



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD TECNOLÓGICA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA

MEJORA EN CARGUIO DE CAMIONES DE PLS Y ACIDO TIPO C
EN FUNDICION HERNAN VIDELA LIRA

FELIPE BUGUEÑO DIAZ
COPIAPÓ, CHILE, 2023



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD TECNOLÓGICA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA

MEJORA EN CARGUIO DE CAMIONES DE PLS Y ACIDO TIPO C
EN FUNDICION HERNAN VIDELA LIRA

PROYECTO DE ESPECIALIDAD PARA OPTAR AL
TITULO DE TECNICO UNIVERSITARIO EN
AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Profesor Guía:
Sr. Ricardo Quiroz C.

DEDICATORIA

**A mis Padres.
(etc.)**

AGRADECIMIENTOS

Dar gracias a todas aquellas personas que me ayudaron en mi carrera Universitaria, así como también al termino de ella.

A mis amigos les agradezco todos aquellos buenos momentos que viví junto a ustedes, por haberme escuchado, comprendido y aceptado. A pesar de nuestras diferencias.

Espero que en cada etapa que comience tenga siempre el apoyo de todos los que más quiero. En especial de mi familia los cuales estuvieron en todo momento apoyando y me ayudaban a no rendirme en esta importante etapa. Finalmente, al concluir este proceso me siento muy orgulloso de mirar atrás y ver cuánto he crecido durante esta linda travesía vivida en la Universidad.

INDICE

CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos Generales.....	2
1.2 Objetivo Especifico	2
CAPITULO II	3
DATOS GENERALES	3
2.1 Proceso de Acido C (Ril Ácido Sulfúrico)	3
2.1.1 Obtención de Ácido Sulfúrico	3
2.1.2 Obtención de Ácido C	5
2.1.2 Prevención y seguridad con sustancias peligrosas.	5
2.1.3 Efectos de una sobre exposición aguda.	5
.....	6
2.1.4 Carguío de camiones con Acido tipo C.....	6
2.2 Proceso de Producción de PLS	8
2.2.1 Preparación de disolución	8
2.2.2 Carguío de polvos	9
2.2.3 Reposo y decante	10
2.2.4 Filtrado	12
2.2.5 Carguío de Camiones	13
CAPITULO III	15
ANTECEDENTES TECNICOS	15
3.1 Bomba de lodo (Slurry Pump)	15
3.2 Válvulas Pinch	15
3.3 Sensor de nivel	17
3.4 Software Studio 5000.....	18
3.5 TIA Portal V18.....	19
.....	20
CAPITULO IV.....	21
INFORMACION PLC.....	21
4.1 PLC Control Logic 5580	21
.....	22
4.2 PLC S7 1212	22
4.3 Comparación de PLCs	24

CAPITULO V	25
PROYECTO	25
CAPITULO VI.....	27
LOGICA DE CONTROL	27
6.1 Diagrama Ladder	27
6.2 HMI pantalla táctil	30
CAPITULO VII	32
CONCLUSIONES.....	32
BIBLIOGRAFIA.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Fotografía Planta de Ácido Fundición Enrique Lira	4
Figura 2.2: Fotografía Planta de Ácido N°2 Fundición Enrique Lira	4
Figura 2.3: Fotografía Elemento de protección personal para carga de Acido.	6
Figura 2.4: Diagrama de proceso de carguío de camiones acido tipo C.	7
Figura 2.5: Fotografía de estanques de lixiviación 1 y 2.....	8
Figura 2.6: Fotografía de Instalación de Polipasto para carguío de maxi sacos	9
Figura 2.7: Fotografía de silo acumulador de polvos.....	10
Figura 2.8: Fotografía de PLS ya decantado.....	11
Figura 2.9: Fotografía Canaletas de Rebalses.....	11
Figura 2.10: Fotografía Eque Clarificador o espesador 100m ³	12
Figura 2.11: Fotografía Filtro de Prensas.....	12
Figura 2.12: Fotografía Pantalla de control Filtro de prensas.....	13
Figura 2.13: Carguío de camión.....	13
Figura 2.14: Plano General de la planta.....	14
Figura 3.1: Fotografía de bomba centrifuga de lodo.....	15
Figura 3.2: Válvula pinch y Actuador neumático 4"	16
Figura 3.3: Principio de funcionamiento Válvulas.....	16
Figura 3.4: Sensor Ultrasónico VEGASON 61	17
Figura 3.5: Sensor Ultrasónico VEGASON 61 ya instalado	17
Figura 3.6: Fotografía Software Studio 5000.....	18
Figura 3.7: Menú del software kia portal versión 18	19
Figura 3.8: Fotografía Software de PLC Siemens S7.....	20
Figura 4.1: Control Logic 5580.....	22
Figura 4.2: CPU S7-1212.....	23
Figura 5.1: Plano proceso final del PLS	25
Figura 5.2: Planos del Proceso del Acido tipo C (Anexo 1)	26
Figura 6.1: On/Off de bomba de carguío y apertura de válvula del carguío de PLS	28
Figura 6.2: Captura de pantalla On/Off proceso ácido C.....	29
Figura 6.3: Lenguaje Ladder de apertura de válvulas carguío de ácido C.....	30
Figura 6.4: Pantalla de operaciones HMI	31

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

En ENAMI o más concretamente en la planta Fundición Hernán Videla Lira mucha gente desconoce que aparte de fundir cobre como tal esta produce otras materias primas a partir de la fundición como lo es el Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) el cual es generado a partir de los gases tóxicos de la fundición de cobre. Esto se hace principalmente para poder disminuir drásticamente la contaminación del aire.

Pero como en cualquier proceso industrial este igual genera residuos, ENAMI para poder controlar estos residuos puso en funcionamiento una Planta de tratamiento de Riles, esta planta recibía todo el Ril el cual son ácidos arsénicos y sulfúricos, este Ril era mezclado con Cal para poder neutralizar la mezcla acida, para luego ser procesada por un filtro de prensa que separaba el líquido ya neutralizado con un PH más neutro de toda la parte solida de Cal.

Esta planta estuvo en funcionamiento unos cuantos años hasta que se comenzó a exportar este Ril a plantas de hidrometalurgia como planta Matta, las cuales lo usan como un añadido a la lixiviación de minerales. Esto hizo que la planta detuviera sus funciones y solo se dedicara al Carguío y transporte del Ril.

Esto hasta que en 2019 se levantó un proyecto para poder adaptar esta planta de tratamiento de Riles en una de Lixiviación por Estanques, este proyecto buscaba el poder usar una planta la cual estaba en desuso para procesar tanto el Ril de las Plantas de ácido sulfúrico como los polvos residuales que quedan del filtrado y limpieza de los gases de fundición los cuales no tenían ningún valor y solo eran acopiados, haciendo análisis químicos se dieron cuenta que estos polvos aun contenían un porcentaje de cobre, que aunque era bajo, aún era rentable el poder procesarlos para sacar ganancias.

Es así como comenzó el proyecto de la Planta de PLS que genera un producto rentable, utilizando residuos de otros procesos, este proyecto se creó pensando en poder mejorar la operación de esta planta y sobre todo el ayudar al operador a poder manejarla con seguridad.

1.1 Objetivos Generales

Automatizar el proceso de carguío de camiones de los productos de PLS y Acido tipo C para optimizar la eficiencia del proceso y reducir el tiempo de cargado de camiones.

Disminuir los riesgos de accidentes y mejorar la productividad del proceso. Al ser un sistema automático se busca la necesidad de eliminar la intervención del operador en tareas repetitivas y riesgosas con sustancias peligrosas, utilizando tecnologías más avanzadas para mejorar el proceso anterior.

Buscar la mejor forma de aprender los conceptos de lenguaje de programación para que sea óptimo y amigable para el operador y para el desarrollo de la formación académica de quienes investigan.

Evaluar y analizar las características de cada controlador a comparar para tomar una decisión fundamentada sobre cuál sería una opción adecuada para llevar a cabo en un proyecto automatizado.

1.2 Objetivo Especifico

Metas parciales para alcanzar el objetivo general.

1. Conocer los procesos a intervenir
2. Realizar la lógica de control para la programación del carguío
3. Automatizar los procesos de Acido tipo C y PLS.
4. Comparar y definir el PLC más adecuado para el proceso final.
5. Implementar pantalla HMI para el proceso.
6. Conocer softwares de programación tales como Studio 5000 de Rockwell Automación y TIA portal V18 de Siemens

CAPITULO II

DATOS GENERALES

2.1 Proceso de Acido C (Ril Ácido Sulfúrico)

Este Ril o también conocido como ácido tipo c es una sustancia corrosiva que puede causar quemaduras en la piel y ojos, severa irritación para las vías respiratorias y el tracto digestivo. Puede liberar gases tóxicos en contacto con agentes oxidantes fuertes, es un ácido diluido generado en las etapas de lavado de gases, presenta acidez entre 10 – 400g/L aproximadamente.

2.1.1 Obtención de Ácido Sulfúrico

La fundición Paipote cuenta con dos plantas de ácido. La planta de ácido N°1 Mechim con capacidad de tratamiento de 50.000 (Nm³/h), procesa principalmente los gases provenientes del convertidor Peirce Smith. La planta de Ácido N°2 con capacidad de tratamiento de 80.000 (Nm³/h), procesa principalmente los gases del convertidor teniente.

Se distinguen dos etapas fundamentales, la primera etapa tiene como objetivo fundamental el ejecutar una limpieza de los gases provenientes de la fundición y que previamente han pasado por un filtro electrostático caliente para limpiar estos gases de los polvos suspendidos.

En esta primera etapa los gases entran al sistema de lavado a una temperatura cercana a los 350°C, los cuales son enfriados en una primera torre mediante una lluvia de ácido diluido, el proceso es adiabático. Los gases saturados en humedad entran a un venturi scrubber, que en algún caso ha sido exclusivamente instalado para eliminar polvos residuales y arsénico, para seguir posteriormente a una torre de enfriamiento en donde la función principal es la eliminación del agua contenida en los gases, para posteriormente seguir a una batería de electro-filtros húmedos para eliminar neblinas acidas y aerosoles.

La segunda etapa tiene por objetivo coleccionar los gases de la zona de lavado y llevarlos a un proceso de secado que se ejecuta en una torre, en donde los gases a contracorriente se encuentran con ácido concentrado de forma de absorber la humedad contenida. Luego de este proceso los gases libres de humedad están en condiciones de ser captados por el ventilador principal que los impulsa y alimenta hacia la torre de catálisis en donde se inicia la conversión de SO₂ a SO₃ en diversas etapas. Normalmente las plantas cuentan con torre de catálisis de cuatro capas o pisos por lo cual el gas con un contenido promedio de 10.5% de SO₂ y una temperatura aproximada de 420°C entra a una primera capa produciéndose la reacción de conversión que alcanza a un rendimiento de conversión de 65 a 70%.

Por efecto de la reacción de oxidación se genera calor por lo cual el gas se calienta a cerca de 600°C por lo tanto necesita ser enfriado, saliendo de la primera capa hacia un intercambiador de calor gas-gas. El gas enfriado nuevamente a 400°C ingresa a una segunda capa para continuar con el proceso de conversión el ciclo mencionado de reacción, aumento de temperatura del gas y posterior enfriamiento se repite de manera sucesiva hasta alcanzar rendimientos de conversión cercanos al 97-98%, al salir de la cuarta capa o piso.

Estos rendimientos son alcanzados en un proceso denominado de conversión simple procesos de doble conversión y absorción alcanzan valores cercanos al 99.5%.

Los gases que salen de la última capa de la torre de conversión ya contienen altos contenidos de SO_3 , lo que implica que debe seguir su paso hacia la etapa de absorción para la generación de ácido sulfúrico, Esto se ejecuta al colocar el gas al interior de una torre de absorción y ponerlo en contacto con ácido de 98% de concentración. El agua contenida en este ácido se combinará con el SO_3 y generará el ácido sulfúrico como producto final.



Figura 2.1: Fotografía Planta de Ácido Fundición Enrique Lira



Figura 2.2: Fotografía Planta de Ácido N°2 Fundición Enrique Lira

2.1.2 Obtención de Ácido C

Como pudimos ver en el proceso del Ácido Sulfúrico hay que estar constantemente lavando y enfriando los gases para poder trabajarlos, esto se hace ocupando grandes cantidades de agua, la cual se va recirculando dentro del proceso hasta que llega a unos niveles de acidez y sedimentación altos, donde se tiene que descartar y comenzar nuevamente con agua y ácidos más limpios.

Una vez descartada esta solución ácida conocida como Ril o Ácido de tipo C es transportada por medio de tuberías subterráneas hacia un estanque de contención conocido como E-0 el cual tiene una capacidad de 100m^3 , este mismo estanque cuando se llena por completo pasa por medio de rebalse hacia los reactores, los cuales son 7 estanques de 30m^3 conectados por rebalse de forma escalonada que ayudan a contener aún más el ácido de tipo C.

2.1.2 Prevención y seguridad con sustancias peligrosas.

Se puede utilizar EPP básico en caso de movimiento de válvulas, activación de bombas y controles en terreno que serían los siguientes:

Casco de seguridad plástico, lentes de seguridad, protector auditivo, respirador mixto para polvos y gases, guantes, zapatos de seguridad y ropa antiácida de dos piezas u overol.

2.1.3 Efectos de una sobre exposición aguda.

- Puede causar dolor agudo, ulceración, sangramiento, corrosivo de las vías respiratorias, secreción nasal, cianosis, edema pulmonar agudo.
- Inhalación: puede causar quemaduras, ulceración.
- Contacto con la piel: Descoloramiento.
- Contacto con los ojos: puede causar ulceraciones corneales profundas, necrosis, lesiones en los párpados.
- Ingestión: puede causar náuseas, vómito, quemaduras, hemorragias gástricas, dolor agudo, sed intensa.



Figura 2.3: Fotografía Elemento de protección personal para carga de Acido.

2.1.4 Carguío de camiones con Acido tipo C.

- ✓ El camión debe ubicarse en la zona de carguío específica para el ácido tipo C.
- ✓ Se detiene motor, sistema de frenado y acuíñado del camión.
- ✓ Verificar las líneas de carguío de ácido tipo C.
- ✓ Conductor se sube a la parte superior del estanque del camión para apoyar en el posicionamiento en el estanque del camión la manguera de llenado de ácido previa apertura de tapa y retiro de balde.
- ✓ Dejar de escurrir el ácido tipo c al interior del estanque del camión
- ✓ Detener la etapa de carguío
- ✓ Conductor debe cerrar la tapa superior del camión y apoyar en la reposición del balde en todo momento debe utilizar el arnés de seguridad y EPP específico.
- ✓ Ambientar los frascos de muestras.
- ✓ Tomar 2 incrementos de ácido tipo c durante el carguío de cada camión.
- ✓ Identificar los frascos de muestras y trasladarlos al laboratorio químico.
- ✓ En caso de derrame fluyen a causa de la pendiente de la losa hacia la canaleta, esta canaleta debe pertenecer siempre en condición de vacía.

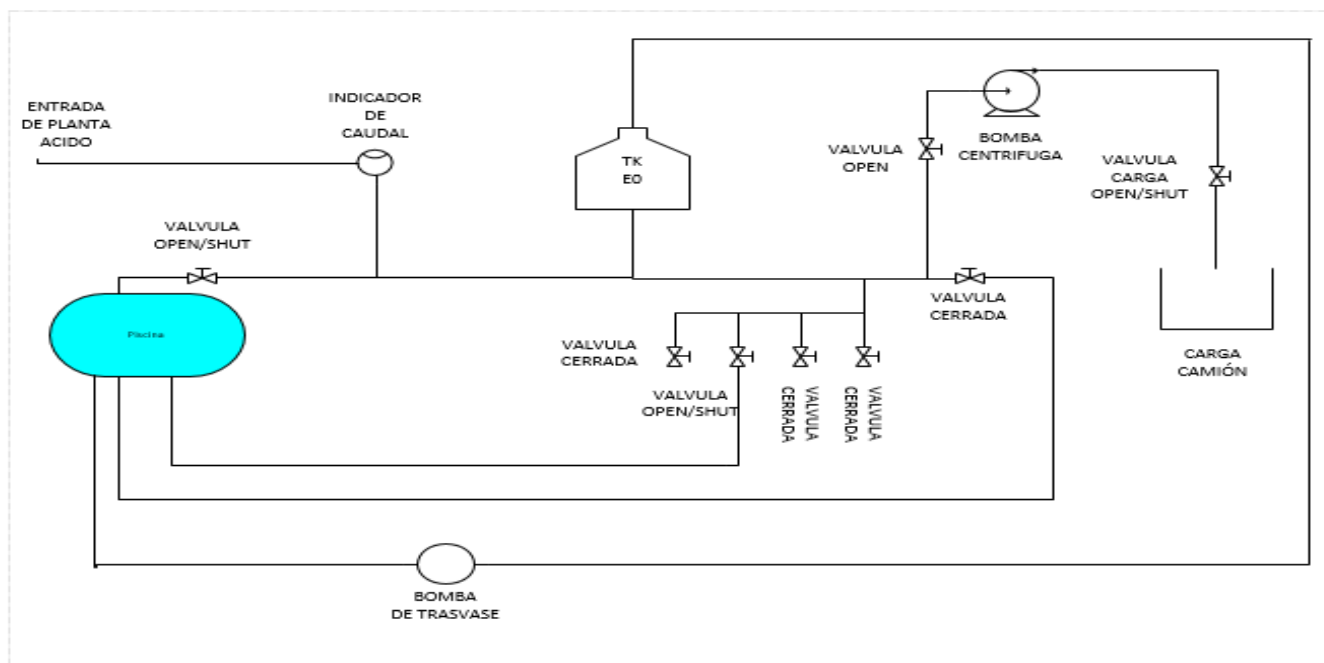


Figura 2.4: Diagrama de proceso de carguío de camiones acido tipo C.

2.2 Proceso de Producción de PLS

EL PLS (que sus siglas en inglés de la expresión solución de lixiviación cargada) (Pregnant leaching solution), se refiere a la solución que sale de la lixiviación por pilas, bateas, otros procesos similares, que ha sido enriquecida por la disolución del cobre.

El proceso de operación de la planta de PLS se puede dividir en 5 pasos fundamentales los cuales son:

2.2.1 Preparación de disolución

En esta primera etapa se prepara en el estanque de lixiviación con una mezcla de Ril ácido y agua o agua de refino la cual es un residuo del proceso de electro obtención de cobre, este es suministrado desde planta Matta para su reutilización.

Las cantidades adecuadas para una correcta lixiviación de los polvos eran variables, ya que se dependía de la cantidad de ácidos con la que llegaba el Ril a la planta, ya que este valor es variable se debe trabajar siempre con muestras diarias para poder estimar el porcentaje de agua y ácido dentro del estanque.

El estanque de 30m³ se debe llenar hasta el 90% es decir un 24m³ la disolución de agua y Ril el cual varía entre un 55% - 70% de agua y 35% - 20% de Ril ácido.



Figura 2.5: Fotografía de estanques de lixiviación 1 y 2

2.2.2 Carguío de polvos

En esta etapa como bien indica su nombre es cargar los polvos residuales en los estanques ya preparados con la disolución. Se pueden cargar de 2 principales maneras, a través del silo por medio de un tornillo sin fin el cual va dosificando poco a poco el polvo o a través de maxi sacos cortándolos en una tolva.

El primer método tiene la ventaja que es más seguro y requiere menos trabajos del operador, pero es mucho más lento. El segundo método representa un riesgo mayor para el operario, pero es más eficiente y rápido para realizar ya que se tiene que cargar aproximadamente entre 6 a 8 toneladas por carga de lixiviación y este mismo proceso se tiene que repetir de 3 a 4 veces diario.

Este volumen de polvo tiene que ocupar el 10% restante, es decir unos 6m^3 para poder completar los 30m^3 y generar la máxima eficiencia del proceso.



Figura 2.6: Fotografía de Instalación de Polipasto para carguío de maxi sacos



Figura 2.7: Fotografía de silo acumulador de polvos

2.2.3 Reposo y decante

Una vez cargado el polvo este se tiene que dejar un tiempo de mínimo 40 min de lixiviación, esto para que pueda generarse una mezcla homogénea y disolverse todo el polvo posible y generar una mezcla lo más líquida posible y poder separar todas las moléculas de cobre posibles, buscando siempre una concentración mayor a los 5 gr/ltr para poder tener un producto rentable en el mercado.

Una vez dejado el tiempo de lixiviación esta solución ya es considerada PLS, pero aún tiene sedimentos que impiden que se pueda tratar de buena forma, es por eso que es traspasado hacia el estanque clarificador o también llamado espesador por medio de bombas centrifugas para poder dejar reposar al PLS y lentamente todos los sedimentos pesados van decantando y se quedan en el fondo del estanque permitiendo que en la superficie quede solo la disolución de cobre más limpia y pura.

Una vez que este estanque por medio de unas canaletas de rebalse pasa el producto final hacia el estanque de producto.



Figura 2.8: Fotografía de PLS ya decantado



Figura 2.9: Fotografía Canaletas de Rebalses



Figura 2.10: Fotografía Eque Clarificador o espesador 100m³

2.2.4 Filtrado

En este proceso lo que se busca es recuperar lo máximo de PLS posible por eso se retira regular mente el sólido que va quedando en el estanque de Clarificador y se pasa hacia un estanque de lodo donde por medio de bombas peristálticas se pasa por un filtro de prensas para poder rescatar todo el PLS posible, el cual es devuelto hacia él estanque. De producto y solo dejar el material solido el cual es mucho más fácil de manejar y es menos contaminante que los polvos originales.



Figura 2.11: Fotografía Filtro de Prensas



Figura 2.12: Fotografía Pantalla de control Filtro de prensas

2.2.5 Carguío de Camiones

El último paso es el cargar los camiones de unos 20m³ a 24m³ y despacharlos hacia planta Matta donde serán procesados por electro obtención para sacar cátodos de cobre, entre mayor sea la calidad de los polvos utilizados mayor concentración de cobre tendrá el PLS final.

Dentro de esta etapa es muy importante que el operador esté muy enfocado en el tiempo de carga y estar constante mente visualizando para que no se rebalse el camión o se esté cargando de manera errónea, además de que siempre tiene que haber 2 operadores para se pueda apagar la bomba y cerrar las válvulas correspondientes, ya que de no hacerlo de esta forma se arriesgan a que este se pueda rebalsar o quede muy poco cargado.

Esto hace que sea ineficiente y riesgoso para los operarios el cargar correctamente los camiones.



Figura 2.13: Carguío de camión

Cabe destacar que todo el proceso a excepción del filtrado es manual, todo el control de apertura y accionamiento de válvulas y bombas es completamente manual ya que aún no se cuenta con un sistema automatizado para la planta, por eso mismo se está buscando continuamente el mejoramiento y automatización de esta.

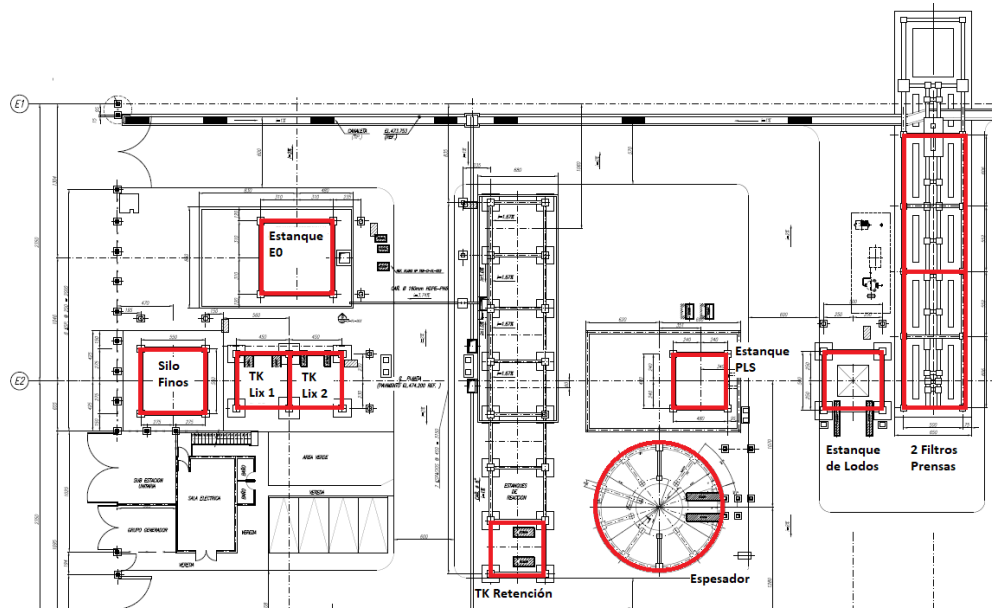


Figura 2.14: Plano General de la planta

CAPITULO III

ANTECEDENTES TECNICOS

En este apartado estaremos viendo un poco más a detalle de los equipos e instrumentos planteados para este proyecto.

3.1 Bomba de lodo (Slurry Pump)

Las bombas horizontales para lodo son centrífugas del tipo cantiléver y han sido diseñadas para el manejo de lodos muy abrasivos o corrosivos, los cuales son ampliamente usados en la industria metalúrgica, minería, carbón, drenajes y otras tantas aplicaciones.

Se ocuparán este tipo de bombas de forma estándar para toda la plata ya que se trabaja con líquidos corrosivos que para bombas normales puede causar un desgaste mucho mayor en un corto periodo de tiempo, además de estandarizar los repuestos y facilitar la mantención de estas. Estas bombas son utilizadas tanto para traspasar la carga de lixiviación desde los estanques de lixiviación hacia el clarificador como para el carguío de camiones, siendo muy versátiles y confiables.



Figura 3.1: Fotografía de bomba centrífuga de lodo

3.2 Válvulas Pinch

Para el control del flujo se optará por usar válvulas Pinch de 3" y 4" que son especiales para trabajar con líquidos corrosivos y abrasivos siendo otro estándar dentro de toda la planta.

Estas destacan por su bajo costo en el mercado y estructura de cuerpo cerrado, además de su manga de EPDM que son las siglas en inglés de Ethylene Propylene Diene Methylene. En español sería caucho de etileno propileno dieno. Esto hace que sean aún más resistentes a la abrasión del ácido contenido en PLS y Acido tipo C. siendo esta manga fácil de reemplazar en el caso de alguna rotura.



Figura 3.2: Válvula pinch y Actuador neumático 4"

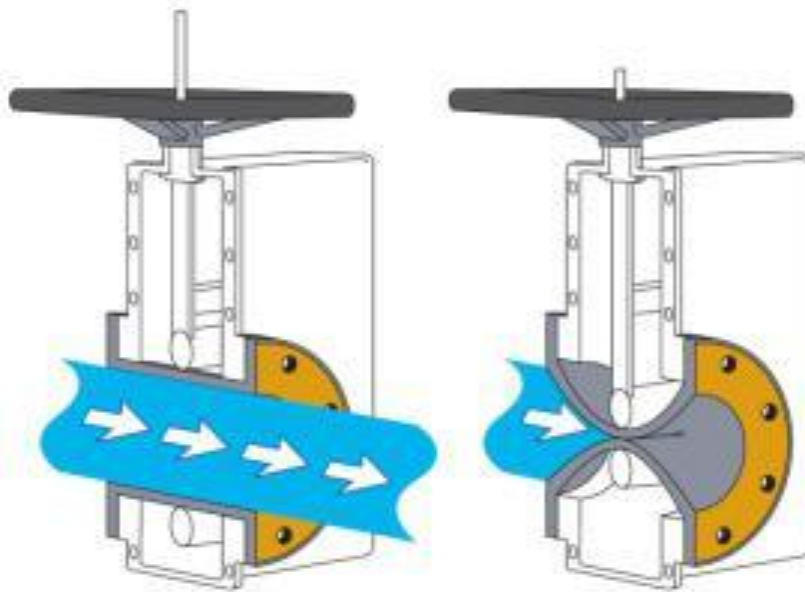


Figura 3.3: Principio de funcionamiento Válvulas

3.3 Sensor de nivel

Para los sensores de nivel optamos por usar un sensor de nivel ultrasónico, ya que nos entregara una medición bastante fiable sin entrar en contacto directo con sustancias químicas y abrasivas, para esto decidimos usar un modelo de sensor bastante asequible y ya utilizado en otros sectores de la fundición, siendo un sensor ultrasónico que cuenta con una salida estándar de 4 -20 mA con sistema de comunicación Hard para una mantención mucha más cómoda.



Figura 3.4: Sensor Ultrasónico VEGASON 61



Figura 3.5: Sensor Ultrasónico VEGASON 61 ya instalado

3.4 Software Studio 5000

El Studio 5000 logix es un software de programación y configuración se utiliza para programar y configurar controladores de la serie logic de rockwell automation. El software permite a los usuarios para desarrollar procesos en PLC, como el ControlLogix y el CompactLogix.

El software se enfoca en tareas para ayudar al programador a desarrollar aplicaciones de control. Esto hace que los usuarios puedan centrarse en tareas específicas como crear programas, configuración de redes el software consta con las herramientas y funciones necesarias para llevar a cabo cualquier tarea, incluye herramientas como el editor de instrucciones que permite a los programadores editar lógicas de control utilizando lenguaje de programación como por ejemplo Ladder Logic.

Este software ofrece permite configurar hardware y que los usuarios puedan configurar y asignar dispositivos de E/S y diversos componentes dentro del controlador, También cuenta con herramientas para diagnosticar y depuración que ayuda al usuario identificar y solucionar problemas en la configuración del proyecto. Tiene la capacidad de controlar variables de proceso en tiempo real generar informes de diagnóstico y ejecutar las simulaciones para probar el funcionamiento del programa.

Es una herramienta de programación y configuración para controladores de Rockwell Automation de la serie Logix permite a los usuarios desarrollar lógicas de control, configuración de hardware y solucionar cualquier problema de manera efectiva.



Figura 3.6: Fotografía Software Studio 5000

3.5 TIA Portal V18

TIA Portal significa Automatización Totalmente Integrada y es la plataforma de diseño de Siemens que ofrece un conjunto completo de soluciones de automatización para procesos de fabricación de máquinas y diseño de soluciones optimizados.

Con el software TIA Portal podemos programar la serie de PLCs S7-1200 y S7-1500. Además, la antigua gama S7-300 y S7-400, también se pueden programar con STEP7 (El antecesor software para programar los PLCs de Siemens).

Además de tener el TIA portal también es importante el tener instalado el S7-PLCSIM, que es el software que tiene Siemens para poder conectar y ayudar en la simulación de un PLC sin la necesidad de estar conectado de manera física. Esto es muy conveniente para poder probar y asegurarnos que esté funcionando correctamente nuestra lógica de control.

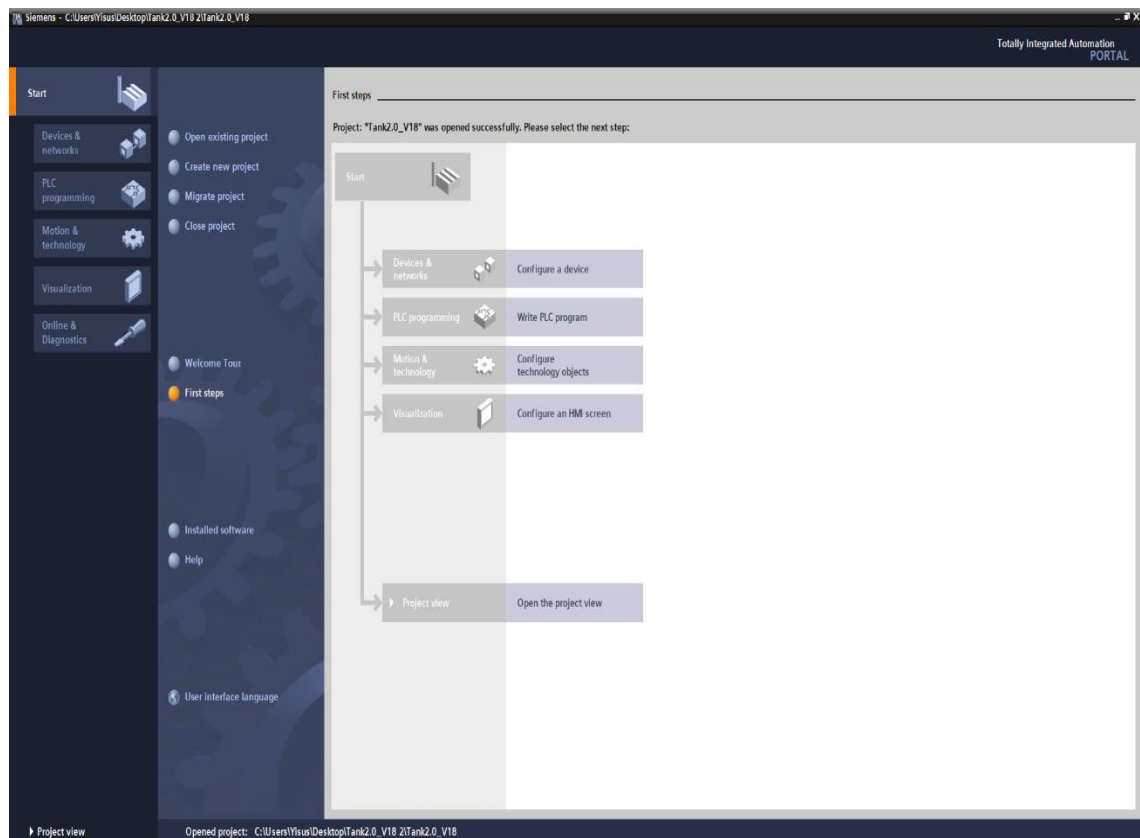


Figura 3.7: Menú del software TIA Portal versión 18

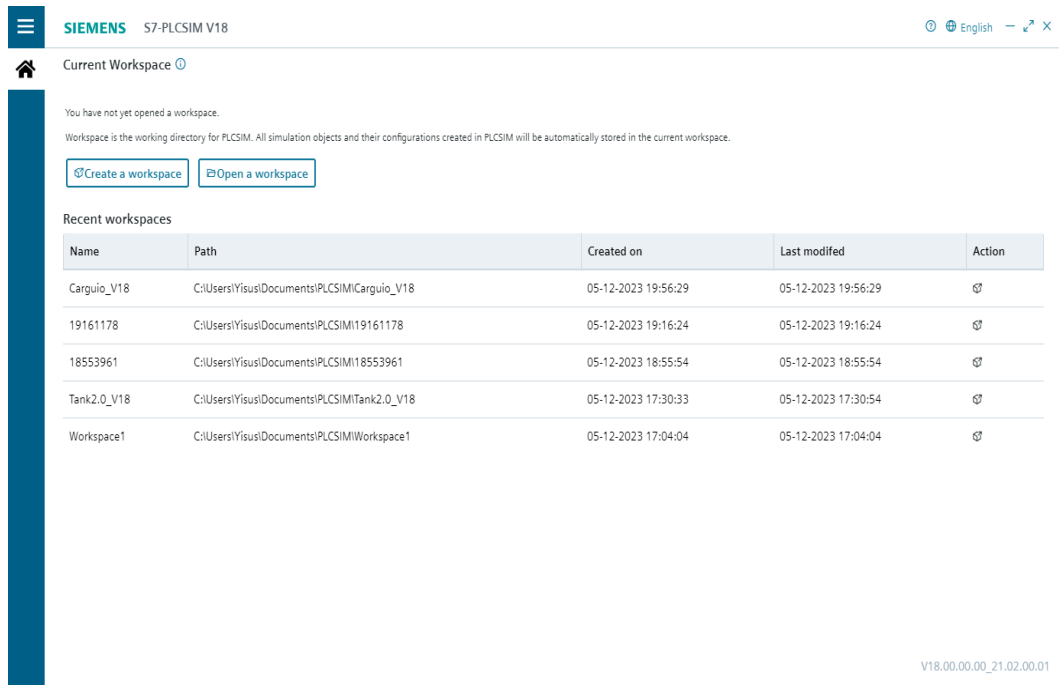


Figura 3.8: Fotografía Software de PLC Siemens S7

CAPITULO IV

INFORMACION PLC

Para este proyecto se analizaron 2 PLC posible para poder hacer la lógica de control, los cuales son el Control Logic 5580 de Allen-Bradley y el PLC S7-1212 de Siemens.

4.1 PLC Control Logic 5580

Esta serie de modelos son adecuados para configuraciones de alto rendimiento y están diseñados para trabajar con procesos complejos y exigentes ofrecen una amplia gama de módulos de E/S y capacidades de comunicación.

Este PLC es de la serie 5000 por Rockwell Automation es utilizado en procesos industriales para controlar sistemas automatizados.

El control Logic 5580 es de una gran potencia de procesamiento y capacidad de almacenamiento lo que permite manejar aplicaciones complejas, Tiene capacidad flexible de entrada-salida (I/O) y soporta una variedad amplia de módulos de E/S para diferentes necesidades. Cuenta con funciones de comunicación para integrarse a otros dispositivos.

Ventajas

- El controllogic 5580 utiliza tecnología que proporciona un mejor rendimiento en comparación con los otros modelos.
- Tiene una mayor capacidad de entradas/salidas lo que permite a los programadores conectar más dispositivos en su sistema automatizado.
- Es compatible con Ethernet/IP lo que permite una mayor conectividad y seguridad en la red.
- Ofrece mayor capacidad de memoria y almacenamiento que permite al usuario configurar programas más complejos y grandes.

Desventajas

- Debido a sus capacidades avanzadas el controlador es de un costo más alto en comparación con los modelos más antiguos.
- Si no se está familiarizado con Rockwell Automation se tiene que tener conocimientos previos para trabajar con el controllogic5580.
- Al elegir un PLC de Rockwell Automation los usuarios deben contar con el soporte técnico del proveedor y las piezas de repuesto lo que produce cierta limitación.



Figura 4.1: Control Logic 5580

4.2 PLC S7 1212

El PLC Siemens 1212 es un controlador lógico programable que forma parte de la familia de productos SIMATIC S71. Este PLC se utiliza en aplicaciones de automatización industrial para controlar y supervisar procesos industriales.

Este tipo de PLC de la familia S7 1200 tiene una gran flexibilidad para controlar varios dispositivos o actuadores, además cuenta con instrucciones de programación completas y un conector PROFINET integrado para comunicación. Su cuerpo compacto lo hace más robusto y capaz de realizar operaciones matemáticas complejas. Soporta varios lenguajes de programación y permite el uso de una tarjeta de memoria. Se pueden conectar hasta 8 módulos de entradas y salidas adicionales y hasta 3 módulos de comunicación adicionales. También incluye protección con contraseña y una función de "Know How" para ocultar el código en el programa. También permite la programación con el software TIA Portal e incluye funciones de diagnóstico basadas en web para la detección de errores.

Ventajas:

- Es una tecnología barata, pudiendo instalarse sin complicaciones y con poco esfuerzo.
- Fácil de transportar.
- Cableado fácil.
- Todo en una sola unidad.
- Costo bajo.
- Fácil Programación.

Desventajas:

- Poca memoria.
- Costo inicial elevado.
- Complejidad: La programación de los PLC puede ser compleja en algunos casos, lo que requiere personal especializado en su implementación y mantenimiento.



Figura 4.2: CPU S7-1212

4.3 Comparación de PLCs

Como se ha podido ver, ambos controladores son adecuados para aplicaciones de automatización pequeñas y medianas escala. Sin embargo, existen algunas diferencias importantes entre ellos.

El PLC Control Logic 5580 tiene más potencia de procesamiento y puede manejar aplicaciones más grandes y complejas que el PLC S7 1212. Además, el PLC Control Logic 5580 admite redundancia de controlador, lo que significa un sistema de control de alta disponibilidad, haciendo que este equipo sea más adecuado para procesos más elaborados y complejos.

Por otro lado, el PLC S7 1212 es más compacto y económico que el PLC Control Logic 5580. Es ideal para aplicaciones de automatización pequeñas y medianas que requieren un controlador confiable y fácil de usar.

Es por esta última razón que se escoge usar el S7 1212, ya que este proyecto no es demasiado complejo y es mucho más rentable el ocupar este controlador, lo que da buena cobertura y permite poder seguir mejorando e integrando fácilmente más equipos al proceso.

Pero esto plantea un desafío el cual es poder aprender a utilizar y programar correctamente el PLC en un software que con el que, previamente, no se ha trabajado.

CAPITULO V

PROYECTO

Este proyecto como tal busca el poder combinar el carguío de camiones en un solo punto de cargar de 2 procesos diferente, pero con un producto muy similar.

Esto ayudaría significativamente a la eficiencia de la planta y sobre todo a la seguridad de los operadores, haciendo que se expongan lo menos posible a las sustancias peligrosas.

Para entender bien el proyecto es necesario saber bien la estructura de estos 2 procesos que son el PLS y Acido tipo C.

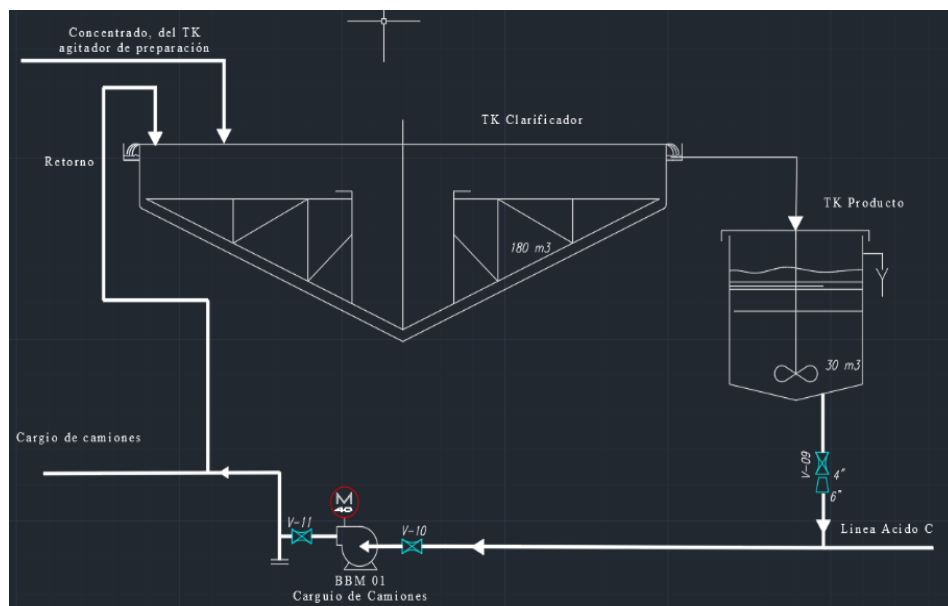


Figura 5.1: Plano proceso final del PLS

Como se puede ver en la Figura 5.1, en el proceso de PLS solo hace falta el comandar la válvula de descarga del TK de producto ya que esta constante mente siendo llenado por el rebalse del TK clarificador y gracias a que esta agua arriba de la bomba permite que la línea siempre este con líquido, esto evita que la bomba quede trabajando en vacío.

Para el proceso de Acido C es algo más complicado ya que hay que comandar las válvulas de 7 estanques que son llenados atreves de rebalse desde el estanque E0 que es el que recibe todo el Ril desde las plantas de ácido sulfúrico.

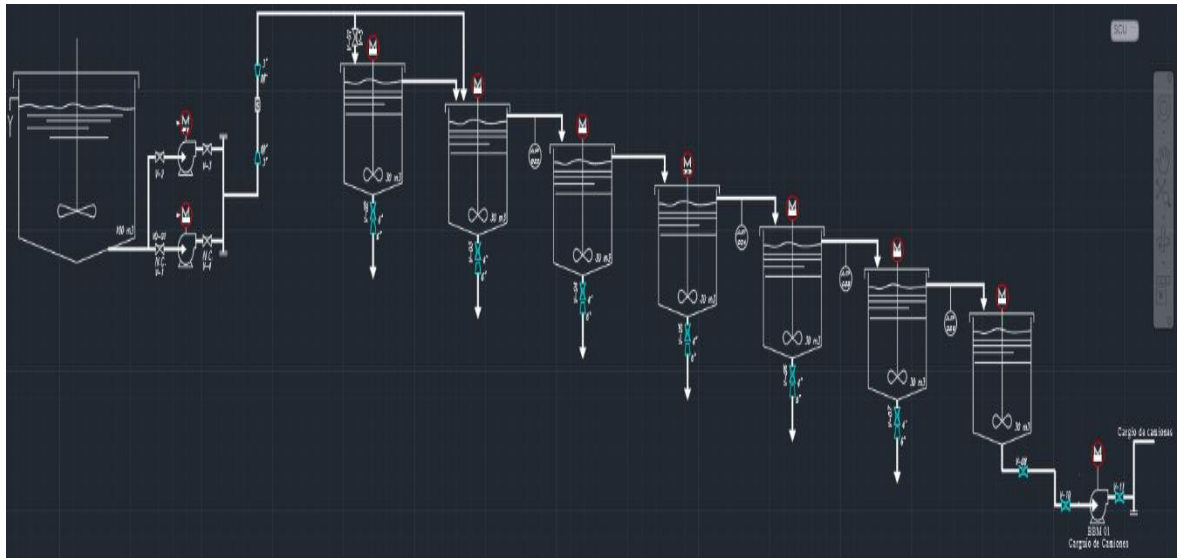


Figura 5.2: Planos del Proceso del Acido tipo C (Anexo 1)

CAPITULO VI

LOGICA DE CONTROL

6.1 Diagrama Ladder

Para poder comenzar con la lógica de control, primero se debe saber qué tipo de lenguaje de programación se usará. El software TIA portal, permite usar 6 tipos diferentes de lenguajes de programación que son

- KOP o Diagrama Ladder, también conocido como diagrama de escalera, es un lenguaje de programación que se basa en la lógica de cableada y es muy visual y fácil de entender. Es adecuado para aplicaciones de automatización de tamaño pequeño a mediano.
- SCL (Structured Control Language) que es un lenguaje de programación de alto nivel se basa en PASCAL y es ideal para aplicaciones de automatización de tamaño mediano a grande.
- AWL (Anweisungs-Liste en alemán) Este lenguaje de programación se basa en el lenguaje ensamblador y es adecuado para aplicaciones de automatización de tamaño pequeño a mediano.
- FUP (Function Block Diagram) también conocido como lenguaje de Puertas lógicas es un lenguaje de programación se basa en diagramas de funciones y es adecuado para aplicaciones de automatización de tamaño pequeño a mediano.
- GRAFCET Este lenguaje de programación gráfica se utiliza para crear controles de secuencia y es adecuado para aplicaciones de automatización de tamaño pequeño a mediano.
- CEM (Cause Effect Matrix) Este lenguaje de programación es la última adición de Siemens, está basado en una matriz de causas y efectos. El cual está disponible a partir de la versión 17 de TIA Portal. Es adecuado para aplicaciones de automatización de tamaño pequeño a mediano.

Para esta investigación, se usará el más común que es el diagrama Ladder para poder hacer la lógica de control.

En el primer bloque se buscó dejar el comando a la apertura de la Válvula del TK de Producto en conjunto al accionamiento de la Bomba de carguío, esto se logró poniendo un contacto normalmente abierto seguido de un flip-flop de tipo set/reset que hace que la señal seteada, es decir el botón de encendido sea persistente en el tiempo hasta que este se le dé un reset que en este caso sería la señal de apagado de la bomba, este manda la señal tanto a la bomba de carguío para su accionamiento como a la válvula de descarga del Tk de PLS.

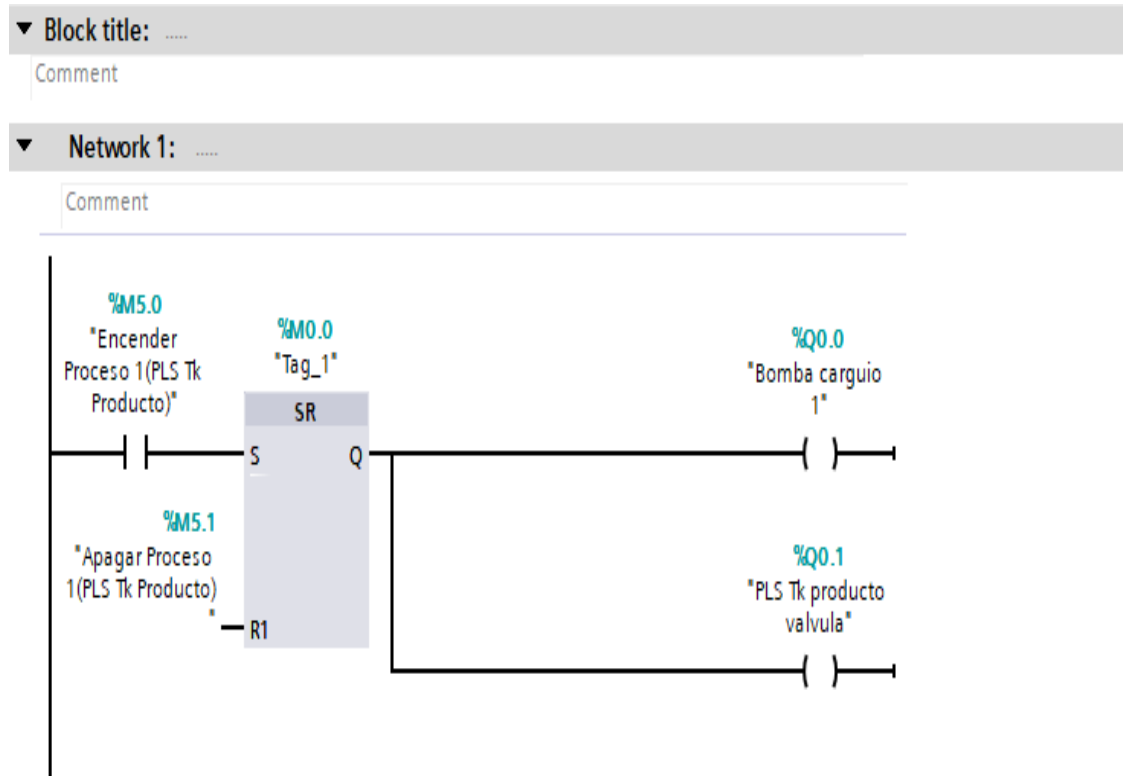


Figura 6.1: On/Off de bomba de carguío y apertura de válvula del carguío de PLS

Lo segundo fue plantear cómo se cargaría el Acido de tipo C, es decir de qué manera el operador puede determinar de qué estanque cargaría y que variables se deberían tomar en cuenta.

Para esto, se hizo algo muy similar al caso anterior, que fue ocupar un flip-flop de set/reset para poner un botón de encender y apagar y mandar un señal de salida de activación.

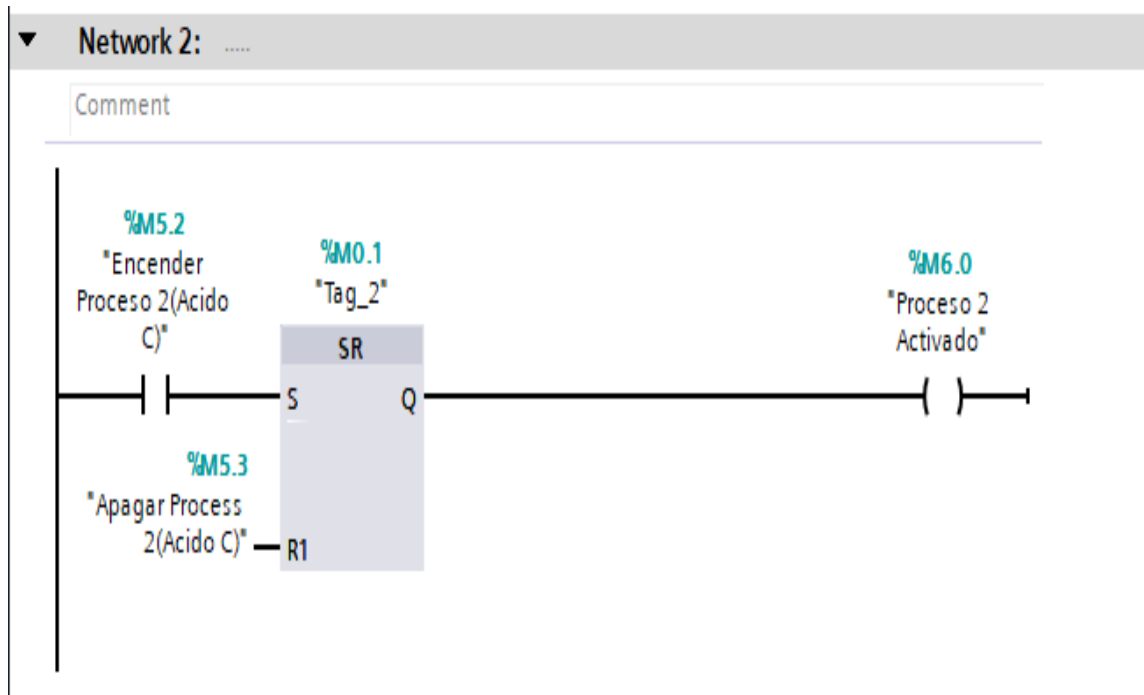


Figura 6.2: Captura de pantalla On/Off proceso ácido C

El tercer paso fue el condicionar la señal de activación del proceso N° 2 que corresponde al carguío Acido tipo C, poniendo como condicionante la señal del sensor de nivel, además de un pre-set del estanque que el operado quiera seleccionar. Esto fue un desafío ya que no se podía encontrar la forma correcta para poder lograr este control.

Pero investigando y probando diferentes tipos de bloques se pudo encontrar la mejor manera para lograrlo, que fue poner la señal del sensor que indique que tiene nivel suficiente para cargar, seguido de un contacto editable del HMI que es la pantalla táctil donde le permite al operador seleccionar el estanque que desee, estas señales llegan a un temporizador de retardo que permite retrasar la señal de activación hasta que se den los parámetros anteriores de esta forma mandara la señal a la válvula del estanque seleccionado.

Este mismo proceso es repetido en los demás bloques hasta completar los 7 estanques del Acido tipo C

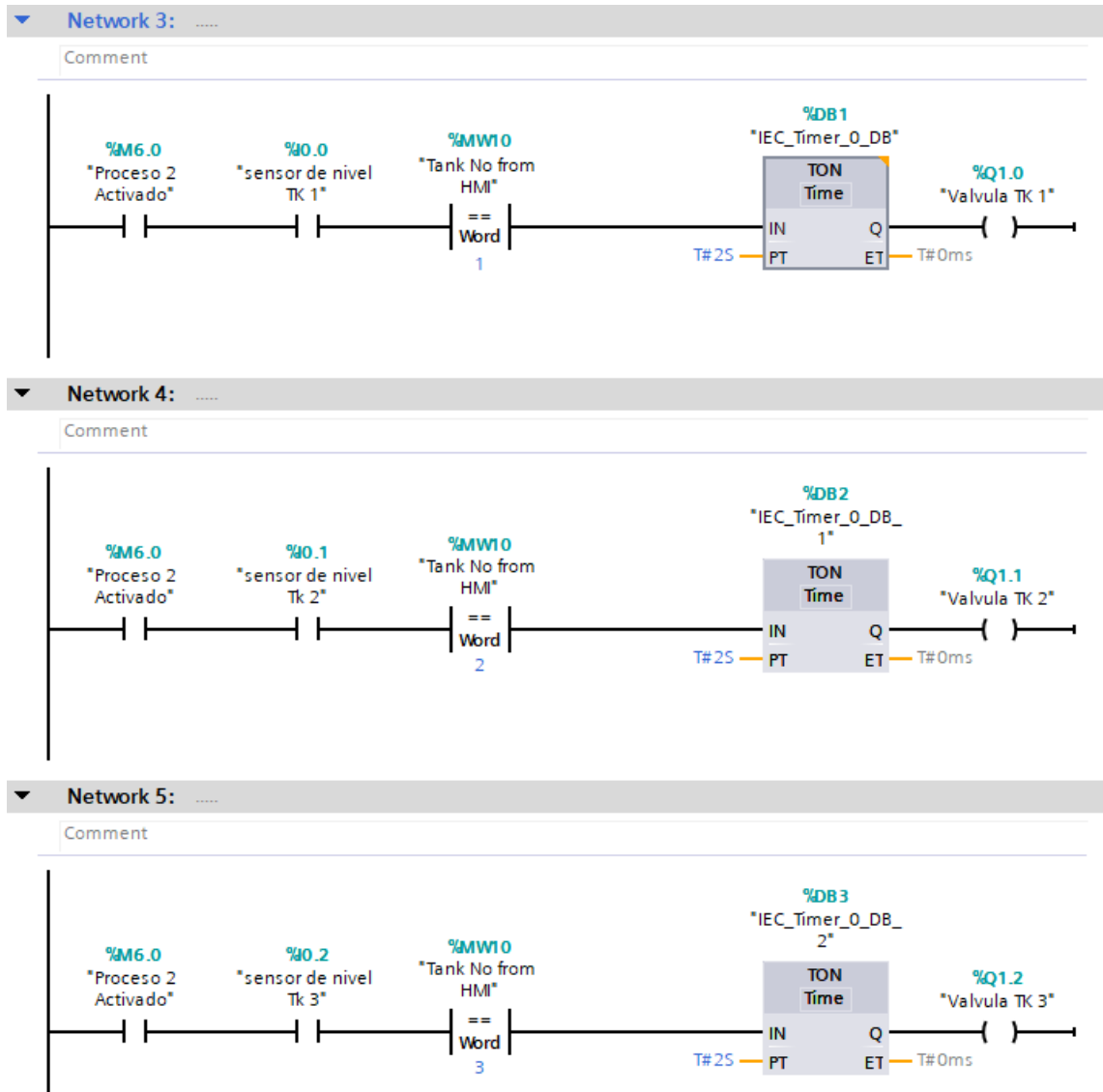


Figura 6.3: Lenguaje Ladder de apertura de válvulas carguío de ácido C

6.2 HMI pantalla táctil

Una vez teniendo el lenguaje Ladder terminado el siguiente desafío fue el poder conectar el PLC hacia el HMI. Estudiando y realizando varias pruebas se pudo comprender como funcionaba el editor de la pantalla y como conectar correctamente la interfaz de la pantalla hacia la lógica de control del PLC.

Ya sabiendo esto, se diseñó un menú sencillo y amigable con el operador, donde se puede ver de manera clara y seleccionar claramente el producto que se quiere cargar.

Además, se optó por dejar el menú en inglés para que sea entendible por cualquier persona.

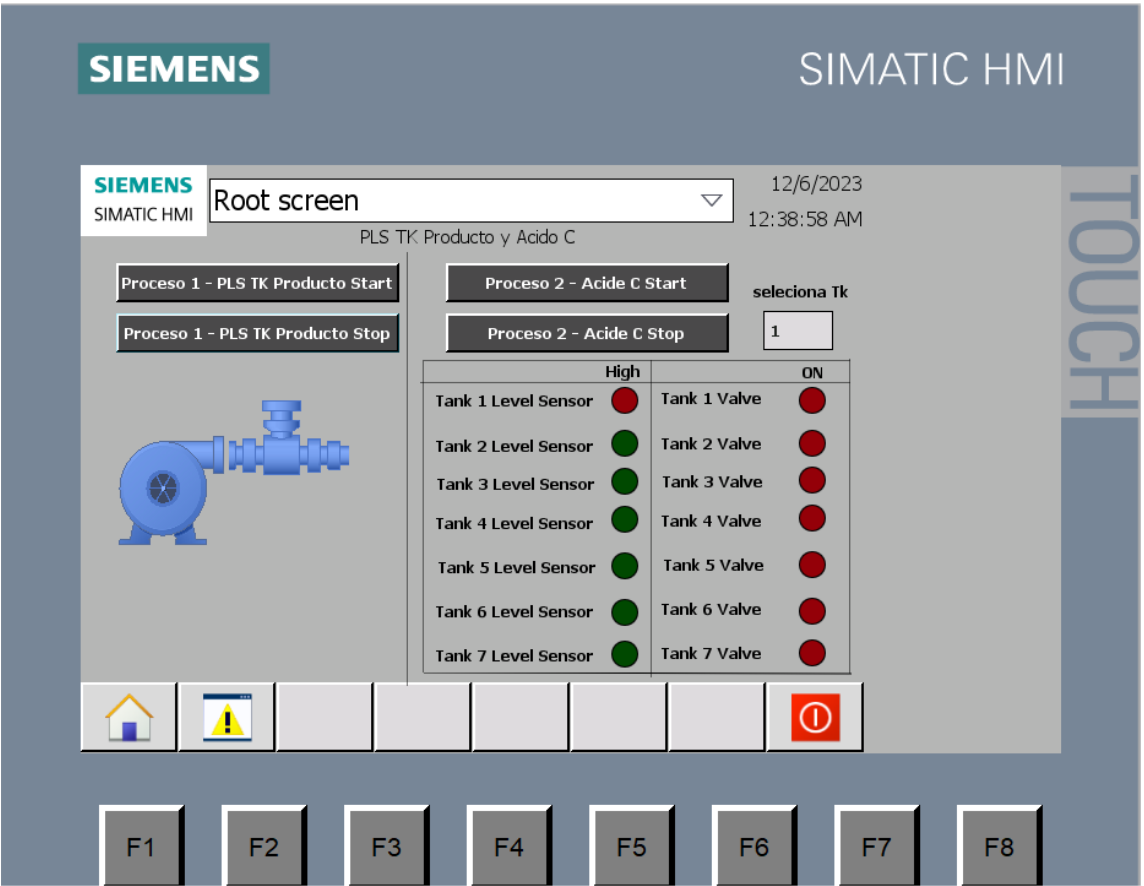


Figura 6.4: Pantalla de operaciones HMI

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

Durante el transcurso de este proyecto, se han logrado aprender dos cosas fundamentales sobre el mundo de la automatización industrial.

En primer lugar, es fundamental automatizar los procesos para salvaguardar la vida y la integridad física de los trabajadores. En procesos que aún se ejecutan de manera manual, especialmente aquellos que involucran productos químicos, explosivos y alto tonelaje, los trabajadores están constantemente expuestos a peligros muy grandes. Una correcta aplicación de la automatización puede ayudar a disminuir de forma drástica la exposición al peligro.

En segundo lugar, como profesionales, es necesario esforzarse constantemente por estudiar y estar al día con todas las nuevas tecnologías, estando al pendiente de toda la información que nos pueda servir. Esto con el objetivo de desarrollar de manera correcta las labores asociadas a este trabajo y actuar de buena manera ante cualquier problema.

Además, este proyecto ha demostrado lo importante que es analizar y entender correctamente el proceso que se busca automatizar. Para cada proceso, existen variables diferentes con una gran variedad de instrumentos posibles. De esta manera, como profesionales, existe el deber de investigar y escoger los más adecuados para cada variable, tomando en cuenta las características y presupuesto del proyecto.

Y por último es necesario recalcar el compromiso de profundizar en la formación profesional en pos de mejorar cada vez más los procesos con una mirada de seguridad personal y ambiental.

BIBLIOGRAFIA

- Álvarez, J., & Mejía, J. (2017). *TIA Portal. Aplicaciones de PLC*. Textos Académicos.
- CODELCO. (2018). *Electroobtención*. Obtenido de https://www.codelcoeduca.cl/codelcoeduca/site/artic/20190109/asocfile/20190109005004/electroobtencion_media_t_cnico_060119.pdf
- CODELCO. (11 de diciembre de 2023). *Glosario*. Obtenido de <https://www.codelco.com/nosotros/preguntas-frecuentes/glosario#:~:text=En%20el%20proceso%20de%20extracci%C3%B3n,PLS%20proveniente%20de%20la%20lixiviaci%C3%B3n>
- Damei Kingmech Pump. (2023). *Slurry Pump - Instrucciones de instalación y operación*. Damei Kingmech Pump Co. Ltda.
- Domínguez, A. (2023). *Lenguajes de Programación en TIA Portal*. Obtenido de programacionmultidisciplinar.com/curso-de-tia-portal/lenguajes-programacion-tia-portal/
- Eichrodt, C. (1931). *El Procedimiento de Lixiviación de Chuquicamata*. Soc. Imprenta y Lit. Universo.
- ENAMI. (2023). *Procedimiento de Cargas de lixiviación. Planta de tratamiento de Polvos Finos*. ENAMI.
- ENAMI. (2023). *Procedimiento de Trabajo de Carguío de Camiones Ácido tipo C*. ENAMI.
- Gutiérrez, H., & Muñoz, Á. (2013). Generación de diagramas ladder mediante el uso de redes de Petri difusas. *Revista vínculos*, 10(2), 367-380.
- Miranda, P., & Amador, J. (2014). Sistema de desarrollo para la programación de PLC usando Redes de Petri en el modelo de control. *Journal IEA-14*, 97-107.
- SIEMENS. (24 de noviembre de 2022). *Sales and Delivery release of TIA Portal V18*. Obtenido de <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109807106/sales-and-delivery-release-of-tia-portal-v18?dti=0&lc=en-PK>
- TecnoPLC. (2023). *PLC S7 1200 Siemens al detalle, comparación, bloques, memoria*. Obtenido de <https://www.tecnoplac.com/plc-s7-1200-siemens-al-detalle-comparacion-bloques-memoria/>
- Vega. (2023). *Ultrasonic sensor for continuous level measurement*. Obtenido de <https://www.vega.com/en-us/products/product-catalog/level/ultrasonic/vegason-61>