

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**  
**SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE LLENADO DE AMONIACO EN UN ESTANQUE DE  
UNA PLANTA QUÍMICA.**

Trabajo de Titulación para optar al Título de  
Ingeniero de Ejecución en CONTROL E  
INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

Alumno:

Diego Nicolas Opazo Acevedo

Profesor Guía:

Mag. Guelis Montenegro Zamora

2025

## RESUMEN

**KEYWORDS:** AUTOMATIZACIÓN DE PROCESO, FILOSOFÍA DE CONTROL, DIAGRAMA DE FLUJO, DCS, FREELANCE.

El presente trabajo de título presenta como objetivo principal mejorar un proceso de llenado de amoníaco en planta química, mediante la automatización de éste.

El proceso actual, consta de una bomba neumática por diafragma y válvulas manuales, donde el operador va abriendo de acuerdo con lo que requiera el sistema.

Primero, es el llenado del producto al estanque metálico, y luego, y una vez realizado esto, ya está disponible para su uso en su proceso correspondiente.

Es importante considerar que el uso de amoníaco y la exposición a éste es perjudicial para la salud. Por tal motivo, dentro de los factores a considerar en la automatización del proceso se encuentra la seguridad del operador, la optimización de tiempo y la productividad.

Para el diseño se trabajará con el software y hardware que se encuentra en planta BASF concón, donde se aplicará módulos de entradas y salidas (E/S), análogas y digitales y así tener un control del sistema.

Se realizará la programación del proceso en Freelance, donde se ejecutará una filosofía de control del sistema, donde el operador tendrá opción desde terreno a través de una botonera, el accionamiento del proceso, el cual permitirá realizar lo más eficiente, automático el proceso y por sobre todo dará seguridad al operador, al estar expuesto a este agente químico.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES .....</b>	<b>2</b>
<b>1 ANTECEDENTES GENERALES .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 EMPRESA BASF .....</b>	<b>3</b>
1.1.1 Ubicación geográfica.....	4
1.1.2 Misión y visión. ....	5
1.1.3 Valores de la empresa.....	5
<b>1.2 PROBLEMÁTICA A RESOLVER.....</b>	<b>6</b>
<b>1.3 DIAGRAMA DE ISHIKAWA .....</b>	<b>7</b>
<b>1.4 REQUERIMIENTOS.....</b>	<b>8</b>
<b>1.5 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....</b>	<b>10</b>
1.5.1 Alternativa 1: Mantener el sistema tal como está actualmente. ....	10
1.5.2 Alternativa 2: Diseñar un sistema de gravedad con válvula controlada. ....	10
1.5.3 Alternativa 3: Diseñar un sistema de control para el llenado de amoniaco en estanque. ....	11
<b>1.6 EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS .....</b>	<b>11</b>
1.6.1 Alternativa seleccionada.....	13
<b>1.7 OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
1.7.1 Objetivo general.....	14
1.7.2 Objetivos específicos .....	14
<b>CAPÍTULO 2: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN.....</b>	<b>15</b>
<b>2 DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DE LA EMPRESA .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 EQUIPOS DE CONTROL EN PLANTA.....</b>	<b>17</b>
2.2.1 Freelance distributed control system (DCS) .....	17
2.2.2 Controlador AC 800F.....	18

2.2.3	FB remote I/O fiel united .....	20
<b>2.3</b>	<b>INSTRUMENTACIÓN .....</b>	<b>21</b>
2.3.1	Sensor de sobrellenado .....	22
2.3.2	Válvula solenoide .....	23
2.3.3	Actuador giratorio DFPD-C FESTO .....	25
2.3.4	Botonera START/STOP para zona Ex.....	26
2.3.5	Detector de flujo .....	26
2.3.6	Sensor de nivel continuo.....	27
<b>2.4</b>	<b>CABLEADO DE SEÑALES Y NEUMÁTICO .....</b>	<b>28</b>
2.4.1	Olflex instrument 160IS RE-2Y (St)Y PIMF PARES .....	29
2.4.2	Tubo de plástico PUN-H-8X1.25-TBL FESTO .....	30
<b>2.5</b>	<b>DIAGRAMA DE FLUJO .....</b>	<b>31</b>
<b>2.6</b>	<b>PROGRAMACIÓN Y CONTROL.....</b>	<b>32</b>
2.6.1	Señales y equipos del sistema .....	32
2.6.2	Programación del controlador .....	33
2.6.3	Pantalla operador .....	38
<b>2.7</b>	<b>DIAGRAMA PIPING AND INSTRUMENTATION DIAGRAM. (P&amp;ID).....</b>	<b>39</b>
<b>CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN DE COSTOS .....</b>		<b>40</b>
<b>3</b>	<b>EVALUACIÓN DE COSTOS.....</b>	<b>41</b>
3.1	PERSONAL Y HORA HOMBRE A UTILIZAR EN PROYECTO .....	41
3.2	COSTOS EQUIPOS Y COMPONENTES.....	42
3.3	COSTOS CANALIZACIÓN Y CABLEADO .....	43
3.4	TIEMPO ESTIMADO DE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO .....	45
3.5	COSTOS TOTALES .....	47
3.6	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	48
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>50</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>51</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Diagrama de ISHIKAWA.....	7
Figura 2-1: Topología freelance.....	17
Figura 2-2: Controlador AC800F.....	18
Figura 2-3: FB remote I/O.....	20
Figura 2-4: Liquiphant FTL51B.....	22
Figura 2-5: Válvula solenoide VODF EX IA Festo .....	23
Figura 2-6: Válvula solenoide Samson 3967 .....	24
Figura 2-7: Actuador giratorio FESTO.....	25
Figura 2-8: Botonera Stahl 8040B .....	26
Figura 2-9: FLOTECT® VANE OPERATED FLOW SWITCH.....	26
Figura 2-10: Deltabar FMD78 .....	27
Figura 2-11: Cable Olflex instrument 160IS RE-2Y(St)Y PIMF PARES .....	29
Figura 2-12: Tubo de plástico PUN-H-8X1.25-TBL.....	30
Figura 2-13: Diagrama de flujo del sistema.....	31
Figura 2-14: Bloques de programación parte 1 .....	34
Figura 2-15: Bloques de programación parte 2 .....	34
Figura 2-16: Bloques de programación parte 3 .....	35
Figura 2-17: Configuración de válvula.....	35
Figura 2-18: Escalamiento presión .....	36
Figura 2-19: Escalamiento nivel continuo .....	36
Figura 2-20: Escalamiento y niveles de alarma nivel continuo .....	37
Figura 2-21: Escalamiento y niveles de alarma presión estanque .....	37
Figura 2-22: Pantalla operador.....	38
Figura 2-23: P&ID del proceso actualizado .....	39

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Requerimientos del proyecto.....	9
Tabla 1-2. Escala de calificación de alternativas. ....	12
Tabla 1-3. Escala de calificación de alternativas. ....	13
Tabla 2-1. Características generales Controlador AC800F.....	20
Tabla 2-2. Características generales FB remote I/O.....	21
Tabla 2-3. Características del instrumento .....	23
Tabla 2-4. Tabla comparativa de válvulas solenoide .....	24
Tabla 2-5. Características de Actuador giratorio FESTO .....	25
Tabla 2-6. Características del instrumento FLOTECT® VANE OPERATED FLOW SWITCH .....	27
Tabla 2-7. Características del Deltabar FMD78.....	28
Tabla 2-8. Características de Cable Olflex instrument 160IS RE-2Y(St)Y PIMF PARES.....	29
Tabla 2-9. Características de Tubo de plástico PUN-H-8X1.25-TBL .....	30
Tabla 2-10. Listado de señales y equipos.....	33
Tabla 3-1. Personal y hora hombre a utilizar. ....	42
Tabla 3-2. Registro de proveedores, costos.....	42
Tabla 3-3 .Registro de proveedores, nombre. ....	43
Tabla 3-4. Costos materiales canalización y cableado. ....	44
Tabla 3-5. Horas previstas para cada actividad.....	45
Tabla 3-6. Carta Gantt del trabajo a realizar.....	45
Tabla 3-7. Costos totales de actividades a realizar. ....	46
Tabla 3-8. Costos totales del proyecto.....	47

## SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

### A. SIGLAS:

AC	: Corriente alterna.
AI	: Entrada análoga.
ATEX	: Atmosfera explosiva.
DC	: Corriente directa.
DCS	: Distributed Control System.
DI	: Entrada digital.
DO	: Salida digital.
HMI	: Interfaz Hombre-Máquina.
IBC	: Intermediate Bulk Container.
IP	: Protección de ingreso.
IVA	: Impuesto al valor agregado.
NEMA	: Asociación nacional de fabricantes eléctricos.
OSHA	: Administración de Seguridad y Salud Ocupacional.
P&ID	: Piping and Instrumentation Diagram.
PLC	: Controlador lógico programable.
SCADA	: Supervisory Control And Data Acquisition.
UF	: Unidad de fomento.
OSHA	: Administración de Seguridad y Salud Ocupacional.

### B. SIMBOLOGÍA:

bar	: Barias.
Km	: Kilómetros.

Km	: Kilómetros.
mA	: Miliampere.
MB	: Megabyte.
mm	: milímetros.
mm <sup>2</sup>	: Milímetros cuadrados.
mt	: Metro.
mts	: Metros.
%	: Por ciento.
°C	: Grados Celsius.
\$	: Símbolo de pesos.
"	: Pulgadas.

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, la seguridad y la eficiencia en los procesos industriales son aspectos fundamentales para garantizar la operatividad y el bienestar de los trabajadores. En este contexto, el presente trabajo se enfoca en abordar una problemática crítica en la planta de BASF Chile, Site Concón, específicamente relacionada con el almacenamiento y el llenado de amoniaco. Este químico, aunque esencial para la producción de varios productos, presenta riesgos significativos tanto para la salud de los operadores como para la seguridad de las instalaciones.

El objetivo de este trabajo es diseñar un sistema automatizado que optimice el proceso de llenado del estanque de amoniaco, minimizando la exposición de los operadores a este compuesto peligroso y reduciendo el riesgo de incidentes. A través de un análisis exhaustivo de las alternativas disponibles y una evaluación de costos, se busca proponer una solución efectiva que no solo cumpla con los estándares de seguridad, sino que también mejore la eficiencia operativa de la planta.

A lo largo de los capítulos, se presentarán los antecedentes del Site Concón, la naturaleza del problema a resolver y los requerimientos específicos para el desarrollo de la solución. Asimismo, se discutirán diversas alternativas, desde mantener el sistema actual hasta la implementación de un sistema automatizado, evaluando sus ventajas y desventajas. Finalmente, se establecerán los objetivos del proyecto, que servirán como guía para la implementación de la solución propuesta.

Este trabajo se convierte así en un paso crucial hacia la mejora continua en las operaciones de BASF Chile, Site Concón, alineándose con su compromiso con la sostenibilidad, la innovación y la seguridad industrial.

## **CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES**

## **1 ANTECEDENTES GENERALES**

Este capítulo presenta la problemática a resolver, dónde se sitúa este problema, el método mediante al cual se da solución y se definen los objetivos a cumplir.

### **1.1 EMPRESA BASF**

BASF Chile es una subsidiaria de BASF, una de las compañías químicas más grandes y diversificadas del mundo, con más de 150 años de experiencia en la industria. Fundada en 1865 en Alemania, BASF ha crecido de ser un productor de colorantes a una empresa global que ofrece soluciones químicas en diversas áreas. Con una fuerte presencia en el país, BASF se dedica a la producción y comercialización de una amplia gama de productos químicos que abarcan diversos sectores. Sus áreas de enfoque incluyen:

**Productos Químicos:** BASF produce productos químicos básicos y especializados, utilizados en industrias como la construcción, la agricultura y la automotriz. Esto incluye resinas, aditivos, y productos químicos intermedios que son esenciales para la manufactura de otros productos.

**Agricultura:** La empresa ofrece soluciones agroquímicas, como fertilizantes y productos de protección de cultivos, que ayudan a mejorar la productividad y sostenibilidad en el sector agrícola. BASF está comprometida con el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles que maximicen el rendimiento y minimicen el impacto ambiental.

Sostenibilidad: Con un fuerte compromiso hacia la sostenibilidad, BASF promueve prácticas responsables y soluciones que minimizan el impacto ambiental de sus operaciones. Esto incluye la implementación de procesos de producción más eficientes y la búsqueda de alternativas menos contaminantes.

Innovación: La empresa invierte fuertemente en investigación y desarrollo, destinando aproximadamente el 6% de sus ingresos anuales a esta área. BASF busca crear productos innovadores que satisfagan las necesidades del mercado, como biopesticidas, materiales biodegradables y tecnologías de energía renovable.

BASF Chile también se enfoca en la seguridad y el bienestar de sus empleados y comunidades, implementando estrictos estándares de salud y seguridad en todas sus operaciones. La empresa ha recibido varios premios por su desempeño en sostenibilidad y seguridad industrial.

#### 1.1.1 Ubicación geográfica

La ubicación exacta donde se produce esta problemática a tratar es en el Site Concón, BASF Chile, se encuentra ubicada a 120 km de Santiago, en la región de Valparaíso. Las plantas productivas de dispersiones, resinas y saponinas están situadas en Camino Quintero 201, Quintero, Región de Valparaíso, Chile.

Esta ubicación estratégica permite a BASF Chile acceder a importantes vías de transporte y mercados, facilitando la distribución de sus productos a nivel nacional e internacional.

### 1.1.2 Misión y visión

#### Misión:

Producir soluciones químicas innovadoras y sostenibles que mejoren la calidad de vida, a través de la investigación y el desarrollo, garantizando la seguridad, la salud y la protección del medio ambiente.

#### Visión:

Ser líder en la industria química en Chile y América Latina, reconocidos por nuestra capacidad de innovación y compromiso con la sostenibilidad, contribuyendo al desarrollo de una economía circular y al bienestar de las comunidades en las que operamos.

### 1.1.3 Valores de la empresa

Algunos valores claves que BASF suele promover:

1. Sostenibilidad: Compromiso con prácticas responsables que protejan el medio ambiente y promuevan el desarrollo sostenible.

2. Innovación: Fomento de la creatividad y el desarrollo de soluciones químicas avanzadas que respondan a las necesidades del mercado.

3. Seguridad: Prioridad en la salud y seguridad de empleados, clientes y comunidades, mediante la implementación de estándares rigurosos.

4. Respeto: Valoración de la diversidad y el respeto hacia todos los colaboradores y partes interesadas.

5. Responsabilidad: Asunción de la responsabilidad en las acciones y decisiones, tanto a nivel individual como organizacional.

6. Colaboración: Trabajo en equipo y cooperación con socios, clientes y comunidades para alcanzar objetivos comunes.

## 1.2 PROBLEMÁTICA A RESOLVER

La siguiente problemática se genera en el almacenamiento de amoniaco en planta dispersiones, el químico amoniaco es un aditivo que sirve en el proceso para la realización de dos productos que hacen en la planta química BASF, el cual llega a planta en unos Intermediate Bulk Container (IBC) plásticos de 1000 o 1100 kilos, la carga del amoniaco hacia el estanque de almacenamiento se realiza con ayuda en todo momento del operador donde él debe conectar al IBC plástico en la parte inferior una manguera de goma que está conectada a una bomba por diafragma, luego de realizar esta acción, el operador debe abrir válvula de descarga del Intermediate Bulk Container (IBC) para luego abrir una válvula manual el cual le da el paso de aire de servicio a la bomba para su accionamiento.

El operador debe estar en todo momento en el lugar para la verificación del proceso y poder cortar el aire de servicio de la bomba cuando sea necesario. El operador debe verificar el llenado a través de un sensor de nivel que se encuentra a un costado del estanque, lo que lo tiene expuesto constantemente a los olores del químico o alguna fuga que pueda ocurrir y pueda verse afectada su integridad física.

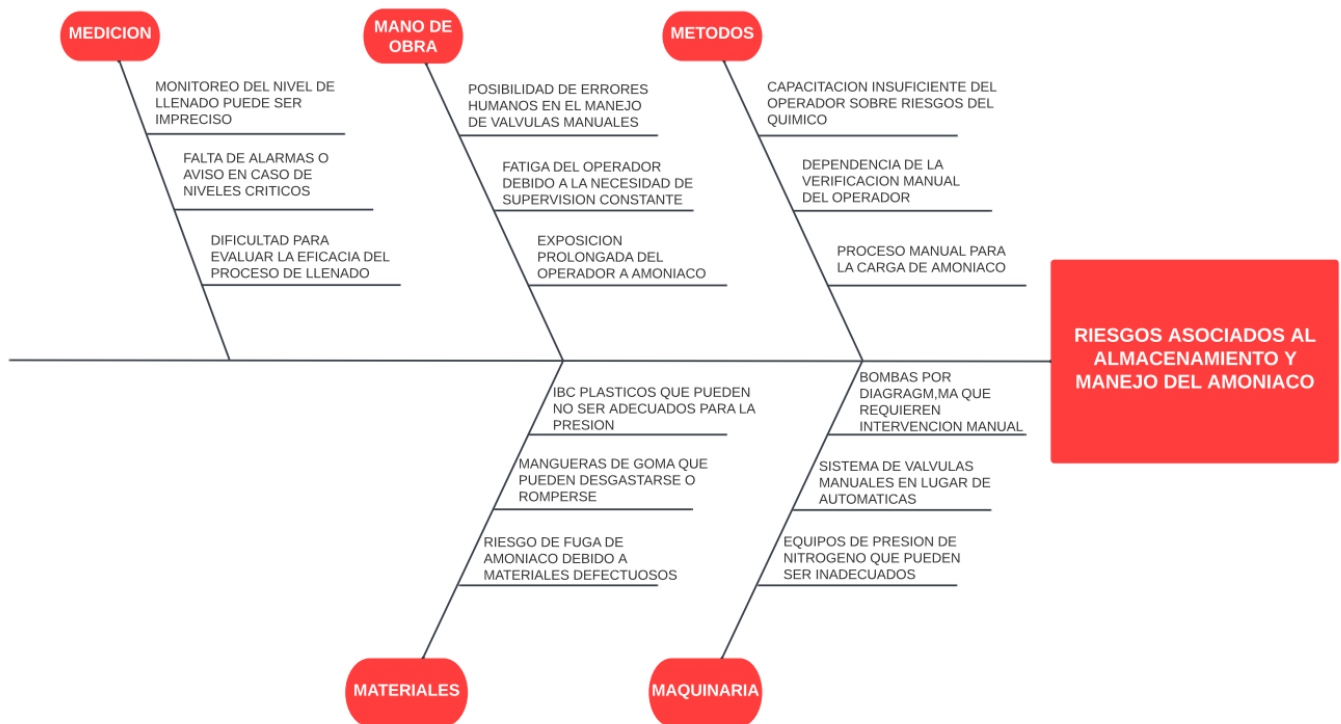
A continuación, se presenta un listado del peligro del amoniaco:

- Irritación respiratoria: La exposición a altas concentraciones de vapores de amoníaco puede causar irritación en los ojos, la nariz, la garganta y los pulmones. Esto puede resultar en síntomas como tos, dificultad para respirar y sensación de opresión en el pecho.
- Quemaduras y daños cutáneos: El contacto directo con amoníaco líquido o soluciones concentradas puede causar quemaduras en la piel. Además, puede provocar irritación, enrojecimiento y dolor en la piel.
- Toxicidad sistémica: La inhalación o ingestión de altas concentraciones de amoníaco puede tener efectos tóxicos en el cuerpo humano. Puede causar daño a los órganos internos, especialmente los pulmones y el sistema respiratorio.
- Sensibilización: Algunas personas pueden desarrollar una sensibilidad al amoníaco después de una exposición prolongada o repetida. Esto puede manifestarse como una reacción

alérgica, donde una exposición posterior a niveles bajos de amoníaco puede desencadenar síntomas como sibilancias, congestión nasal, erupciones cutáneas y dificultad para respirar.

### 1.3 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

A continuación, en la figura 1-1 se muestra un diagrama de ISHIKAWA, el cual permitirá analizar la problemática y así poder determinar las principales causas.



Fuente: Elaboración propia en LUCIDCHART basada en las necesidades del proyecto.

Figura 1-1: Diagrama de ISHIKAWA

#### **1.4 REQUERIMIENTOS**

La automatización del llenado de un estanque que contiene productos químicos, como el amoniaco, es un proceso crítico que requiere un enfoque sistemático y bien definido para garantizar la seguridad, eficiencia y eficacia. Los criterios de aceptación son parámetros específicos que permiten evaluar si el sistema automatizado cumple con los requisitos establecidos. Estos criterios sirven como pautas para validar que la implementación del sistema no solo satisface las expectativas funcionales, sino que también opera dentro de los márgenes de seguridad y rendimiento requeridos.

Establecer criterios de aceptación claros es fundamental para asegurar que el sistema de automatización funcione de manera óptima y segura. Estos criterios abarcan diversas áreas, incluyendo el control de niveles, la seguridad, y la facilidad de uso. Al definir y evaluar estos aspectos, se garantiza que la solución automatizada no solo cumpla con los objetivos operativos, sino que también minimice riesgos potenciales asociados con el manejo de sustancias químicas peligrosas.

La Tabla 1-1, detalla los requerimientos específicos y sus correspondientes criterios de aceptación, que servirán como base para la evaluación y validación del sistema automatizado.

Tabla 1-1. Requerimientos del proyecto.

ITEMS	REQUERIMIENTOS	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN
1	Control de nivel	El sistema debe mantener el nivel que no sobrepase el 90 por ciento por sistema de seguridad, habrá nivel continuo y nivel de sobrellenado para mayor seguridad en caso de que falle uno de los dos.
2	Monitoreo en tiempo real	Los niveles de llenado deben actualizarse en tiempo real en una interfaz accesible.
3	Alarmas de seguridad	Se deben generar alertas visuales si el nivel supera el límite superior o cae por debajo del inferior.
4	Interfaz de usuario	La interfaz debe ser intuitiva y permitir el control manual y automático del llenado.
5	Integración de sistemas existentes	El sistema debe integrarse sin problemas con los sistemas de control y monitoreo existentes en la planta.
6	Mantenimiento programado	Debe ser posible programar y registrar el mantenimiento del sistema, generando alertas cuando sea necesario.
7	Seguridad en el manejo de amoniaco	El sistema debe incluir protocolos para el manejo seguro del amoniaco, evitando fugas o derrames.
8	Capacidad de escalabilidad	El sistema debe permitir futuras ampliaciones o modificaciones sin requerir una reestructuración total.

Fuente: Elaboración propia en Word basada en las necesidades del proyecto.

## 1.5 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Para dar solución a la problemática se proponen tres alternativas, las cuales deberán ser sometidas a evaluación según criterios pertinentes para escoger cuales son factibles de aplicar, y resuelva con creces la problemática propuesta.

### 1.5.1 Alternativa 1: Mantener el sistema tal como está actualmente

La primera alternativa que se tiene ante la problemática planteada y que es la que actualmente está siendo aplicada en la compañía es no hacer nada, se capacita al operador diciéndole el paso a paso que debe realizar para el llenado de amoniaco al estanque, donde necesita estar todo el tiempo en el lugar para la verificación completa del llenado, viéndose expuesto a esta sustancia por un largo tiempo, en primera instancia abriendo las válvulas manuales para funcionamiento de bomba y carga al estanque metálico, y luego una vez realizado el llenado cerrar válvulas manuales para el término del proceso, todo esto siempre viendo el visor en terreno de nivel para que el estanque no vaya a exceder su nivel máximo.

### 1.5.2 Alternativa 2: Diseñar un sistema de gravedad con válvula controlada

La segunda alternativa que se tiene ante la problemática planteada es colocar el Intermediate Bulk Container (IBC) plástico en una posición elevada respecto al estanque de almacenamiento y permitir que el amoníaco fluya por gravedad a través de una tubería resistente al amoníaco, con una válvula para controlar el flujo. Esta válvula no necesariamente debe estar automatizada, sino que puede ser abierta por el operador hasta que se vacíe todo el amoniaco, el operador deberá estar atento al nivel del estanque metálico para que este no se vaya a desbordar hasta que llegue al 100 por ciento.

### 1.5.3 Alternativa 3: Diseñar un sistema de control para el llenado de amoniaco en estanque

La alternativa número 3 es la automatización del proceso de trasvasije de amoniaco diseñando un sistema de control para el llenado de amoniaco en estanque, con accionamiento desde botonera en terreno y monitoreo desde sala de control de operadores desde pantalla. Se cambiará válvulas manuales por automáticas accionadas por electroválvulas que den el paso de aire a la bomba, se utilizarán sensores de precisión de nivel para sobrellenado, nivel continuo, sensor de presión para línea de aire, un detector de flujo en salida de bomba hacia estanque metálico. El operador tendrá en la pantalla de la sala de control el monitoreo in situ del proceso, el sistema contará con alarmas visuales en pantalla. Todo esto se realizará en un sistema de control compacto que es el Freelance 800F, donde se creará la programación en sistema de bloque que tiene el software, se realizará una filosofía de control amigable al usuario para una mejor comprensión del sistema.

La gran ventaja de la automatización del sistema es la mayor seguridad y confiabilidad ya que el trasvasije se realiza sin intervención humana directa, minimizando el riesgo de accidentes o errores. Hay una operación optimizada dado que el sistema solo acciona la bomba cuando es necesario, evitando ciclos de bombeo innecesarios y protegiendo los equipos. El monitoreo en tiempo real de las E/S análogas y digitales proporcionan una visión clara y precisa del proceso, lo que permite tomar decisiones basadas en datos exactos. Y por último existe un ahorro de tiempo y recursos ya que el proceso automático reduce la necesidad de intervención manual, lo que mejora la eficiencia operativa.

## 1.6 EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

El llenado de amoníaco en estanques de almacenamiento es un proceso crítico en muchas industrias, donde la seguridad y la eficiencia son primordiales. La naturaleza peligrosa del amoníaco requiere que las empresas implementen sistemas que minimicen riesgos y optimicen

operaciones. En este contexto, se han propuesto varias alternativas para mejorar el proceso de llenado, cada una con sus propias ventajas y desventajas. Para determinar la mejor opción es esencial establecer criterios de evaluación que permitan una comparación objetiva y fundamentada.

A partir de las alternativas de solución entregadas anteriormente, se realizará un análisis en base a criterios que permitan determinar cuáles son las más factibles de aplicar, cada criterio será sometido a una escala de calificación de 1 a 5 donde 1 corresponde a **muy deficiente** y 5 cuando la calificación es **óptima**, como se observa en la Tabla 1-2.

Tabla 1-2. Escala de calificación de alternativas.

Muy deficiente	Deficiente	Aceptable	Bueno	Optimo
1	2	3	4	5

Fuente: Elaboración propia en WORD basada en las necesidades del proyecto.

Abajo se calcula el promedio para cada una de las alternativas, donde la solución que obtenga la mayor puntuación será la seleccionada para poner en práctica.

Los criterios a utilizar son los siguientes: seguridad, costo inicial, mantenimiento, eficiencia, facilidad de uso, flexibilidad e impacto ambiental.

En la Tabla 1-3 se observan cada criterio junto a las alternativas de solución, cada uno con su puntuación, donde también se puede ver la suma y su promedio de puntuación final, la que dará tomar la mejor decisión para resolver el problema.

Tabla 1-3. Escala de calificación de alternativas.

Criterio / alternativa	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Seguridad	2	3	5
Costo inicial	4	3	1
Mantenimiento	4	3	2
Eficiencia	2	3	5
Facilidad de uso	4	3	5
Flexibilidad	2	3	5
Impacto ambiental	4	4	4
Resultado total	22	23	<b>27</b>
Promedio	3.14	3.29	<b>3.86</b>

Fuente: Elaboración propia en WORD basada en las necesidades del proyecto.

### 1.6.1 Alternativa seleccionada

A continuación, se realizará un análisis de resultados de cada alternativa con sus pros y sus contras, para luego fundamentar por qué se eligió la alternativa seleccionada.

Alternativa 1: Hacer nada.

- Pros: costo bajo, mantenimiento mínimo.
- Contras: alto riesgo de seguridad, eficiencia baja, exposición prolongada al amoníaco.

Alternativa 2: Sistema de gravedad.

- Pros: Mejora en la seguridad respecto a la opción actual, eficiencia moderada, menor exposición.
- Contras: Costo inicial moderado, requiere atención constante del operador.

Alternativa 3: Automatización.

- Pros: Mayor seguridad, eficiencia óptima, monitoreo en tiempo real, facilidad de uso, flexibilidad para mejoras futuras.
- Contras: Alto costo inicial y mayor mantenimiento.

Basado en los criterios evaluados, la alternativa número 3 es la más adecuada a largo plazo. Aunque requiere una inversión inicial considerable, los beneficios en términos de seguridad, eficiencia y reducción de riesgos superan las desventajas. Lo que hace que sea la mejor opción y que se escogerá como solución al problema.

## **1.7 OBJETIVOS**

En esta sección se describe el objetivo general y los específicos que se deben alcanzar durante el desarrollo de este proyecto.

### **1.7.1 Objetivo general**

Diseñar un sistema de control para automatizar el proceso de llenado de amoniaco en un estanque de planta química para reducir los posibles accidentes que puedan ocurrir.

### **1.7.2 Objetivos específicos**

1. Contextualizar la problemática de la empresa
2. Seleccionar la instrumentación del proyecto
3. Desarrollar la lógica de programación del controlador (diagrama de flujo)
4. Confeccionar un Piping and Instrumentation Diagram. (P&ID) de la solución escogida
5. Realizar estudio de costos del proyecto

## **CAPÍTULO 2: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN**

## **2 DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN**

El siguiente capítulo da a conocer el proceso mediante el cual se da cumplimiento a los objetivos definidos anteriormente.

### **2.1 CONTEXTUALIZACIÓN DE PROBLEMÁTICA DE LA EMPRESA**

En la planta de dispersiones de BASF, el proceso de almacenamiento y transferencia de amoníaco implica riesgos significativos para la seguridad del operador debido a la manipulación constante de este químico peligroso. El amoníaco, utilizado como aditivo en la fabricación de dos productos clave, se recibe en contenedores IBC y se transfiere manualmente al estanque de almacenamiento, con supervisión directa del operador. Durante este proceso, el trabajador está expuesto a riesgos como fugas, vapores irritantes y contacto directo con el químico, lo que pone en peligro su salud. Además, la interacción continua con equipos como bombas, mangueras y válvulas aumenta la probabilidad de errores o accidentes.

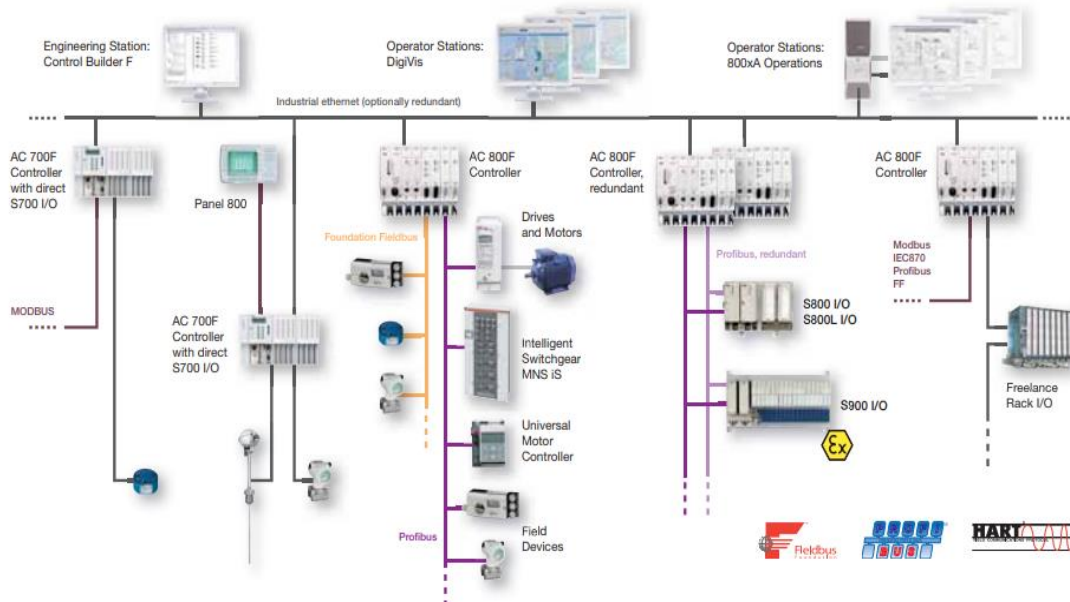
Este capítulo presenta el diseño de un sistema de control automatizado para el proceso de llenado de amoníaco, con el objetivo de reducir los riesgos de accidentes. Se abordarán los elementos de instrumentación necesarios, se presentará un diagrama de flujo para mejorar la comprensión del proceso, y se describirá el hardware y software a utilizar, así como la programación necesaria para su implementación en la planta.

## 2.2 EQUIPOS DE CONTROL EN PLANTA

En cualquier planta industrial, los equipos de control son fundamentales para garantizar la eficiencia, seguridad y calidad del proceso productivo. Los sistemas de control de planta permiten supervisar, regular y optimizar las variables críticas de los procesos, asegurando que operen dentro de los parámetros establecidos, minimizando los riesgos de fallos o desviaciones.

A continuación, se identificará los equipos utilizados en planta con una breve explicación de qué son y para qué sirven.

### 2.2.1 Freelance distributed control system (DCS)



Fuente:

[https://library.e.abb.com/public/7f073f1106f31c31c12573800076fea8/3BDD010023\\_B\\_es\\_Freelance\\_800F\\_System\\_Description.pdf](https://library.e.abb.com/public/7f073f1106f31c31c12573800076fea8/3BDD010023_B_es_Freelance_800F_System_Description.pdf)

Figura 2-1: Topología freelance

En la Figura 2-1 se puede ver la topología de freelance que es un sistema de control distribuido diseñado para automatizar y gestionar procesos industriales de manera eficiente. Es

especialmente adecuado para aplicaciones en plantas de tamaño medio y pequeño, donde se busca un control flexible, escalable y confiable.

Permite distribuir el control entre varios módulos o estaciones, lo que mejora la flexibilidad y fiabilidad en el manejo de procesos industriales complejos.

La plataforma ofrece una interfaz de usuario gráfica que facilita la supervisión, configuración y control de los procesos, mejorando la facilidad de uso para los operadores

Freelance incluye herramientas avanzadas de monitoreo y diagnóstico para detectar problemas en tiempo real, lo que ayuda a mejorar la confiabilidad y reducir tiempos de inactividad y su capacidad para comunicarse con otros sistemas y plataformas de control, como SCADA, optimiza la gestión de la planta y permite tomar decisiones informadas basadas en datos en tiempo real.

## 2.2.2 Controlador AC 800F



Fuente: <https://new.abb.com/control-systems/essential-automation/freelance/controller/ac800f>

Figura 2-2: Controlador AC800F

En la figura 2-2 se puede visualizar el controlador AC 800F de ABB es un sistema de automatización utilizado en procesos industriales que forma parte de su plataforma DCS (Sistema

de Control Distribuido). Este controlador se destaca por su flexibilidad, fiabilidad y capacidad de integrar diferentes tipos de procesos y equipos en una planta.

Atribuciones principales en la automatización de procesos:

1. **Control distribuido y modular:** El AC 800F permite controlar múltiples procesos de manera descentralizada, distribuyendo las funciones de control entre diversos módulos, lo que facilita la escalabilidad y flexibilidad en la configuración del sistema.
2. **Conectividad avanzada:** Ofrece una amplia gama de interfaces de comunicación, permitiendo la integración de diversos dispositivos y sistemas, como sensores, actuadores y otros equipos de control, asegurando que todos los elementos de la planta trabajen de manera sincronizada.
3. **Alta fiabilidad y rendimiento:** El AC 800F está diseñado para operar en entornos exigentes, con alta disponibilidad y tiempos de respuesta rápidos, lo que lo hace ideal para aplicaciones críticas donde se requiere un control preciso y continuo.
4. **Programación flexible:** Su sistema de programación basado en el estándar IEC 61131-3 permite desarrollar soluciones personalizadas para el control del proceso, adaptándose a diferentes necesidades de control y optimización de la planta.
5. **Diagnóstico y mantenimiento:** El controlador incluye funciones avanzadas de monitoreo y diagnóstico, que permiten identificar fallos o posibles problemas de manera proactiva, mejorando la confiabilidad y reduciendo tiempos de inactividad.

El AC 800F ofrece una solución robusta y flexible para automatizar procesos industriales, proporcionando control preciso, integración de equipos y facilidad de mantenimiento, lo que mejora la eficiencia y seguridad en la operación de la planta.

A continuación, se mostrará la tabla 2-1 con las características generales del controlador AC800F utilizado en planta Basf.

Tabla 2-1. Características generales Controlador AC800F

Características generales	
CPU	Procesador RISC superescalar de 32 bits con procesamiento rápido de bits.
RAM	16 MB (SD-RAM)
Ejecución de tareas	Cíclico (tiempos de ciclo configurables a partir de 5 ms)
	Controlador para eventos (eventos predefinidos)
	Lo más rápido posible (modo PLC)
Interfaces	Ethernet
	PROFIBUS
	FOUNDATION Bus de campo MODBUS TCP
	Bus de estación (bus CAN)
	Serie:
	RS485/422/232
	Protocolo Modbus
IEC 60870-5-101 Protocolo de telecontrol	
Temperatura ambiente	0...60°C

Fuente: Elaboración propia en WORD basada en las necesidades del proyecto.

### 2.2.3 FB remote I/O fiel united



Fuente: [https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/classid\\_1864.htm](https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/classid_1864.htm).

Figura 2-3: FB remote I/O

En la Figura 2-3 se muestra el dispositivo de automatización industrial utilizado en sistemas de control distribuido o controladores lógicos programables (PLC) para gestionar entradas y salidas (I/O) en ubicaciones remotas.

Permite conectar sensores, actuadores, y otros dispositivos de campo a través de una red de comunicación industrial. En lugar de tener los módulos de entrada/salida directamente en el controlador, estos dispositivos permiten dispersar la carga de entradas y salidas en ubicaciones remotas a lo largo de la planta o instalación, lo que reduce el cableado y facilita la escalabilidad del sistema.

A continuación, en la tabla 2-2 se presentan las características generales del dispositivo.

Tabla 2-2. Características generales FB remote I/O

Características generales	
Alimentación	24 V DC/115 V AC/230 V AC, dependiendo de la fuente de poder
Slots	Single máximo 20 y dobles máximo 10
Comunicación	PROFIBUS DP/DP-V1, MODBUS RTU, o MODBUS TCP
Temperatura ambiente	-20 ... 40 °C
Protección	IP 66
Instalación zona Ex	Zona 1 y Zona 2

Fuente: Elaboración propia en WORD basada en las necesidades del proyecto.

### 2.3 INSTRUMENTACIÓN

La instrumentación de un proceso industrial es fundamental para el control y monitoreo adecuado de las operaciones dentro de una planta de producción. A través de la correcta selección de instrumentos, se asegura que los parámetros clave del proceso, como temperatura, presión, caudal y nivel, se mantengan dentro de los límites óptimos para garantizar la eficiencia, seguridad y calidad del producto final.

A continuación, se dará a conocer la instrumentación utilizada en el proceso de llenado del estanque con amoniaco, donde en algunos casos se dará una tabla comparativa de instrumentos para luego elegir el óptimo.

### 2.3.1 Sensor de sobrellenado



Fuente: [https://bdih-download.endress.com/files/DLA/005056A500261EEBA6EBED0C8ED71395/TI01403FES\\_0321.pdf](https://bdih-download.endress.com/files/DLA/005056A500261EEBA6EBED0C8ED71395/TI01403FES_0321.pdf).

Figura 2-4: Liquiphant FTL51B

El liquiphant FTL51B (Figura 2-4) es un Interruptor de nivel vibratorio basado en tecnología de vibración, diseñado para detectar el nivel de líquido en aplicaciones industriales. El dispositivo utiliza una sonda que vibra a una frecuencia constante. Cuando el líquido entra en contacto con la sonda, cambia la frecuencia de vibración, lo que es interpretado por el sistema electrónico para activar o desactivar una señal de salida.

En la tabla 2-3 se muestran las características generales del instrumento.

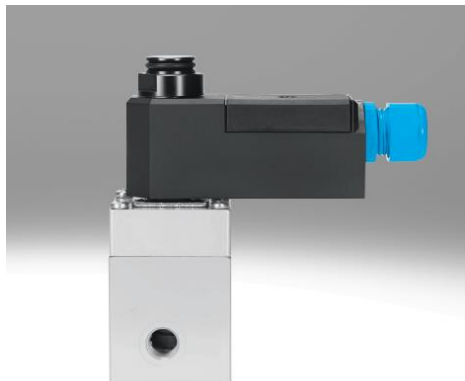
Tabla 2-3. Características del instrumento

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Homologación	ATEX/IEC ii 1g Ex ia
Salida	FEL60H, 2 hilos 8/16mA HART
Caja material	Compartimiento único; aluminio recubierto
Conexión eléctrica	Rosca M20, IP66/68 NEMA type 4X/6P
Aplicación	Max 64 bar
Tipo sonda	Versión tubo corto
Conexión a proceso	DN50 PN6, 316L

Fuente: Elaboración propia en WORD basada en las necesidades del proyecto.

### 2.3.2 Válvula solenoide

En las figuras 2-5 y 2-6 se muestran dos válvulas solenoides que cumplen con las características y robustes necesarias para el sistema de control del proyecto. Ambas cumplen con las especificaciones necesarias para ser elegidas.



Fuente: [https://www.festo.com/media/catalog/206565\\_documentation.pdf](https://www.festo.com/media/catalog/206565_documentation.pdf).

Figura 2-5: Válvula solenoide VODF EX IA Festo



Fuente: <https://www.samsongroup.com/en/products/valve-accessories/3967/>.

Figura 2-6: Válvula solenoide Samson 3967

A continuación, en la tabla 2-4 se realiza una comparativa de ambas válvulas, donde se puede apreciar que la diferencia es la mínima y que ambas podrían perfectamente ser una solución a la hora de ser elegida.

En este caso, por un tema de compatibilidad y marca, se decide la válvula solenoide Festo, ya que tanto la válvula de bola que ya existe en planta y el actuador que se utilizará son de la misma marca.

Tabla 2-4. Tabla comparativa de válvulas solenoide

	<b>Festo VODFC EX IA</b>	<b>Samson 3967</b>
Tipo de válvula	Válvula solenoide de 2/2 vías	Válvula solenoide de 2/2 vías
Tamaño de conexión	1" pulgada	1" pulgada
Presión máxima	10 bar	10 bar
Temperatura de operación	-10°C a +50°C	-10°C a +60°C
Material del cuerpo	Aluminio, acero inoxidable	Aluminio, acero inoxidable
Certificaciones	ATEX, IECEx	ATEX, IECEx

Fuente: Elaboración propia en WORD basada en las necesidades del proyecto.

### 2.3.3 Actuador giratorio DFPD-C FESTO



Fuente: [https://media.festo.com/media/3747\\_documentation.pdf](https://media.festo.com/media/3747_documentation.pdf).

Figura 2-7: Actuador giratorio FESTO

Este componente (Figura 2-7) está diseñado para controlar válvulas en sistemas automatizados, siendo clave en aplicaciones industriales que manejan sustancias peligrosas o inflamables. El actuador es eléctrico, lo que le permite utilizar energía eléctrica para generar un movimiento giratorio que acciona la válvula, ofreciendo un control preciso y remoto en los procesos industriales. La "C" en el modelo DFPD-C indica una versión con opciones avanzadas de control o comunicación digital. Su diseño facilita una instalación sencilla, lo que permite integrarlo fácilmente a sistemas existentes sin requerir modificaciones complicadas.

Tabla 2-5. Características de Actuador giratorio FESTO

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Modo de operación	De simple efecto
Conexión neumática	G1/4
La conexión de válvula cumple la norma	VDI/VDE 3845 (NAMUR)
Angulo de giro	90 grados
Presión de funcionamiento	2... 8 bar

Fuente: Elaboración propia en WORD basada en las necesidades del proyecto.

### 2.3.4 Botonera START/STOP para zona Ex



Fuente: [https://rstahl-wca.com/pub/media/mageplaza/product\\_attachments/attachment\\_file/r/-/r-stahl-control-device-system-series-130692.pdf](https://rstahl-wca.com/pub/media/mageplaza/product_attachments/attachment_file/r/-/r-stahl-control-device-system-series-130692.pdf).

Figura 2-8: Botonera Stahl 8040B

La botonera Stahl 8040B que se muestra en la figura 2-8 es un dispositivo de control industrial diseñado para aplicaciones en entornos con riesgo de explosión. Esta botonera es parte de la serie 8040 de Stahl, conocida por sus soluciones de control y protección en zonas ATEX y IECEx, lo que la hace adecuada para entornos peligrosos, como áreas clasificadas para gases inflamables o polvos combustibles.

### 2.3.5 Detector de flujo



Fuente: <https://dwyer-inst.com/media/customuploads/files/V4.pdf>.

Figura 2-9: FLOTECT® VANE OPERATED FLOW SWITCH

El FLOTECT® VANE OPERATED FLOW SWITCH - Serie V4 (Figura 2-9) es un dispositivo utilizado para medir el caudal de líquidos en tuberías y sistemas industriales. Este interruptor de flujo funciona mediante un vástago de paleta (vane) que detecta la velocidad del flujo del fluido y activa o desactiva un interruptor dependiendo del caudal alcanzado. Es ampliamente utilizado en aplicaciones donde se requiere un control preciso del flujo para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos, evitando daños por falta de flujo o flujos excesivos.

Tabla 2-6. Características del instrumento FLOTECT® VANE OPERATED FLOW SWITCH

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Servicio	Compatible con gases o líquidos
Paleta	Acero inoxidable 316
Límite de temperatura	-20 a 135 grados Celsius
Límite de presión	138 bar
Certificaciones	ATEX 2813 II 2 G Ex db IIB T6

Fuente: Elaboración propia en WORD basada en las necesidades del proyecto.

### 2.3.6 Sensor de nivel continuo



Fuente: <https://www.cl.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-nivel/transmisor-presion-diferencial?t.tabld=product-overview>.

Figura 2-10: Deltabar FMD78

El Deltabar FMD78 (Figura 2-10) es una solución confiable y segura para la medición de nivel en aplicaciones industriales, especialmente en zonas peligrosas clasificadas como EX. Gracias a su principio de medición de presión diferencial, es adecuado para una amplia gama de líquidos y procesos industriales, garantizando precisión, seguridad y fiabilidad en condiciones de operación extremas. Su diseño robusto, capacidades de diagnóstico y certificaciones ATEX lo hacen perfecto para entornos industriales exigentes.

Tabla 2-7. Características del Deltabar FMD78

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
homologación	ATEX/IEC ii 1g Ex ia
Salida	4-20 mA (con HART, Foundation Fieldbus, Profibus DP según la versión)
Aplicación	Dependiendo de la versión: 0-10 mbar a 0-400 bar (rango de presión diferencial)
Temperatura funcionamiento	-40°C a +85°C

Fuente: Elaboración propia en WORD basada en las necesidades del proyecto.

## 2.4 CABLEADO DE SEÑALES Y NEUMÁTICO

Para garantizar una comunicación de señal eficiente desde los instrumentos hacia las unidades de entradas/salidas remotas, así como para alimentar correctamente la válvula con aire, es fundamental utilizar materiales de alta calidad. El cableado de señal debe tener una adecuada capacitancia e inductancia, asegurando que la señal no se vea afectada por interferencias o ruido. Asimismo, la manguera neumática debe ser fabricada con materiales resistentes a productos químicos, altas temperaturas y condiciones ambientales industriales rigurosas, garantizando así su durabilidad y rendimiento en entornos exigentes.

### 2.4.1 Olflex instrument 160IS RE-2Y (St)Y PIMF PARES



Fuente: <https://www.industryshop.id/product/lapp-kabel-instrument-olflex-instrum-re-2xsty/>.

Figura 2-11: Cable Olflex instrument 160IS RE-2Y(St)Y PIMF PARES

Cable de instrumentación para transmisión de señales análogas y digitales de seguridad intrínseca (figura 2-11).

Para instalaciones en áreas clasificadas, Zona 1 y Zona 2. Contra interferencias electromagnéticas, para zonas húmedas y secas.

Tabla 2-8. Características de Cable Olflex instrument 160IS RE-2Y(St)Y PIMF PARES

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Tipo de cable	Cable de instrumento blindado con pares trenzados.
Aplicación	Utilizado en sistemas de control.
Estructura	PIMF (Pares Internos de Micro-Flexión) – Cada par está diseñado para minimizar la interferencia externa y asegurar la máxima integridad de la señal.
Temperatura de operación	-30°C a +80°C.

Fuente: Elaboración propia en WORD basada en las necesidades del proyecto.

## 2.4.2 Tubo de plástico PUN-H-8X1.25-TBL FESTO



Fuente: <https://www.festo.com/cl/es/a/8048691/>.

Figura 2-12: Tubo de plástico PUN-H-8X1.25-TBL

Es un tubo flexible (figura 2-12) de alta calidad diseñado para ser utilizado en sistemas neumáticos y de automatización industrial. Este tubo es especialmente adecuado para aplicaciones que requieren una alta resistencia y flexibilidad, y está fabricado con materiales plásticos de gran durabilidad.

Tiene una alta resistencia a la abrasión, los productos químicos y las temperaturas moderadas, lo que lo hace ideal para entornos industriales exigentes. Su flexibilidad permite instalaciones rápidas y fáciles, incluso en espacios reducidos, y es compatible con varios tipos de conectores estándar para sistemas neumáticos.

Tabla 2-9. Características de Tubo de plástico PUN-H-8X1.25-TBL

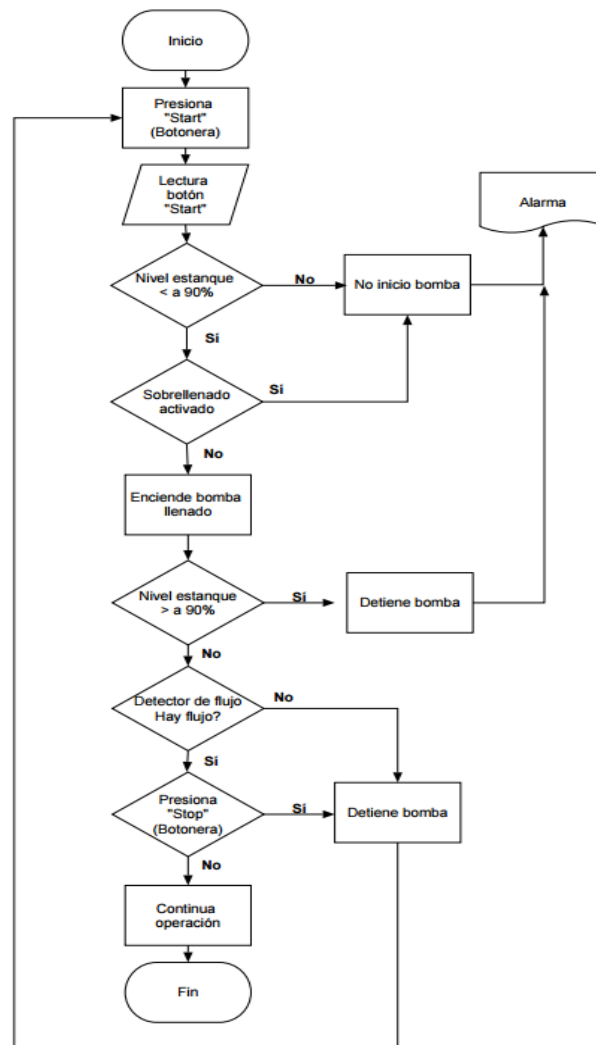
CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Diámetro exterior	8mm
Diámetro interior	5.7mm
Presión de funcionamiento	-0.95bar a 10 bar
Temperatura ambiente	-35 °C - 60 °C

Fuente: Elaboración propia en WORD basada en las necesidades del proyecto.

## 2.5 DIAGRAMA DE FLUJO

La siguiente imagen de la figura 2-13 permite representar visualmente los pasos y decisiones que deben tomarse en el proceso de llenado de estanque de amoniaco. La idea de este diagrama de flujo es comprender de manera más fácil el paso a paso del proceso y mostrar las decisiones y/o condiciones que afectan al sistema.

A continuación, se puede ver la representación a través de un diagrama de flujo la lógica que contemplaría el proceso de llenado de estanque de amoniaco.



Fuente: Elaboración propia en SMARTDRAW basada en las necesidades del proyecto.

Figura 2-13: Diagrama de flujo del sistema

En la figura 2-13 se puede apreciar claramente el funcionamiento del sistema, donde al presionar START el proceso comienza sin antes verificar como condicionante que el detector de sobrellenado esté activo y/o el nivel del estanque sea menor a 90 por ciento, si esto se cumple comenzará el llenado a estanque, luego de esto, el sistema no parara hasta que el nivel supere el 90 %, o en caso de producirse un problema al detectar, el sobrellenado activo también para el proceso, es muy importante tener en cuenta que el detector de flujo que hay en el proceso se activa en flaco de bajada el cual al activarse éste también detendrá la bomba.

Una vez el proceso esté en marcha uno podrá detener el proceso cuando se requiera solo apretando en la botonera el STOP.

## **2.6 PROGRAMACIÓN Y CONTROL**

En el siguiente ítem se abordará la filosofía de control des sistema, donde se determinará y mostrará las señales del del sistema.

Se explicará cada bloque de programación, su lógica y el esquema de visualización que tendrá el operador en pantalla.

### **2.6.1 Señales y equipos del sistema**

Es importante reconocer cuántas señales de entradas y salidas ocupará el sistema para lo que se confeccionará una tabla para identificar qué tipo de señal ocupará cada equipo.

En la tabla 2-10 se pueden apreciar los equipos correspondientes a utilizar junto a su entrada o salida, ya sea análoga o digital correspondiente.

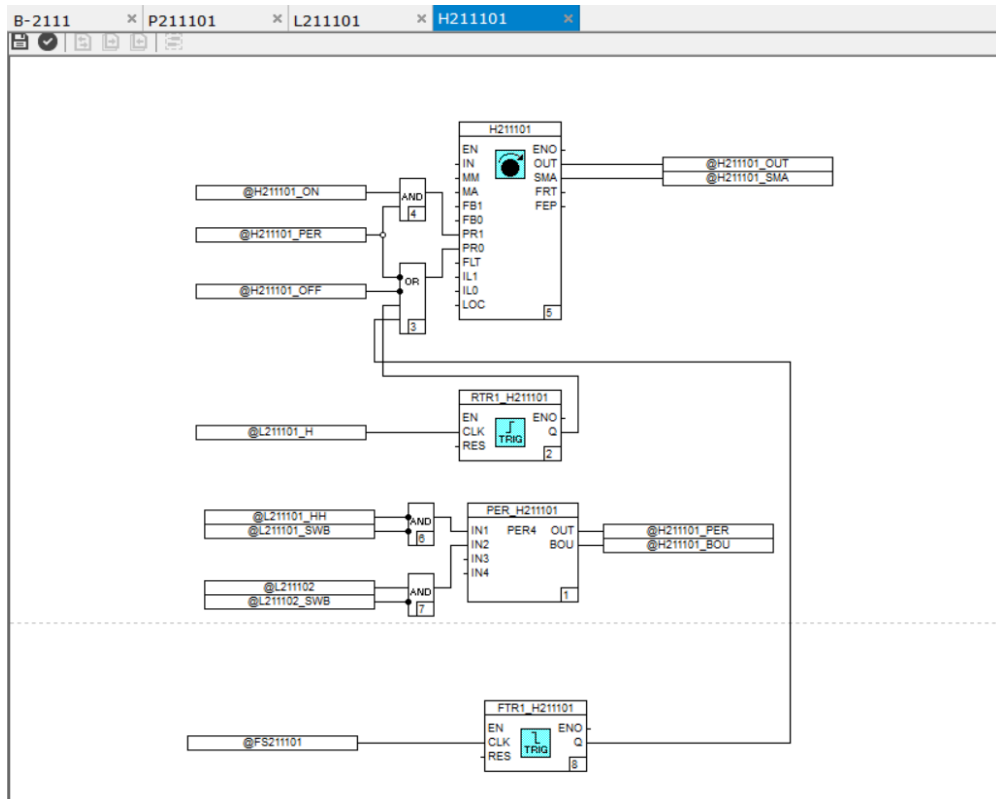
Tabla 2-10. Listado de señales y equipos

TAG	DESCRIPCIÓN	ENTRADAS/SALIDAS	COMENTARIO
H211101-1	Botonera en terreno	2 DI	Nuevo
L211101	Sensor de nivel dinámico estanque	1 AI	Existente
L211102	Sensor de sobrellenado estanque	1 AI	Nuevo
FS211101	Detector de flujo en línea de trasvasije	1 DI	Nuevo
H211101	Válvula solenoide paso aire a bomba	1 DO	Nuevo
P2112	Bomba de diafragma de estanque	N/A	Existente
P211101	Sensor de presión de línea estanque	1 AI	Existente

Fuente: Elaboración propia en WORD basada en las necesidades del proyecto.

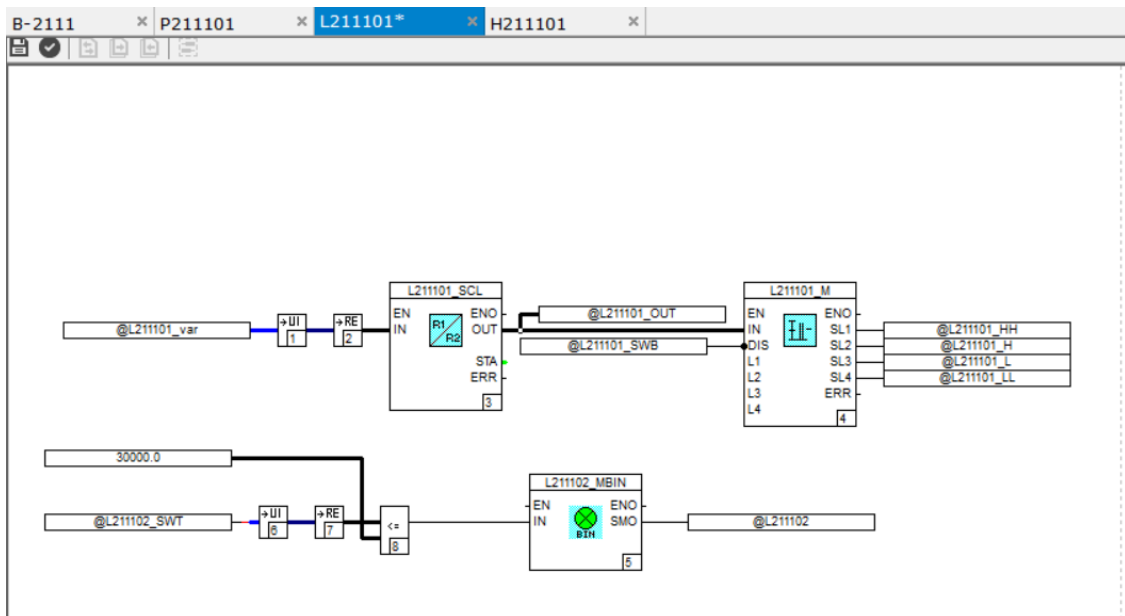
### 2.6.2 Programación del controlador

A continuación, en las figuras 2-14, 2-15, 2-16, 2-17, 2-18, 2-19, 2-20 y 2-21 se presenta la programación del sistema, que está en lenguaje de bloques, se explicarán los bloques de función que se han utilizado junto a su parametrización, se mostrarán imágenes donde bajo éste habrá un pequeño resumen de lo que se está mostrando.



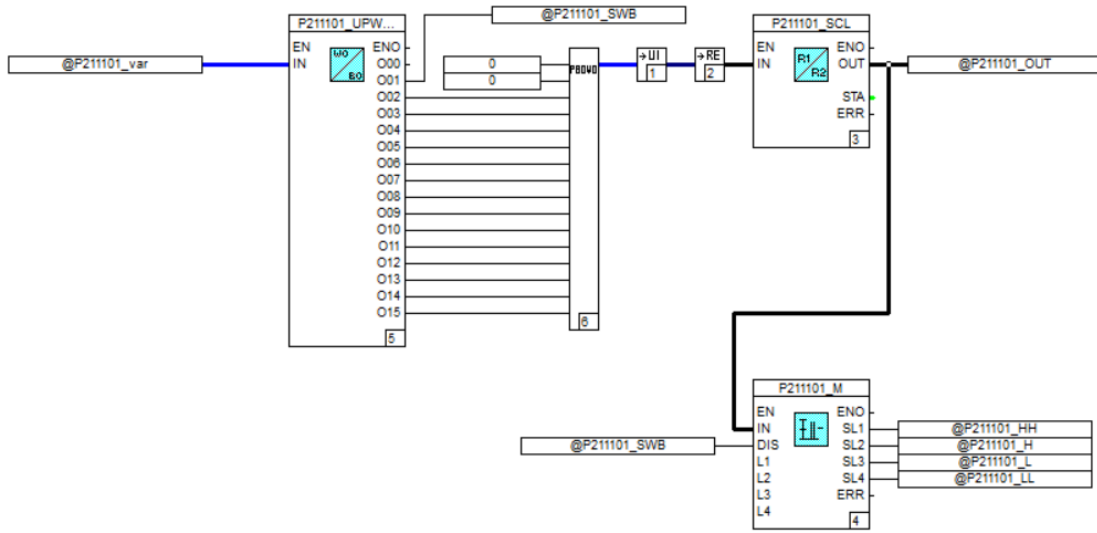
Fuente: Captura de pantalla de Freelance Engineering 2019.

Figura 2-14: Bloques de programación parte 1



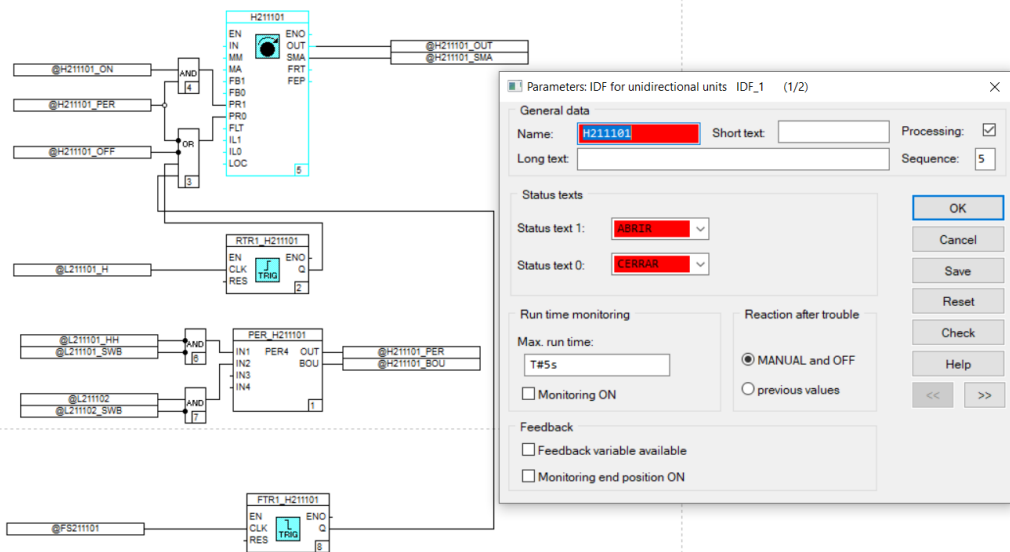
Fuente: Captura de pantalla de Freelance Engineering 2019.

Figura 2-15: Bloques de programación parte 2



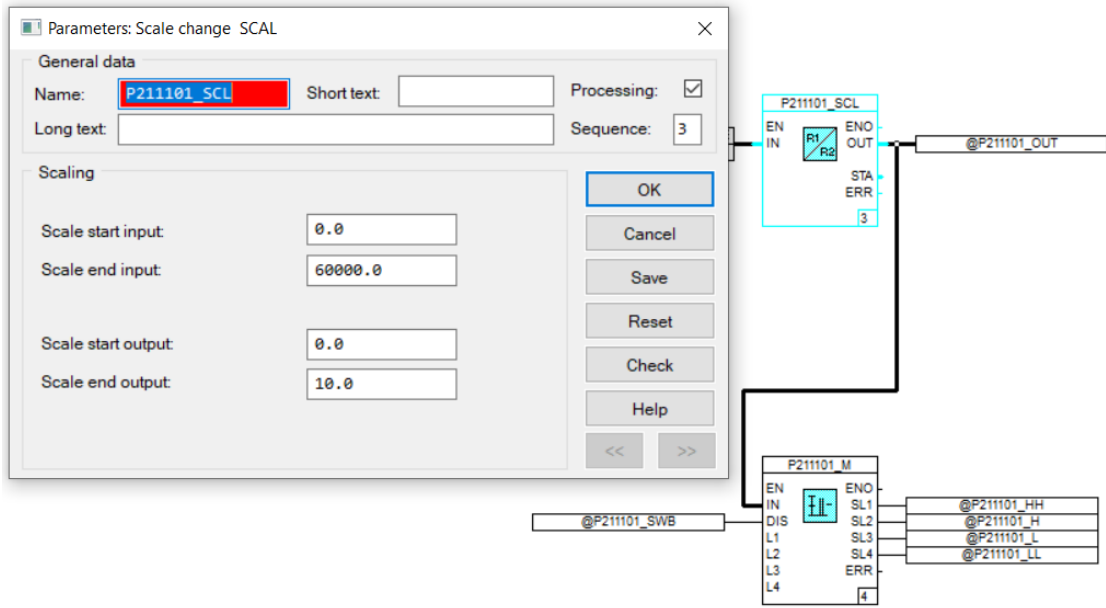
Fuente: Captura de pantalla de Freelance Engineering 2019.

Figura 2-16: Bloques de programación parte 3



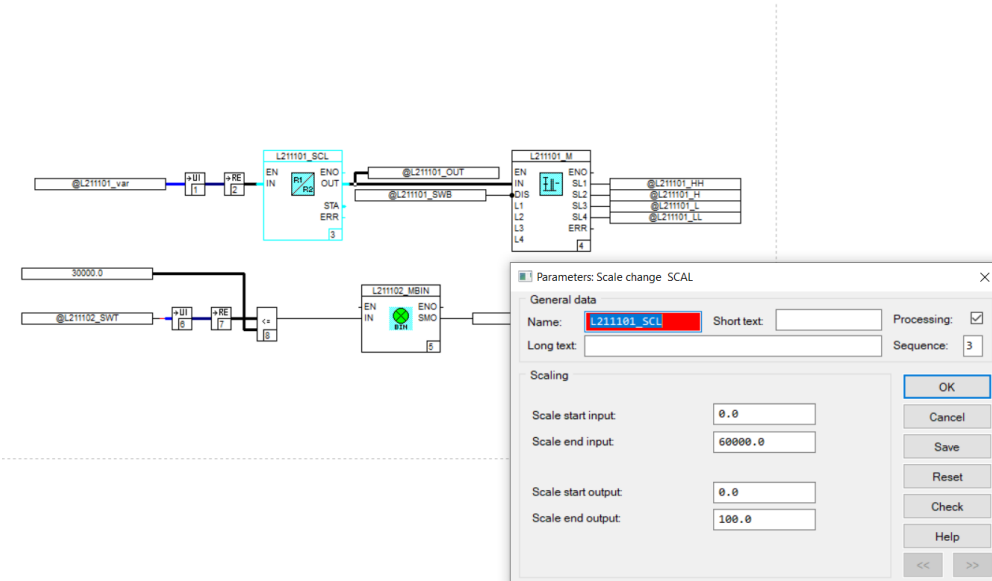
Fuente: Captura de pantalla de Freelance Engineering 2019.

Figura 2-17: Configuración de válvula



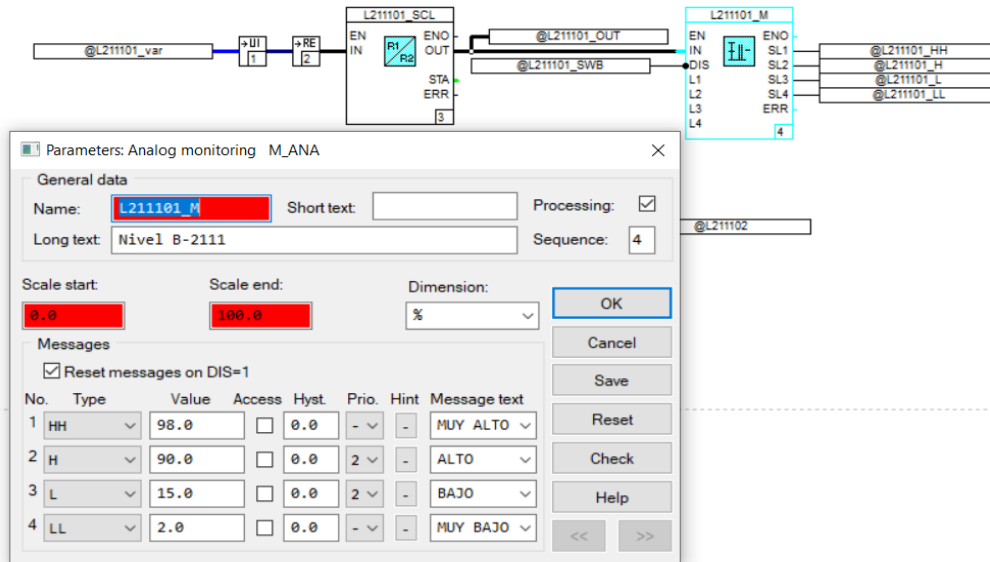
Fuente: Captura de pantalla de Freelance Engineering 2019.

Figura 2-18: Escalamiento presión



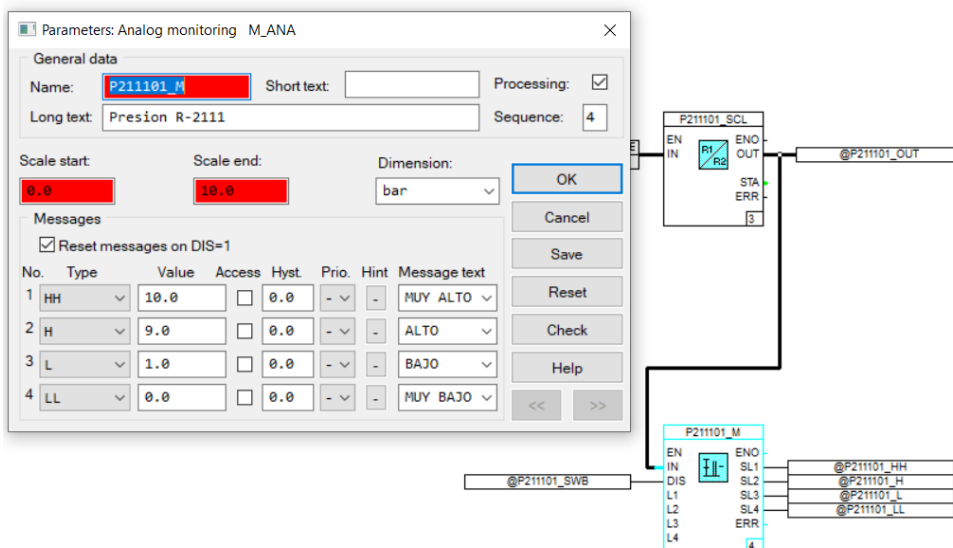
Fuente: Captura de pantalla de Freelance Engineering 2019.

Figura 2-19: Escalamiento nivel continuo



Fuente: Captura de pantalla de Freelance Engineering 2019.

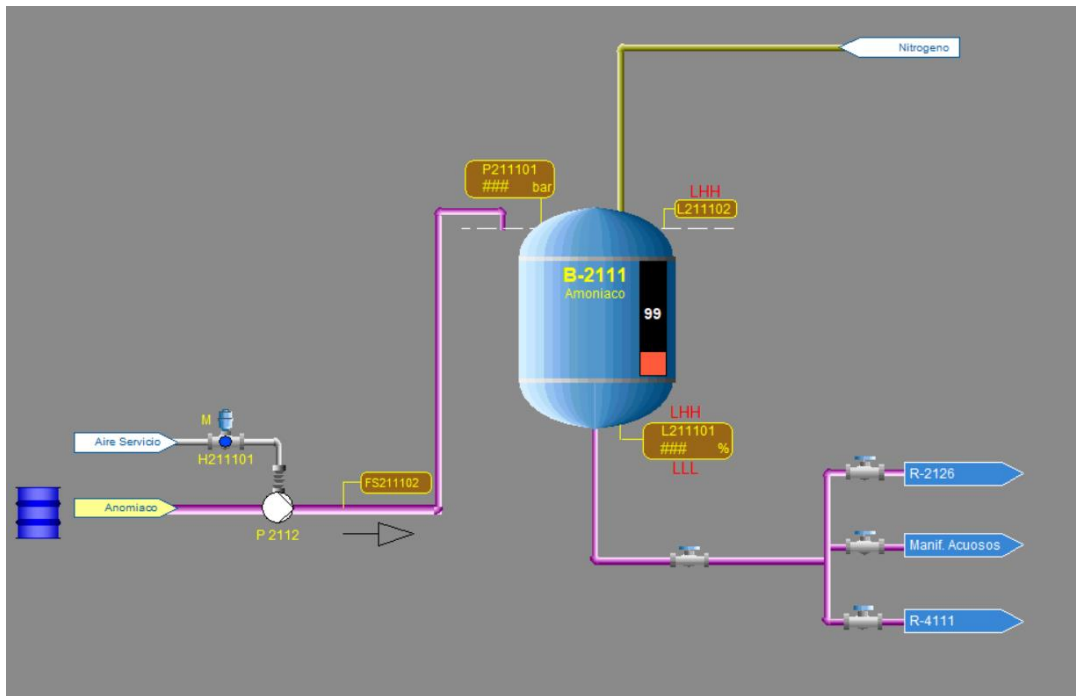
Figura 2-20: Escalamiento y niveles de alarma nivel continuo



Fuente: Captura de pantalla de Freelance Engineering 2019.

Figura 2-21: Escalamiento y niveles de alarma presión estanque

### 2.6.3 Pantalla operador



Fuente: Captura de pantalla de Freelance Engineering 2019.

Figura 2-22: Pantalla operador

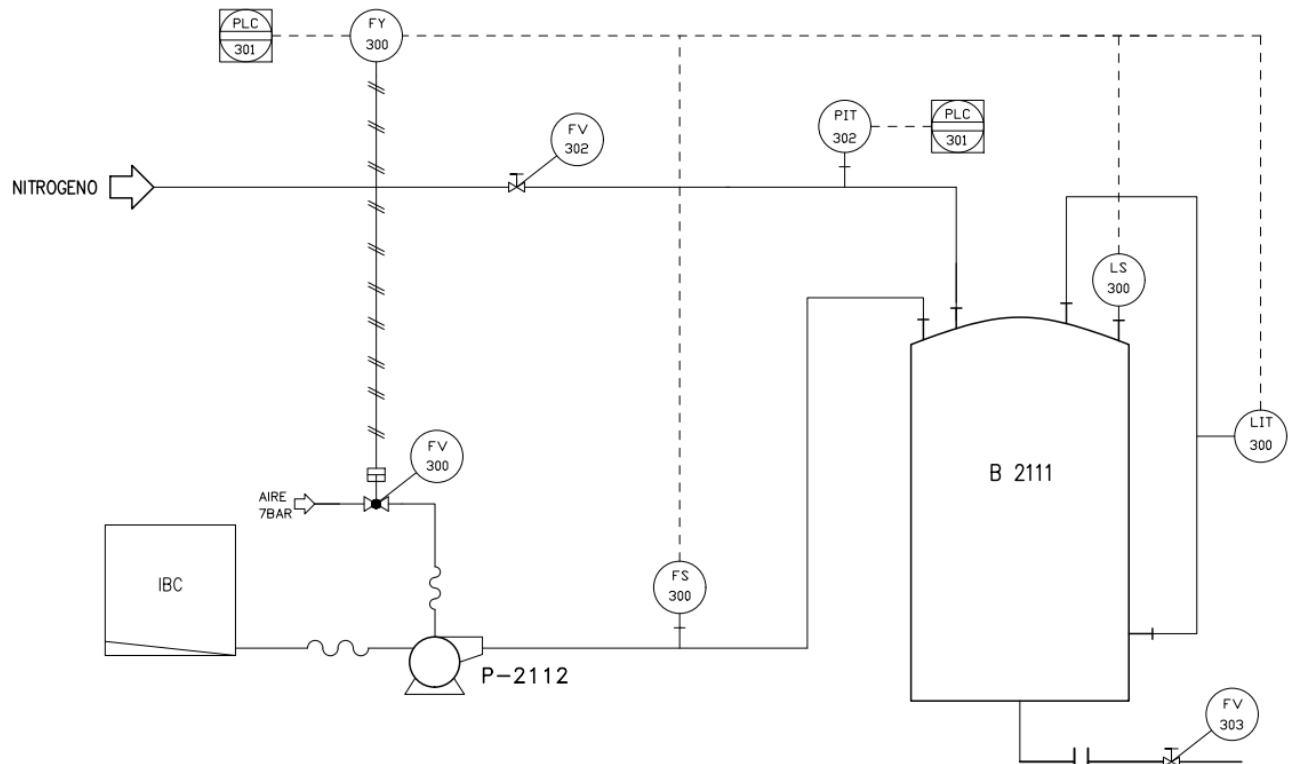
En la Figura 2-22 es la pantalla que podrá visualizar el operador en su estación de monitoreo, donde podrá ver los sensores asociados al estanque, junto a su medición en tiempo real, la válvula cuando se active cambiará el círculo de color azul a verde, lo cual indicará que está activa.

El sensor de nivel de sobrellenado si se llegara activar saldrá unas letras (LHH) arriba del tag L211102 que cambiarán de color de amarillo y rojo cada segundo que esté activado.

En el detector de flujo se animará la flecha bajo el tag FS211102 cuando esté pasando producto esta parpadeará y cuando no está dejará de parpadear.

## 2.7 DIAGRAMA PIPING AND INSTRUMENTATION DIAGRAM (P&ID)

La siguiente Figura 2-23 representa el diagrama final P&ID del sistema de llenado de amoniaco desde IBC a Estanque metálico.



Fuente: Elaboración propia en AUTOCAD 2017 basada en las necesidades del proyecto.

Figura 2-23: P&ID del proceso actualizado

## **CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN DE COSTOS**

### **3 EVALUACIÓN DE COSTOS**

Los costos asociados a este proyecto para la implementación del sistema en planta dispersiones de Basf Concón, permitirá tener un estimativo de gastos de la automatización del sistema, donde se considerará cada material necesario para la implementación, además de los trabajos de obras civiles, técnicos y de ingeniería. Para todo el análisis de costos, se utilizará el valor UF del día 29 de diciembre del 2024, que es de \$38.407.

#### **3.1 PERSONAL Y HORA HOMBRE A UTILIZAR EN PROYECTO**

La planificación y asignación del personal y las horas-hombre son fundamentales para la ejecución exitosa de un proyecto de automatización. Para llevar a cabo este proyecto, se ha diseñado un equipo de trabajo compuesto por diversas especialidades, incluyendo un ingeniero supervisor, dos técnicos instrumentistas, un ayudante instrumentista y un programador de sistema integrado. Cada uno de estos profesionales desempeñará un papel clave en la implementación y supervisión de la automatización, asegurando que el proceso se realice de manera eficiente y conforme a los estándares de seguridad y calidad. La asignación adecuada de horas-hombre permitirá un uso óptimo de los recursos y facilitará el cumplimiento de los plazos establecidos.

A continuación, en Tabla 3-1 se muestra al personal a utilizar y el costo hora hombre en pesos chilenos y pasadas a UF (valor UF del día 29 de diciembre del 2024, es de \$38.407). Los datos utilizados fueron un estimado entre lo que gana un ayudante, técnico y programador gana en la empresa Basf y la de ingeniero se sacó de como base en página web [mifuturolaboral.cl](http://mifuturolaboral.cl) donde el sueldo se divide por un total de 180 horas.

Tabla 3-1. Personal y hora hombre a utilizar.

Personal	Hora/Hombre	Peso Chileno	UF
Ingeniero supervisor	1	\$8.333	0.217
Técnico instrumentista	1	\$3.889	0.101
Técnico instrumentista	1	\$3.889	0.101
Ayudante instrumentista	1	\$3.055	0.08
Programador integrador	1	\$8.333	0.217

Fuente: Elaboración propia en WORD basada en las necesidades del proyecto.

### 3.2 COSTOS EQUIPOS Y COMPONENTES

Primero que todo, se deberá tener en cuenta un registro y/o listado de componentes y equipos a utilizar, donde se distinga el proveedor, la cantidad requerida y el costo de este.

Luego en la tabla 3-3 se mostrará un listado detallado de equipos a utilizar, cantidad a utilizar y el costo de cada uno de los equipos eso en peso chileno y en UF (valor UF del día 29 de diciembre del 2024, es de \$38.407).

Tabla 3-2. Registro de proveedores, costos.

Equipos /Componentes	Marca	Cantidad	Valor	Costo UF
Válvula solenoide VOFC-EX - IA	Festo	1	\$ 845.785	22,022
Actuador giratorio DFPD-C	Festo	1	\$ 292.999	7,629
Sensor de sobrellenado	Endres+Hauser	1	\$1.750.123	45,568
Detector de flujo Flotect Flow Switch Serie V4	Dwyer	1	\$ 398.586	10,378
Bontonera STHL 8040B	Desimat	1	\$ 212.759	5,540
Modulo Entrada Analógica FB3205	Pepperl + Funchs	1	\$ 725.448	18,888
Modulo Entrada digital FB1208	Pepperl + Funchs	1	\$ 375.941	9,788
Modulo Salida digital FB6208	Pepperl + Funchs	1	\$ 470.165	12,242
		Total	\$5.071.806	132,054

Fuente: Elaboración propia en Excel basada en las necesidades del proyecto.

### 3.3 COSTOS CANALIZACIÓN Y CABLEADO

A continuación, se presenta la tabla 3-4 con el listado de materiales necesarios para el canalizado y cableado de instrumentación del sistema. Este proceso es crucial para asegurar una correcta instalación de los sistemas de control y monitoreo en la planta, garantizando el funcionamiento eficiente y seguro de los equipos. Los materiales listados incluyen cables, conductos, conectores, y otros accesorios esenciales para la instalación del sistema de instrumentación. Esta información ayudará a tener una visión clara de los recursos necesarios y los costos asociados con la implementación de los sistemas de instrumentación en la planta.

Tabla 3-3 .Registro de proveedores, nombre.

<u>MATERIALES</u>	<u>PROVEEDOR</u>
CF BANDEJA EZ 54x 50mm (x TIRA 3 MT)	DARTEL
MORDAZA P/RIEL 42mm 7.5 1/4 ZN	DARTEL
CABLOFIL SOPORTE UC 50 GS 958604004 LEGRAND	DARTEL
RIEL UNISTRUT ZINCADO 1RR0020800 42X42X2 3MTS	DARTEL
TUERCA RIEL CON RESORTE 1/4	DARTEL
PERNO COCINA 1/4X3/4 100 UNIDADES	DARTEL
FERRUL AIS BLANCO 0.75MM BOSA E 100 UNIDADES	DARTEL
AMARRA CABLE BLANCA 300x3.6mm (X BOLSA 100 UNIDADES)	DARTEL
CABLE INST.RE-2Y(St)Y-FL 2x2x0,75MM2 AZ	DESIMAT
CABLE INST.RE-2Y(St)Y-FL 2x2x0,75MM2 AZ	DESIMAT
FESTO TUBO FLEXIBLE PUN-8X1.25 TBL	FITVALV
RACOR FESTO DE 1/2"	FITVALV
CAJA DE AUTOPERFORANTE 3/8 x 8	EASY

Fuente: Elaboración propia en Word basada en las necesidades del proyecto.

En la tabla 3-3 se visualiza los materiales a ocupar en el proyecto junto al proveedor y así tener un detalle de donde comprarlos y donde se cotizarán.

En la tabla 3-4 cada ítem de materiales estará acompañado de la cantidad a ocupar, valor unitario y el costo total ya sea en pesos chilenos y en UF (valor UF del día 29 de diciembre del 2024, es de \$38.407).

Tabla 3-4. Costos materiales canalización y cableado.

Item	Descripcion	Cantidad	Unidad	Valor unitario	Valor total	Valor UF
1	CF BANDEJA EZ 54x 50mm (x TIRA 3 MT)	3	ud	\$33.410	\$100.230	2,610
2	MORDAZA P/RIEL 42mm 7.5 1/4 ZN	10	ud	\$390	\$3.900	0,102
3	CABLOFIL SOPORTE UC 50 GS 958604004 LEGRAND	10	ud	\$2.471	\$24.710	0,643
4	RIEL UNISTRUT ZINCADO 1RR0020800 42X42X2 3MTS	1	ud	\$20.727	\$20.727	0,540
5	TUERCA RIEL CON RESORTE 1/4	15	ud	\$128	\$1.920	0,050
6	CAJA DE AUTOPERFORANTE 3/8 x 8	1	ud	\$6.390	\$6.390	0,166
7	PERNO COCIN 1/4X3/4 100 UNIDADES	1	ud	\$5.273	\$5.273	0,137
8	FERRUL AIS BLANCO 0.75MM BOSA E 100 UNIDADES	1	ud	\$677	\$677	0,018
9	AMARRA CABLE BLANCA 300x3.6mm (X BOLSA 100 UNIDADES)	2	ud	\$3.824	\$7.648	0,199
10	CABLE INST.RE-2Y(St)Y-FL 1x2x0,75MM2 AZ	135	m	\$677	\$91.395	2,380
11	CABLE INST.RE-2Y(St)Y-FL 2x2x0,75MM2 AZ	40	m	\$1.709	\$68.360	1,780
12	FESTO TUBO FLEXIBLE PUN-8X1.25 TBL	45	m	\$3.496	\$157.320	4,096
13	RACOR FESTO DE 1/2"	2	ud	\$4.307	\$8.614	0,224
14	SOPORTE CANALIZADO	1	ud	\$50.000	\$50.000	1,302
15	PINTADO CANALIZADO CON ANTICORROSIVO GRIS	2	ud	\$50.000	\$100.000	2,604
16	SOPORTE PARA BOTONERA	1	ud	\$100.000	\$100.000	2,604
				TOTAL	\$747.164	19,45

Fuente: Elaboración propia en Excel basada en las necesidades del proyecto.

### 3.4 TIEMPO ESTIMADO DE LA EJECUCION DEL PROYECTO

Tabla 3-5. Horas previstas para cada actividad.

ACTIVIDAD/TAREA	HORAS PREVISTAS
EVALUACION DE PROYECTO	8
CANALIZACION Y MONTAJE DE SOPORTES PARA CANALIZADO	8
MONTAJE DE SOPORTE PARA BOTONERA E INSTALACION DE BOTONERA	8
CABLEADO DE INSTUMENTACION DEL SISTEMA DESDE SENSORES HACIA FB REMOTE	24
MONTAJE DE SOBRELLENADO EN PARTE SUPERIOR ESTANQUE	4
MONTAJE DE SENSOR DE FLUJO EN LINEA DE TRASVASIJE	4
MONTAJE DE VALVULA SOLENOIDE CON ACTUADOR	4
CABLEADO DE MANGUERA NEUMATICA PARA VALVULA SOLENOIDE	8
CABLEADO PARA ACCIONAMIENTO DE BOTONERA	8
CONEXIONADO	4
PARAMETRIZACION Y PUESTA EN SERVICIO	16
PROGRAMACION DCS PLC	16
PRUESTA EN MARCHA	8
TOTAL	120

Fuente: Elaboración propia en Excel basada en las necesidades del proyecto

Tabla 3-6. Carta Gantt del trabajo a realizar.

ACTIVIDAD	SEMANA 1					SEMANA 2					SEMANA 3					SEMANA 4					
	LU	MA	MI	JU	VI	LU	MA	MI	JU	VI	LU	MA	MI	JU	VI	LU	MA	MI	JU	VI	
EVALUACION DE PROYECTO	■																				
CANALIZACION Y MONTAJE DE SOPORTES PARA CANALIZADO		■																			
MONTAJE SOPORTE BOTONERA E INSTALACION DE BOTONERA			■																		
CABLEADO DE INSTUMENTACION DEL SISTEMA				■	■																
MONTAJE DE SOBRELLENADO EN PARTE SUPERIOR ESTANQUE							■														
MONTAJE DE SENSOR DE FLUJO EN LINEA DE TRASVASIJE								■													
MONTAJE DE VALVULA SOLENOIDE CON ACTUADOR														■							
CABLEADO DE MANGUERA NEUMATICA PARA VALVULA SOLENOIDE																					
CABLEADO PARA ACCIONAMIENTO DE BOTONERA																					
CONEXIONADO																					
PARAMETRIZACION Y PUESTA EN SERVICIO																					
PROGRAMACION DCS PLC	■	■																			
PUESTA EN MARCHA																					

Fuente: Elaboración propia en Excel basada en las necesidades del proyecto.

En la tabla 3-6 se puede ver la carta Gantt del proceso, esta se logra ya definiendo las horas previstas el proyecto las cuales se pueden apreciar en la tabla 3-6.

A continuación, en la tabla 3-7 se muestra el costo total de las actividades a realizar donde se podrá ver la actividad a realizar con las horas previstas para cada actividad, en cada una de esta también se apreciará el personal a ocupar en cada una de las actividades. Dicho esto, se evaluará el costo por hora de cada persona a trabajar y se hará una suma total de del costo en todas las actividades están también serán representadas en peso chileno y UF (se utilizará el valor UF del día 29 de diciembre del 2024, que es de \$38.407).

Tabla 3-7. Costos totales de actividades a realizar.

ACTIVIDAD/TAREA	HORAS PREVISTAS	PERSONAL	HORAS C/U	COSTO HORA	COSTO TOTAL	COSTO UF
EVALUACION DE PROYECTO	8	INGENIERO SUPERVISOR	8	\$ 8.333	\$ 66.664	1,74
CANALIZACION Y MONTAJE DE SOPORTES PARA CANALIZADO	8	TECNICO INSTRUMENTISTA	8	\$ 3.889	\$ 31.112	0,81
		TECNICO INSTRUMENTISTA	8	\$ 3.889	\$ 31.112	0,81
		AYUDANTE INSTRUMENTISTA	8	\$ 3.055	\$ 24.440	0,64
MONTAJE DE SOPORTE PARA BOTONERA E INSTALACION DE BOTONERA	8	TECNICO INSTRUMENTISTA	8	\$ 3.889	\$ 31.112	0,81
		TECNICO INSTRUMENTISTA	8	\$ 3.889	\$ 31.112	0,81
		AYUDANTE INSTRUMENTISTA	8	\$ 3.055	\$ 24.440	0,64
CABLEADO DE INSTRUMENTACION DEL SISTEMA	24	TECNICO INSTRUMENTISTA	24	\$ 3.889	\$ 93.336	2,43
		TECNICO INSTRUMENTISTA	24	\$ 3.889	\$ 93.336	2,43
		AYUDANTE INSTRUMENTISTA	24	\$ 3.055	\$ 73.320	1,91
MONTAJE DE SOBRELLENADO EN PARTE SUPERIOR ESTANQUE	4	TECNICO INSTRUMENTISTA	4	\$ 3.889	\$ 15.556	0,41
		TECNICO INSTRUMENTISTA	4	\$ 3.889	\$ 15.556	0,41
		AYUDANTE INSTRUMENTISTA	4	\$ 3.055	\$ 12.220	0,32
MONTAJE DE SENSOR DE FLUJO EN LINEA DE TRASVASIJE	4	TECNICO INSTRUMENTISTA	4	\$ 3.889	\$ 15.556	0,41
		TECNICO INSTRUMENTISTA	4	\$ 3.889	\$ 15.556	0,41
		AYUDANTE INSTRUMENTISTA	4	\$ 3.055	\$ 12.220	0,32
MONTAJE DE VALVULA SOLENOIDE CON ACTUADOR	4	TECNICO INSTRUMENTISTA	4	\$ 3.889	\$ 15.556	0,41
		TECNICO INSTRUMENTISTA	4	\$ 3.889	\$ 15.556	0,41
		AYUDANTE INSTRUMENTISTA	4	\$ 3.055	\$ 12.220	0,32
CABLEADO DE MANGUERA NEUMATICA PARA VALVULA SOLENOIDE	8	TECNICO INSTRUMENTISTA	8	\$ 3.889	\$ 31.112	0,81
		TECNICO INSTRUMENTISTA	8	\$ 3.889	\$ 31.112	0,81
		AYUDANTE INSTRUMENTISTA	8	\$ 3.055	\$ 24.440	0,64
CABLEADO PARA ACCIONAMIENTO DE BOTONERA	8	TECNICO INSTRUMENTISTA	8	\$ 3.889	\$ 31.112	0,81
		TECNICO INSTRUMENTISTA	8	\$ 3.889	\$ 31.112	0,81
		AYUDANTE INSTRUMENTISTA	8	\$ 3.055	\$ 24.440	0,64
CABLEADO PARA ACCIONAMIENTO DE BOTONERA	8	TECNICO INSTRUMENTISTA	8	\$ 3.889	\$ 31.112	0,81
		TECNICO INSTRUMENTISTA	8	\$ 3.889	\$ 31.112	0,81
		AYUDANTE INSTRUMENTISTA	8	\$ 3.055	\$ 24.440	0,64
CONEXIONADO	4	TECNICO INSTRUMENTISTA	4	\$ 3.889	\$ 15.556	0,41
		TECNICO INSTRUMENTISTA	4	\$ 3.889	\$ 15.556	0,41
		AYUDANTE INSTRUMENTISTA	4	\$ 3.055	\$ 12.220	0,32
PROGRAMACION DCS PLC	16	PROGRAMADOR INTEGRADOR	16	\$ 8.333	\$ 133.328	3,47
PARAMETRIZACION Y PUESTA EN SERVICIO	8	PROGRAMADOR INTEGRADOR	8	\$ 8.333	\$ 66.664	1,74
		TECNICO INSTRUMENTISTA	8	\$ 3.889	\$ 31.112	0,81
		TECNICO INSTRUMENTISTA	8	\$ 3.889	\$ 31.112	0,81
PUESTA EN MARCHA	8	PROGRAMADOR INTEGRADOR	8	\$ 8.333	\$ 66.664	1,74
		TECNICO INSTRUMENTISTA	8	\$ 3.889	\$ 31.112	0,81
		TECNICO INSTRUMENTISTA	8	\$ 3.889	\$ 31.112	0,81
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.324.408</b>	<b>34,48</b>

Fuente: Elaboración propia en Excel basada en las necesidades del proyecto.

### 3.5 COSTOS TOTALES

Ya teniendo el análisis de todos los gastos anteriores expuestos, se procede a reunir todos los valores finales asociados a cada etapa para adicionar los impuestos (19%), imprevistos (10%) y utilidades (10%). En la Tabla 3-9, se aprecia la descripción de cada ítem, su costo unitario, la cantidad de veces que ese ítem se repite, y el valor total de cada uno, expresado tanto en pesos como en UF (se utilizará el valor UF del día 29 de diciembre del 2024, que es de \$38.407).

Tabla 3-8. Costos totales del proyecto.

RESUMEN COSTO TOTAL	COSTO TOTAL	TOTAL UF
COSTOS EQUIPOS Y COMPONENTES	\$ 5.071.806	132,054
COSTOS CANALIZACION Y CABLEADO	\$ 747.164	19,454
COSTO EJECUCION DEL PROYECTO	\$ 1.324.408	34,484
TOTAL	\$ 7.143.378	185,992
IMPREVISTOS	\$ 714.338	18,5991564
UTILIDAD	\$ 714.338	18,5991564
TOTAL NETO	\$ 8.572.054	223,190
IVA	\$ 1.628.690	42,406
<b>TOTAL FINAL</b>	<b>\$ 10.200.744</b>	<b>265,596</b>

Fuente: Elaboración propia en Excel basada en las necesidades del proyecto.

En la Tabla 3-8, se visualiza que el proyecto en su totalidad tendría un costo de \$ 10.200.744 (265,596UF), que podría ser financiado directamente por el área de ingeniería de BASF como mejora del proceso, o directamente de la planta Dispersiones donde se efectúa esta problemática como desde el lado de mejoras en la seguridad de sus operadores.

### **3.6 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Una de las grandes justificaciones para que Basf deba invertir en el proyecto es por dos derrames de amoniaco ocurridos en el año 2023 y a comienzos de 2024 donde uno de estos accidentes fue con tiempo perdido, esto quiere decir que un operador estuvo expuesto al químico por lo que tuvo que ser atendido en planta, luego derivado a centro de urgencias.

Esta razón fue la que hizo pensar en una mejora significativa a la hora de manipular este químico que es importante para las operaciones productivas de la planta.

El año recién pasado Basf site Concón fue auditado y una de las cosas que pidieron mejorar es el método de llenado de amoniaco a planta, por lo que este proyecto sería una importante ayuda a la mejora continua que Basf busca en sus procesos, tanto para ayuda a la producción como la preocupación de sus trabajadores.

A continuación, se enumeran aspectos importantes que ayudan a comprender y explicar de la mejor forma por qué este proyecto es beneficioso en varios ámbitos.

#### **1. Cumplimiento con normativas de seguridad y salud:**

La exposición a amoniaco representa un riesgo significativo para la salud de los operadores, por lo que la automatización es una medida esencial para cumplir con las normativas de seguridad industrial, como las establecidas por la OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional) y otros organismos reguladores en cuanto a la protección contra sustancias tóxicas. Al automatizar el proceso, se minimizan los riesgos de exposición directa, protegiendo la salud de los trabajadores y reduciendo el potencial de accidentes laborales.

#### **2. Necesidad de mejorar la eficiencia operativa:**

El proceso actual de llenado manual de amoniaco es ineficiente, propenso a errores humanos y depende en gran medida de la intervención continua del operador. Esta dependencia se traduce en un mayor consumo de tiempo y recursos. Automatizar el proceso no solo mejora la

eficiencia de éste, sino que permite a los operadores centrarse en tareas de supervisión y control de más alto nivel, mientras el sistema realiza el llenado de manera precisa y continua.

### 3. Impacto económico a largo plazo:

Aunque la inversión inicial en el sistema de automatización pueda ser considerable, los beneficios a largo plazo superan con creces este costo. La reducción en el número de accidentes, los menores costos operativos y la mejora en la productividad resultarán en una reducción de los costos generales de operación, lo que garantiza una recuperación de la inversión en un periodo razonable. Además, los ahorros en costos laborales y el menor consumo de amoniaco contribuyen a la rentabilidad del proyecto.

### 4. Mejor control y trazabilidad del proceso:

El sistema automatizado proporcionará un registro detallado de cada fase del proceso de llenado, lo que facilita la trazabilidad del proceso. Este control adicional permite la detección temprana de fallos o desviaciones, lo que mejora la capacidad de respuesta ante posibles problemas y asegura la calidad constante del producto.

### 5. Integración con el sistema de control existente:

El proyecto de automatización se llevará a cabo utilizando el software y equipo que ya están presentes en la planta, lo que facilita la integración con el sistema de control existente. Esto no solo hace que la transición sea más fluida y económica, sino que también permite aprovechar al máximo los recursos tecnológicos ya disponibles en la planta, sin necesidad de realizar inversiones en nuevos sistemas desde cero.

## **CONCLUSIONES**

El proyecto de automatización del proceso de llenado de amoníaco en la planta de BASF es completamente viable y necesario, tanto desde el punto de vista técnico como financiero. La implementación de un sistema automatizado no solo aborda de manera efectiva los riesgos asociados con la manipulación manual del amoníaco, sino que también optimiza la eficiencia operativa y garantiza un entorno de trabajo más seguro para los operadores.

El análisis de la problemática, utilizando el diagrama de Ishikawa, ha permitido identificar claramente las causas subyacentes que afectan la seguridad y la eficiencia del proceso, lo que demuestra la importancia de realizar mejoras en áreas clave como los métodos, la maquinaria, la capacitación y el control de medición. El diseño e implementación de un sistema de control distribuido (DCS) freelance, con el uso de tecnología avanzada como el controlador AC 800F de ABB y dispositivos de instrumentación, ofrece una solución robusta y flexible que asegura la fiabilidad del sistema y minimiza los riesgos operativos.

En este informe también destaca la importancia de una planificación detallada y una correcta asignación de recursos, como el personal especializado y los equipos necesarios para la implementación. La inversión en el proyecto, aunque considerable, resulta justificable dado que los beneficios en términos de seguridad, eficiencia y cumplimiento de estándares industriales superan con creces los costos iniciales. Además, el análisis de costos proporciona una visión clara de las necesidades financieras y asegura la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

En resumen, la implementación de este proyecto no solo es una medida imprescindible para mejorar la seguridad en la planta, sino que también constituye una inversión estratégica que optimiza el desempeño del sistema de producción y fortalece los estándares operativos de BASF. Las lecciones aprendidas de este informe resaltan la importancia de la innovación tecnológica y la planificación estratégica en la mejora continua de procesos industriales.

**BIBLIOGRAFÍA**

BASF CHILE, Planta química ubicada en site concón [ En línea]. <<https://www.basf.com/cl/es/who-we-are/organization/localidades> > [ Consulta: 2 de octubre, 2024]

ABB, Sistema de control distribuido freelance [ En línea]. <<https://new.abb.com/control-systems/essential-automation/freelance> > [ Consulta: 3 de octubre, 2024]

ABB, librería abb descripción de sistema freelance 800F [ En línea]. <[https://library.e.abb.com/public/7f073f1106f31c31c12573800076fea8/3BDD010023\\_B es Freelance 800F System Description.pdf](https://library.e.abb.com/public/7f073f1106f31c31c12573800076fea8/3BDD010023_B_es_Freelance_800F_System_Description.pdf)> [ Consulta: 3 de octubre, 2024]

ABB, controlador AC 800F [ En línea]. <<https://new.abb.com/control-systems/essential-automation/freelance/controller/ac800f>> [ Consulta: 3 de octubre, 2024]

DIMATERIA, Blog sobre física, química, geología y otros [ En línea]. <<https://dimateria.com/quimica/amoniac>> [ Consulta: 1 de octubre, 2024]