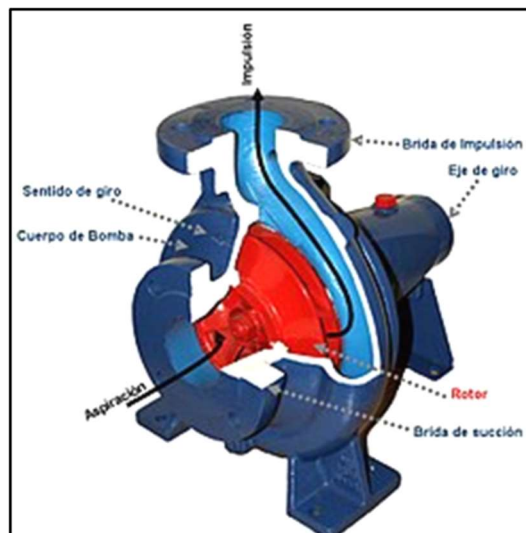
**Figura. N°2.13 Partes de un motor trifásico**



## 2.10 Bomba Centrífuga

Las bombas centrífugas son un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica en energía cinética. El fluido entra por el centro del impulsor, el cual conduce el fluido y es impulsado hacia el exterior por la fuerza centrífuga, y el fluido es recibido por la carcasa de la bomba, esto es debido a la geometría que tiene el cuerpo de la bomba.

**Figura. N°2.14 Partes de una bomba centrífuga**



## 2.11 Contactor Trifásico

Un contactor trifásico es un interruptor el cual sirve para energizar o des energizar un equipo a distancia mediante un pulso de señal. Este se compone de un electroimán y contactos, cuando se le aplica energía a la bobina, se crea un campo magnético. Esto hace que los contactos cambien de posición y energiza los polos del contactor, al retirar la energía de la bobina, el campo magnético desaparece y el contactor vuelve al estado de reposo con la ayuda de un resorte.

**Figura. N° 2.15 Contactor trifásico**



## 2.12 Selector

Un selector, son conmutadores o interruptores que pueden tener dos o más posiciones que se mantienen estables. Según la posición del selector se consigue intervenir en la energía eléctrica ya que actúa sobre el contactor.

**Figura. N° 2.16 Selector de 4 posiciones**



### **CAPITULO III**

#### **MEJORA EN TERRENO**

En este capítulo se explicará sobre la mejora que se puede obtener en terreno reemplazando el instrumento actual para medir nivel, el cual corresponda a un sensor de nivel por contacto, por el VEGASON 61.

Esta mejora se aplicará específicamente en cubas de ácido sulfúrico en baja concentración de la Fundición Hernán Videla Lira (ENAMI), de los Precipitadores electrostáticos FEF #2 Y FEF #3

La medición actual de nivel de estas cubas es realizada por un nivel inventado por trabajadores ya retirados de la empresa, estos están confeccionado por un tubo de PVC con 6 plomos para la cuba FEF #3 y 3 plomos para la cuba FEF #2. Los plomos al tener contacto con el ácido débil mandan una señal hacia un guarda nivel que es el encargado de hacer accionar una bomba de despiche.

La mantención en este sistema de medición de nivel es peligrosa ya que el personal se expone constantemente arriba de estas cubas sin su arnés de seguridad ya que no existen barandas cercanas a las cubas.

Al estar en altura es obligación usar arnés de seguridad, el cual no es utilizado, por lo que esto lo hace bastante peligroso el realizar estas mantenciones, además de que son muy rutinarias porque los plomos de los niveles al pasar las horas se ensucian, obstruyendo así el contacto del plomo con el ácido y perdiendo el control del nivel de la cuba. Los operadores tienen que estar monitoreando muchas veces los niveles de estas cubas en terreno ya que tampoco se tiene un registro de nivel, por lo que con esta mejora se tendría una señal análoga siempre en pantalla para asegurar que los niveles están en óptimas condiciones de proceso.

La implementación de mejoras en este sector tendría un impacto significativo en la seguridad. Se han registrado incidentes de desbordamiento de las cubas, lo que ha generado un riesgo considerable para el personal que opera en la zona o transita por ella.

### 3.1 Sensor de nivel actual en cubas de ácido débil

En la Figura. N°3.1, se puede apreciar el nivel actual instalado en las cubas FEF #2 Y FEF #3, es bastante arcaico debido a que para confeccionar uno de estos, solo se necesita un tubo PVC y los plomos necesarios, además de llevar una capa de cerámica que aguanta temperaturas altas y líquidos corrosivos, para que el líquido no dañe los cables de los plomos.

**Figura. N°3.1 Instrumento de nivel actual**



### 3.2 Sensor de nivel actual roto

**Figura. N°3.2 Instrumento actual roto**



La extracción del nivel de medición en las cubas presenta un problema recurrente: la fragilidad del nivel durante su retiro, lo que resulta en su ruptura y la consecuente falta de medición en la cuba, esto se debe a dos factores, el tiempo de secado de la mezcla cerámica es de 2 a 3 días.

Cuando pasa esto, el operador de terreno tiene que monitorear seguido el nivel del estanque de la cuba en terreno, además de accionar la bomba manual y esperar que baje o suba el nivel respecto a lo que necesite, haciendo perder tiempos de HH para otros trabajos.

### 3.3 Pasta cerámica para sellar nivel

Figura. N°3.3 Devcon Brushable Ceramic



Esta es la pasta cerámica que se utiliza para sellar el nivel, es un compuesto de resina de baja viscosidad con una mezcla de cerámica y alúmina. Este compuesto proporciona una barrera que protege al equipo contra corrosión, erosión, ataque químico, etc.

Con este cerámico se protegía el nivel para soportar el contacto con el ácido débil, cabe destacar que cada vez que el nivel presenta filtraciones de ácido se tiene que retirar, limar por completo y aplicar nuevamente este cerámico.

Este debe mezclarse el endurecedor y la resina para así crear el cerámico para luego ser aplicado en el equipo con brocha.

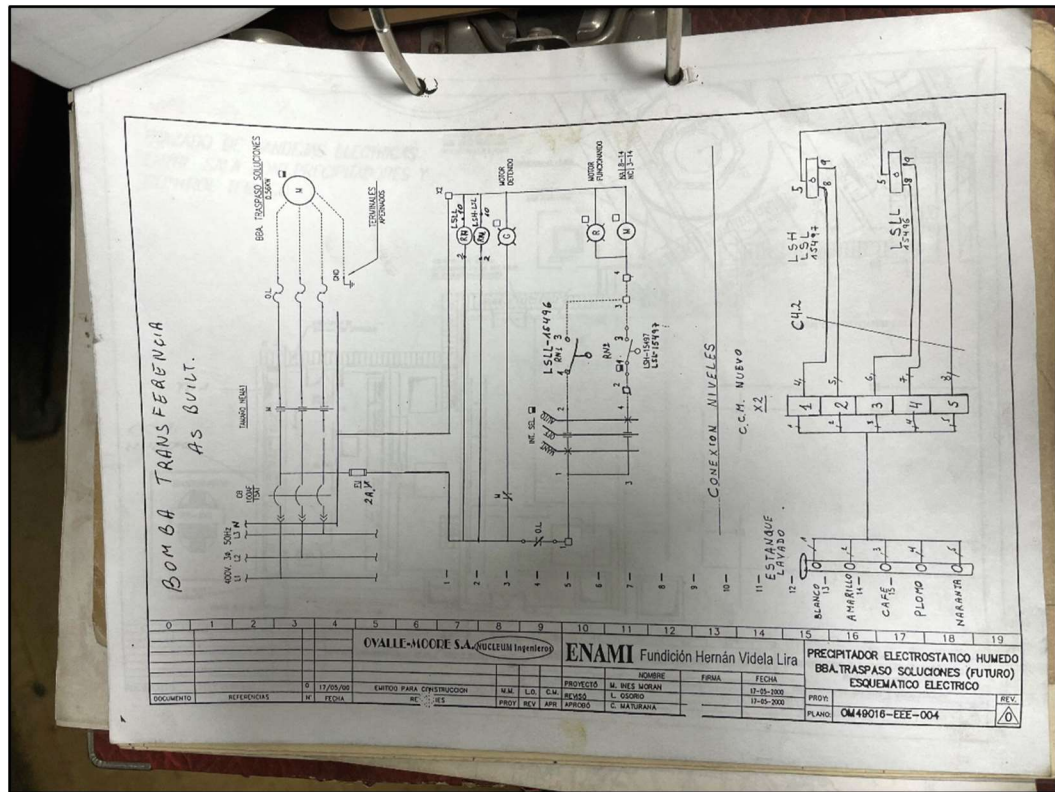
### 3.4 Diagrama de conexión nivel actual

En la figura N°3.4 se logra apreciar el cableado del nivel con los guardas niveles para hacer actuar la bomba para transferencia.

El sensor de la cuba del FEF #2 tiene 3 (tres) contactos, que es el alto, bajo y el común. El de la cuba del FEF #3 tiene 5 contactos, alto, bajo, bajo bajo y un común.

Con la mejora propuesta, todo esto se elimina, ya que el nivel VEGASON 61 iría conectado en el PLC, migrando todo el control hacia el PLC, llevando conexas de bombas, válvulas y selectores al PLC, para así obtener un control total desde pantalla del operador y visión de señales en tiempo real.

**Figura. N°3.4 Conexión de nivel**



### 3.5 Importancia de esta mejora

Esta mejora viene de la mano con un mayor control de nivel de las cubas, mejorando así la producción, la información, la adquisición de datos, el ahorro significativo de horas

humanas (hora/hombre), debido a que el sensor VEGASON 61 es de libre mantención por tener la tecnología de medición ultrasónica sin contacto.

### **3.5.1 Seguridad al personal**

La implementación de esta mejora incrementará la seguridad de los trabajadores, tanto operadores como instrumentistas, al reducir significativamente el riesgo de:

- ✚ Quemaduras y accidentes por contacto con el ácido débil.
- ✚ Caídas a distinto nivel.
- ✚ Exposición al gas generado por el ácido débil.

Esta mejora contribuirá a un ambiente de trabajo más seguro para todos.

La implementación de este sistema eliminaría la necesidad de que tanto el operador como el instrumentista accedan a la parte superior de la cuba para verificar el nivel o realizar tareas de mantenimiento.

### **3.5.2 Monitoreo**

El monitoreo de señales en tiempo real es algo esencial en las plantas industriales, por lo que no tener control de datos ni gráficos hace que la toma de decisiones sea complicada, que las mantenciones no sean las adecuadas por no poder tener un plan de mantenimiento predictivo respecto a las tendencias de señales.

Al implementar tener esta mejora con un nivel ultrasónico, la señal será reflejada en el monitor de control en sala de operadores Planta de Acido # 1 además de tener un registro en el tiempo con la aplicación TREND.

### **3.5.3 Disponibilidad de equipos**

La disponibilidad de los equipos es un aspecto bastante importante en un proceso industrial, ya que se requiere un control y una operación estable para obtener mejores resultados. Para esto se realizan mantenciones predictivas y preventivas, con las tendencias y monitoreo de la señal del nivel y de las bombas, se pueden tomar decisiones y predecir cuándo podría fallar la bomba. El sensor de nivel VEGASON 61, al ser un dispositivo de tecnología avanzada, no requiere mantenimiento periódico. Esto

significa que la bomba, en este caso, no se verá afectada por la necesidad de realizar tareas de mantenimiento en el sensor de nivel.

Una falla recurrente con el sensor de nivel actual (Plomos) es que los contactos se ensucian dejando sin señal a los relés haciendo que la bomba de despiche no se detenga, causando así que el nivel del líquido baje al mínimo haciendo que la bomba trabaje en vacío, y generándole un daño a la bomba que a la larga fallan por completo.

### **3.6 Mejora y efecto que produciría**

Al cambiar el nivel actual por el VEGASON 61, las horas humanas destinadas a la mantención del nivel actual se dirigirían a otros trabajos, mejorando la producción y el control total de estas cubas, haciendo un control automatizado sin necesidad de estar monitoreándolo en terreno, y además de mejorar la seguridad de los trabajadores.

### **3.7 Sector de la mejora**

El sector de la mejora es en las cubas de ácido débil de los Precipitadores electrostáticos FEF #2 Y FEF #3 de la Planta de ácido N°1 de la Fundición Hernán Videla Lira.

El traslado de ácido entre estas cubas requiere un control automatizado preciso para mantener los niveles deseados en cada una de ellas.

### 3.7.1 Cuba FEF #2

En la figura N°3.5 se puede apreciar la cuba del precipitador electrostático FEF #2, con su respectiva bomba de descarga, esta cuba de ácido tiene una altura de 1,6 metros.

**Figura. N°3.5 Cuba FEF# 2**



### 3.7.1.1 Selector de bomba FEF #2

El tablero de la figura N°3.6 se encuentra al interior de la sala eléctrica, en el cual uno puede accionar la bomba colocando el selector en manual, en automático para que actúe con los contactos del sensor de nivel, y en cero para realizar la mantención al sensor de nivel actual.

Figura. N°3.6 Selector FEF #2



### 3.7.1.2 Actual tablero de control FEF #2

El sistema de control de nivel cuenta con relé guarda niveles para cada contacto del sensor, los cuales controlan al contactor para el accionamiento de la bomba.

**Figura. N°3.7 Actual Tablero de control FEF #2**



### 3.7.2 Cuba FEF #3

Esta es la cuba del precipitador electrostático FEF #3 la cual tiene una mayor altura y está a una mayor distancia de la sala eléctrica.

**Figura. N°3.8 Cuba FEF #3**



### 3.7.2.1 Selector bomba FEF #3

En esta cuba, el selector de la bomba de transferencia se encuentra en terreno, debido a que esta cuba se encuentra más alejada de la sala eléctrica, y para que el operador realmente verifique que la bomba actúa o no.

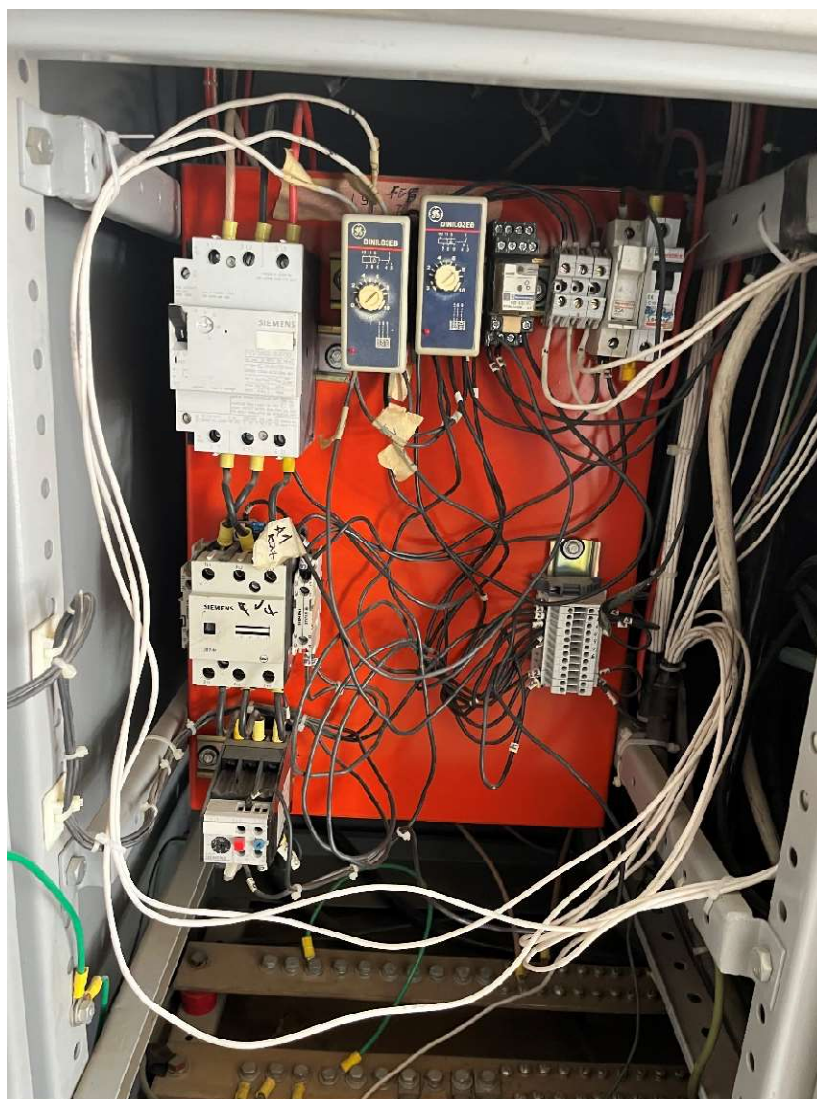
**Figura. N°3.9 Selector FEF #3**



### 3.7.2.2 Actual tablero control FEF #3

Este tablero contiene 2 guarda nivel y un relé para los contactos del sensor de nivel. Esto es porque repuestos de guarda nivel es difícil de conseguir por lo que se tiene que optar a otras alternativas como el relé para poder controlar la bomba respecto a los contactos del sensor, además como se puede apreciar el tablero esta fuera de norma.

**Figura. N°3.10 Tablero control FEF #3**



### 3.8 Materiales para la mejora

Para llevar a cabo esta mejora se tendrá en consideración la siguiente información y materiales a utilizar:

- ✚ Altura de cubas: Cuba FEF #2 1,6 metros y la cuba del FEF #3 2 metros.
- ✚ Distancia de sensor a PLC: Para la cuba del FEF #2, la distancia es de 20 metros. Para la cuba del FEF #3 la distancia es mayor, de 50 metros.
- ✚ Distancia de contactores y selectores hacia PLC: 10 metros por escalerilla y trinchera.

### 3.9 Instalación del sensor

Para la instalación del sensor se necesita un flange de 240 mm de largo, con 4 orificios para pernos con una distancia de 190 mm entre sí, y con un hilo interior de 1/2 pulgadas, ya que el sensor viene con hilo macho de 1/2 para una instalación rápida y simple.

En la figura N°3.11 se aprecia un flange para el montaje del sensor, pero se necesitará con una altura de 500 mm para una instalación segura y de fácil acceso.

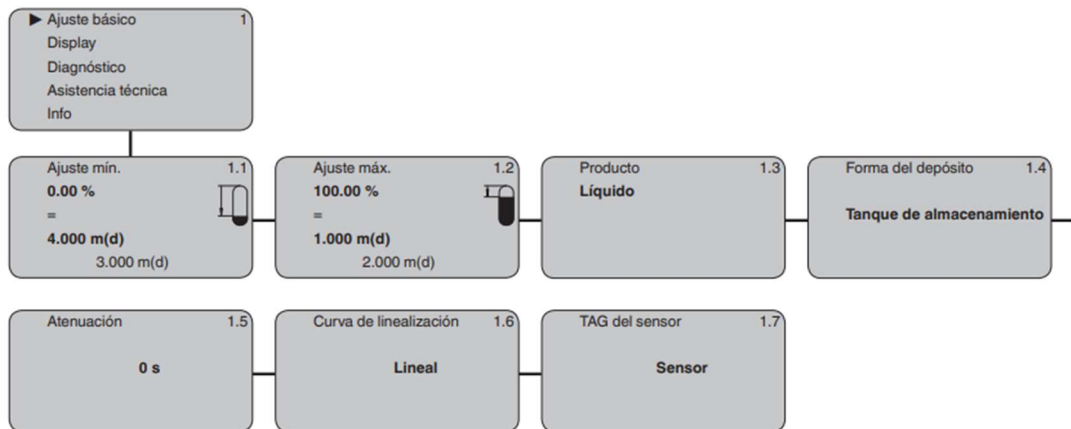
**Figura. N°3.11 Flange**



### 3.10 Configuración del sensor VEGASON 61.

Ya teniendo los datos de altura de las cubas respectivas, se puede llevar a cabo la configuración del sensor y esta se puede hacer en el taller sin necesidad de montar el sensor para configurarlo, alimentando con 24 VDC el sensor desde el taller.

**Figura. N°3.12 Pasos de calibración**



Acá se pueden ver los pasos a seguir para calibrar el sensor que para cada cuba el ajuste mínimo y ajuste máximo serán diferentes. Hay que tener en cuenta que la zona muerta (deadzone) punto en donde el sensor no mide, equivale a los primeros 0.25 m

#### 3.10.1 Configuración cuba FEF #2

Para esta cuba se tiene una altura de 1,6 metros, y el ajuste quedaría así:

- ✚ Ajuste mín. (0%): 2,1 metros.
- ✚ Ajuste máx. (100%): 0,5 metros.
- ✚ Producto: Líquido.
- ✚ Forma del depósito: Tanque de almacenamiento.
- ✚ Atenuación: 0 seg.
- ✚ Curva de linealización: Lineal.
- ✚ TAG del sensor: LIT\_FEF\_2 (Tentativo).

### 3.10.2 Configuración cuba FEF #3

Para esta cuba se tiene una altura de 2 metros, entonces el ajuste aquí quedaría así:

- ✚ Ajuste min. (0%): 2,5 metros
- ✚ Ajuste máx. (100%): 0,5 metros
- ✚ Producto: Liquido
- ✚ Forma del depósito: Tanque de almacenamiento
- ✚ Atenuación: 0 seg.
- ✚ Curva de linealización: Lineal
- ✚ TAG del sensor: LIT\_FEF\_3 (Tentativo)

### 3.11 Conexionado

Para el conexionado, el personal de DCS de la Fundición Hernán Videla Lira asignará dos entradas análogas para los dos sensores VEGASON 61, dos salidas digitales para los contactores de las bombas, y dos entradas digitales para los selectores de manual/automático de las bombas.

### 3.12 Programación en PLC Control Logic

Para el control automático del proceso de las cubas es necesario realizar un control en lenguaje Ladder, el cual tenga las siguientes órdenes y funciones:

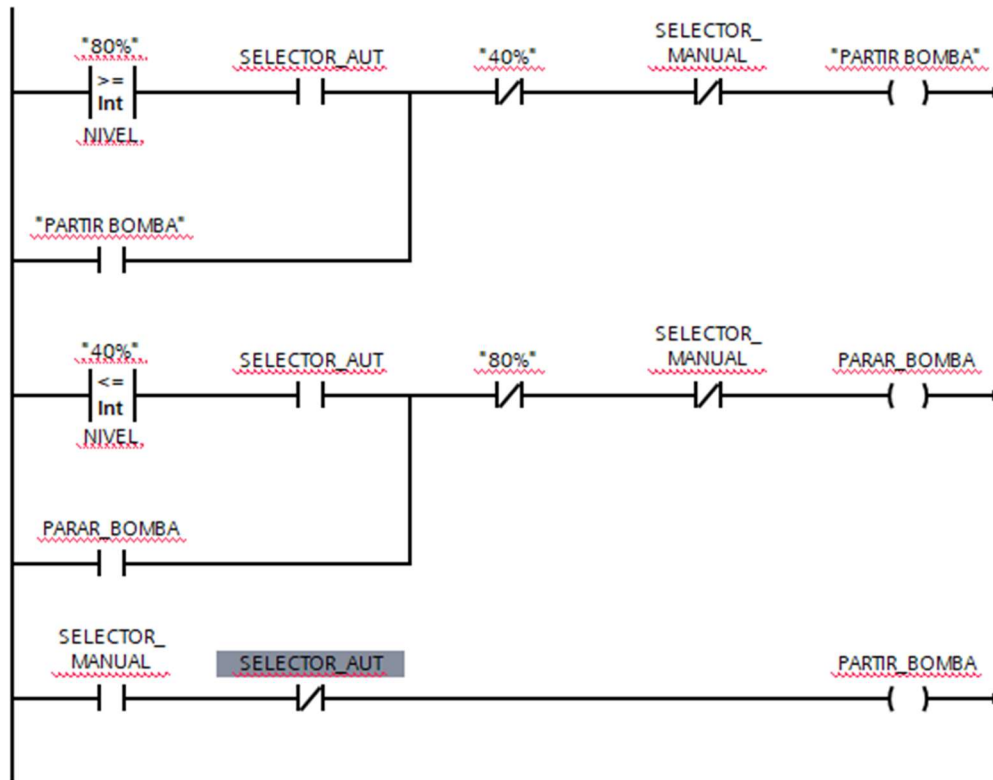
- ✚ Cuando nivel de la cuba este midiendo igual o sobre el 80% mande a partir la bomba de descarga.
- ✚ Cuando el nivel de la cuba este menos o igual a 40% mande a parar la bomba de descarga.
- ✚ Dejar habilitado los selectores para poder hacer una partida en manual por si la situación lo amerita.

Con estos requerimientos se realiza el siguiente control en lenguaje Ladder:

Como se puede apreciar en la figura N°3.13 el valor analógico del nivel cuando está midiendo mayor o igual a 80%, junto con la condición del selector en automático, mandara a partir a la bomba de descarga, con su respectivo enclavamiento. Cuando el nivel este marcando menor o igual a 40% junto con el selector en automático, mandara a parar la bomba de descarga. Cuando el selector se encuentra en manual accionará la bomba sin importar la condición del nivel. Como seguridad se dejan contactos normal cerrados de los niveles y del selector manual por cualquier eventualidad.

La programación se replica para ambas cubas, ya que es el mismo proceso.

**Figura. N°3.13 Control en lenguaje Ladder**



### **3.13 Análisis del monitoreo**

Una vez completado el cambio del sensor, esta señal de nivel podrá estar dentro del Sistema de Control Distribuido (DCS) para un monitoreo en tiempo real del nivel de las cubas, ver el accionamiento de las bombas, y teniendo alarmas de bajo bajo y alto alto para avisar si alguna de las bombas esta con fallas y poder recopilar la información necesaria para llevar a cabo mantenencias predictivas de las bombas y correctivas en caso de falla.

### **3.14 Mejora en la seguridad**

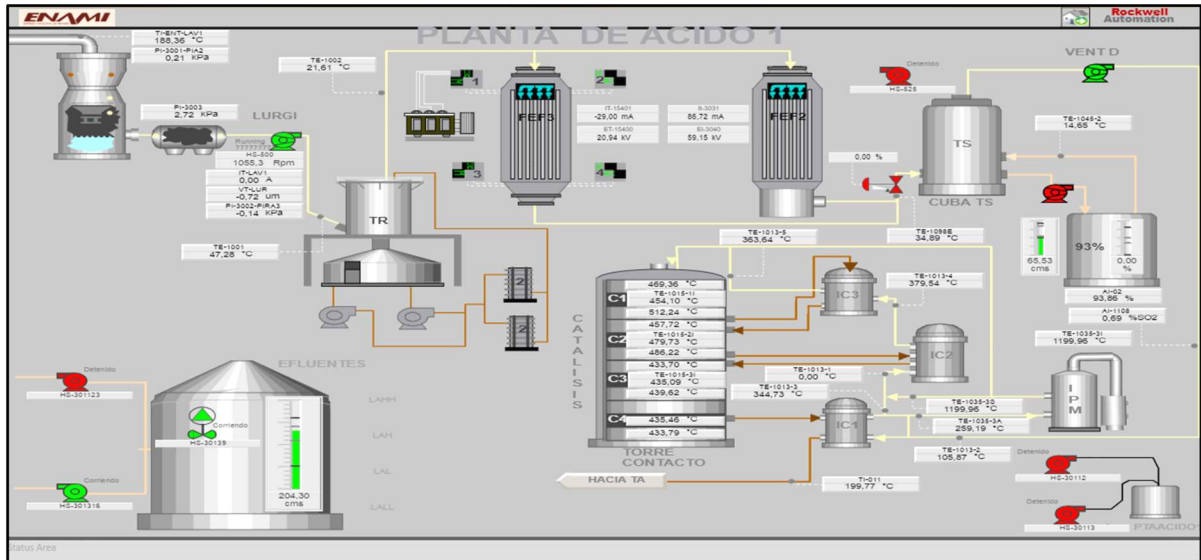
El sensor VEGASON 61, al ser libre de mantención, ayudará bastante en la seguridad del trabajador, ya que este no tendrá que ser solicitado para realizar mantención a los contactos del nivel actual, mejorando drásticamente la vida y salud del trabajador, además de ahorrar el tiempo dedicado en la mantención y derivar ese tiempo en otros trabajos a realizar, ya sean mantenciones predictivas, preventivas, correctivas, como también análisis y mejoras a otros procesos.

### **3.15 DCS (Sistema de control distribuido)**

El monitoreo será por DCS en pantalla del operador, registrando datos y mediciones de nivel de las cubas, además de contener en pantalla el accionamiento de las bombas y el activarlas manual, con el fin de poder controlar desde sala el proceso de la cuba, ver el nivel en tiempo real, y si por algún inconveniente en bajo nivel la bomba no se detiene o en alto nivel no acciona, poder tener una alarma que nos avise que la bomba no está operando para posterior revisar en terreno si los equipos están en perfectas condiciones.

En la pantalla que muestra la figura N° 3.14 se espera incorporar la medición en tiempo real del sensor de nivel VEGASON 61, que es la pantalla general de la Planta de Acido #1 de la Fundición Hernán Videla Lira, como también el estado de las bombas, botones de partir/parar en manual y alarmas de nivel alto, alto alto, bajo, bajo bajo.

**Figura. N°3.14 Pantalla DCS**

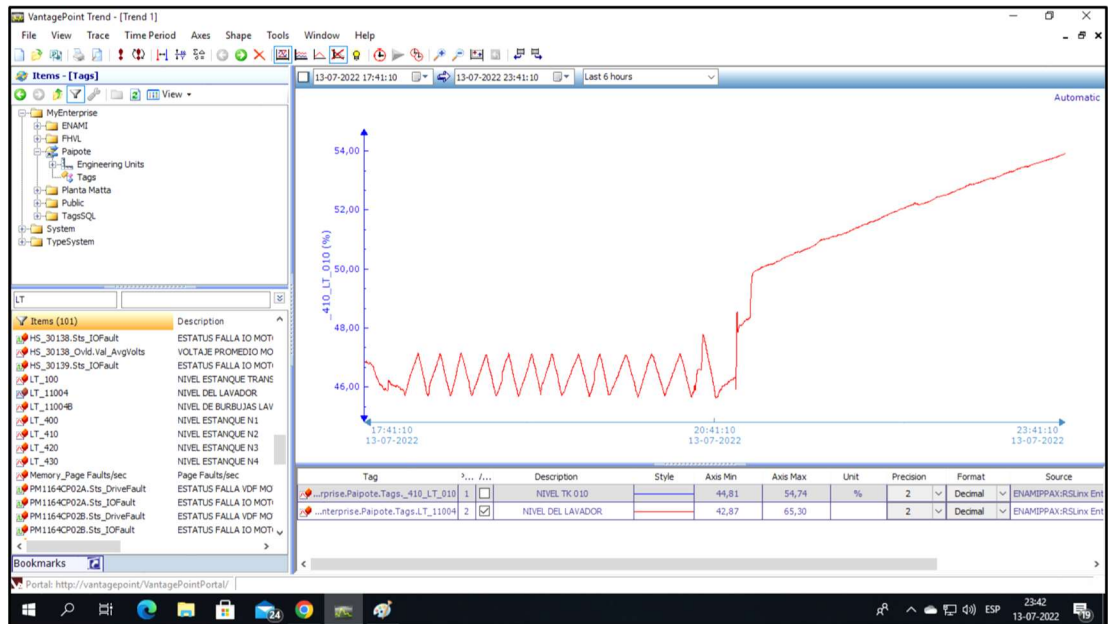


### 3.16 TREND

El TREND es una aplicación usada en la Fundición Hernán Videla Lira, con el fin de monitorear una señal y ver la tendencia ya sea de un sensor, una bomba, un ventilador, una válvula, etc. Con el fin de tener controlado y registrado todo cambio realizado por estos, ayudando en sí a la toma de decisiones y verificar cuando está o no fallando un equipo.

En la figura N°3.15 se puede apreciar cómo podría quedar el monitoreo de la señal del sensor de nivel VEGASON 61, mediante una aplicación usada en la Fundición Hernán Videla Lira, esta aplicación monitorea gráficos de señales desde los últimos 5 minutos, hasta los 6 meses pasados.

**Figura. N°3.15 Aplicación TREND**



## CAPITULO IV

### ESTUDIO ECONOMICO

En este capítulo se evaluará el estudio económico de este proyecto, tomando en cuenta los costos directos para llevar a cabo.

En la tabla N°4 se aprecia que en cable instrumental para aplicar la tarea no aplica costo, debido a que se tiene en posesión. Para el personal calculamos 3 días de trabajo equivalente a 90.000 por trabajador respecto al sueldo base del Instrumentista A en la Fundición Hernán Videla Lira. El costo estaría en la compra de estos instrumentos que son 2, un sensor de nivel para la cuba del Precipitador FEF #2 y el otro para la cuba del Precipitador FEF #3.

**Tabla 4.1 Costos directos**

ELEMENTOS	COSTOS
VEGASON 61 (C/U)	\$775.689
CABLE INSTRUMENTAL	\$194.589
PERSONAL PARA LLEVAR A CABO LA TAREA (2)	\$180.000
TOTAL	\$1.925.968

El valor del sensor de nivel VEGASON 61 con respecto al mercado de instrumentos industriales, es de precio accesible, y para la aplicación que le queremos dar es un plus.

El sensor al ser libre de mantención, no es necesario pensar en un costo respecto a la mantención del instrumento, ni tiempo de hora humana dedicada a este.

Hay que tener en cuenta que el propósito de este proyecto es obtener un monitoreo en tiempo real de las cubas, como también mejorar la seguridad de los trabajadores, tener un mayor control del proceso, y asignar los tiempos ganados en otros trabajos y/o mejoras a futuro.

En la tabla N° 5 se logra apreciar el costo del problema actual que se tiene, cada cerámico DEVCON tiene un costo de \$294.000 con un aproximado de compra de 10 cerámicos por años, por la necesidad de mantención del nivel ya que las fallas son constantes.

**Tabla 4.2 Problema**

		<b>a 3 años (clp)</b>
<b>Problema</b>	Cerámico para sellar nivel actual (DEVCON)	\$8.820.000
	Perdida de ácido por derrame	\$207.000
	<b>Coste del problema</b>	<b>\$9.027.000</b>

En la tabla N°6 se evidencia que la inversión para la solución es de un total de \$1.925.967, una inversión con un valor acorde y razonable para el problema planteado.

**Tabla 4.3 Solución**

<b>Solución</b>	Sensor de nivel ultrasónico VEGASON61 (c/u)	\$775.689
	Cable instrumental 60 mts	\$194.589
	Personal para llevar a cabo la tarea	\$180.000
	<b>TCV o inversión de la solución</b>	<b>\$1.925.967</b>

Como se evidencia en la tabla N°4.4 a los 3 años ya se obtienen beneficios claros, generando un retorno de la inversión de un 368,7%

**Tabla 4.4 ROI**

<b>ROI</b>	Periodo inversión (años)	3
	Inversión	\$1.925.967
	Beneficio	\$9.027.000
	<b>ROI (%)</b>	<b>368,70</b>

Para el cálculo del ROI se realiza la siguiente formula:

**Figura. N°4.1 Formula ROI**

$$\% \text{ ROI} = \frac{\text{INGRESOS} - \text{INVERSIÓN}}{\text{INVERSIÓN}} \times 100$$

Como se logra apreciar en la tabla N° 4.5, en 0.64 años ya se obtendrá el retorno del dinero invertido, por lo cual es muy buena propuesta, porque además de ahorrar dinero, y recuperar la inversión, mejora significativamente el proceso, modernizando y ayudando a la operación en tiempo real del proceso.

**Tabla 4.5 Payback**

<b>Payback</b>	Inversión 1er año	\$1.925.967
	Beneficio 1er año	\$3.009.000
	<b>Payback</b>	<b>0,64</b>

Para el calculo del payback se divide la inversión con el beneficio, así dando como resultado el tiempo que toma recuperar la inversión inicial del proyecto.

## CONCLUSIONES

El presente proyecto para la mejora en la medición del nivel de ácido sulfúrico en baja concentración en las cubas de los Precipitadores Electroestáticos FEF #2 y FEF #3 de la Fundación Hernán Videla Lira representa un paso crucial hacia la modernización y optimización de los procesos industriales en una planta que, hasta ahora, ha operado con sistemas de medición arcaicos. A través de la implementación del sensor de nivel ultrasónico VEGASON 61, se busca no solo mejorar la precisión y la eficacia en el monitoreo de niveles de líquidos corrosivos, sino también aumentar considerablemente la seguridad del personal operativo, que actualmente se enfrenta a riesgos innecesarios debido a la necesidad de mantener un sistema obsoleto.

La automatización de la medición mediante tecnología ultrasónica ofrece múltiples ventajas, entre las que destacan la reducción del esfuerzo físico requerido para realizar tareas de monitoreo, el incremento en la disponibilidad de los equipos y la disminución de accidentes laborales. Estas mejoras no solo facilitarán una gestión más eficiente de los recursos, sino que también contribuirán de manera significativa a la creación de un ambiente laboral más seguro y controlado.

Desde el punto de vista económico, el análisis detallado realizado en el proyecto muestra que la inversión inicial en el sensor VEGASON 61, junto con los costos adicionales de implementación, es considerablemente menor en comparación con los gastos asociados a los problemas actuales, como las frecuentes reparaciones de los sistemas de medición existentes y las pérdidas de ácido por derrames. Con un retorno de inversión (ROI) proyectado de 368.7% en un período de tres años y un payback estimado de solo 0.64 años, lo que significa 7.68 meses, queda claro que esta solución no solo es viable, sino también altamente rentable.

Además, la mejora en la capacidad de monitoreo en tiempo real mediante la integración del sensor en el Sistema de Control Distribuido (DCS) permitirá a los operadores tener acceso inmediato a datos críticos, lo que facilitará la toma de decisiones informadas. Esta capacidad de monitoreo continuo contribuirá a un enfoque más proactivo en el

mantenimiento predictivo y correctivo, optimizando así el rendimiento general de la planta.

Como futura mejora para esta medición y el control del nivel de las cubas de ácido FEF #2 y #3, se implementaría válvulas proporcionales para la carga de ácido en la cuba en el mismo lazo de control, así eliminando las válvulas manuales que los operadores tienen que accionar para el carguío de ácido en las cubas, y así generar todo un proceso autónomo y seguro para los trabajadores.

## BIBLIOGRAFIA

Vegason 61 (s.f). *Sensor de ultrasonidos para la medición continua de nivel.*

Obtenido de <https://www.vega.com/es-us/productos/catalogo-de-productos/medicion-de-nivel/ultrasonidos/vegason-61>

PLC Allen Bradley (2017). *literature.rockwellautomation.com.* Obtenido de [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1756-um001\\_-es-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1756-um001_-es-p.pdf)