PROGRAMA REGIONAL
SIEMENS SMART INFRASTRUCTURE 2024

OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS Y PARÁMETROS EN TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE MINA MEDIANTE CONTROL DE PH CON PID

Integrantes

Lian Abigail Solorzano Jauregui
DNI 71233360
Sofia Duany Clark
DNI 75684828
Sonia León Jimenez
DNI 74851072
Valery Snyt Villiger Vega
DNI 78016718

Docente tutor

Fabricio Humberto Paredes Larroca

Av. Javier Prado Este 4600, Santiago de Surco - Lima – Perú

Teléfono: (511) 437 6767

Octubre de 2024

1. PROBLEMÁTICA

La minería es uno de los pilares del desarrollo económico del Perú, contribuyendo de manera significativa al Producto Bruto Interno (PBI). En 2023, el sector minero representó el 10.4% del PBI del país, según el Ministerio de Energía y Minas (MINEM); sin embargo, el Congreso Nacional de Minería (CONAMIN) ha proyectado que para el 2024 esa contribución disminuirá levemente al 9.5%, reflejando una leve contracción del sector.

En cuanto a la producción de oro, el Perú se mantiene como el segundo mayor productor de América Latina, habiendo extraído 77 toneladas de oro en 2023, con un valor aproximado de USD $4,833 millones. A pesar de estos logros, la minería ilegal ha generado grandes preocupaciones, ya que se estima que el 44% de las exportaciones de oro en Sudamérica durante 2024 provinieron de actividades ilegales en Perú, según el Instituto Peruano de Economía (IPE).

El método más utilizado en el país para la extracción de oro es la lixiviación con cianuro, que puede elevar el pH de los efluentes líquidos hasta valores de 12.5, superando los límites máximos permisibles. Este método no solo implica riesgos ambientales, sino que también requiere varias iteraciones de tratamiento. El proceso usado comúnmente para la limpieza es la cloración alcalina; sin embargo, este proceso suele comprender un valor promedio de iteraciones entre 4 y 5 ciclos, lo cual hace que aumente tanto los costos económicos como el consumo de energía. Asimismo, es un proceso que presenta riesgos para la persona que realiza la limpieza y el producto si bien tiene un pH controlado no es seguro para el consumo humano.

Los efluentes con pH elevado afectan negativamente la calidad de los recursos hídricos, exacerbando los problemas de contaminación. Este es uno de los principales motivos por el cual la minería representa el 61.4% de los conflictos socioambientales en el Perú, según el reporte de conflictos sociales de julio de 2024 Nº 245 (SIMCO). Por ello, se propone desarrollar un tratamiento más efectivo para los efluentes mineros, priorizando la eficiencia energética y la recuperación de los recursos hídricos, al tiempo que se minimizan los impactos ambientales y se optimizan los costos de operación, principalmente relacionados con las iteraciones de limpieza.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y MEJORA PROPUESTA

Nuestra propuesta de mejora consiste en coagular el efluente suministrando Fe (VI) y posteriormente reducir la basicidad mediante la aplicación controlada de $FeCl_3$ para el control del pH, con el objetivo de optimizar el tratamiento de relaves mineros con basicidad alta mediante un sistema automatizado. Para la realización del proyecto, principalmente se están usando controladores lógicos programables (PLC) y una variedad de dispositivos como sensores (pH, ORP, caudal y presión) y bombas para asegurar que se realice una purificación eficiente del agua. Asimismo, se usaron otros dispositivos como IoT, SENTRON PAC's y variadores de frecuencia para controlar y monitorear tanto el proceso como la energía consumida y otros parámetros de flujo.

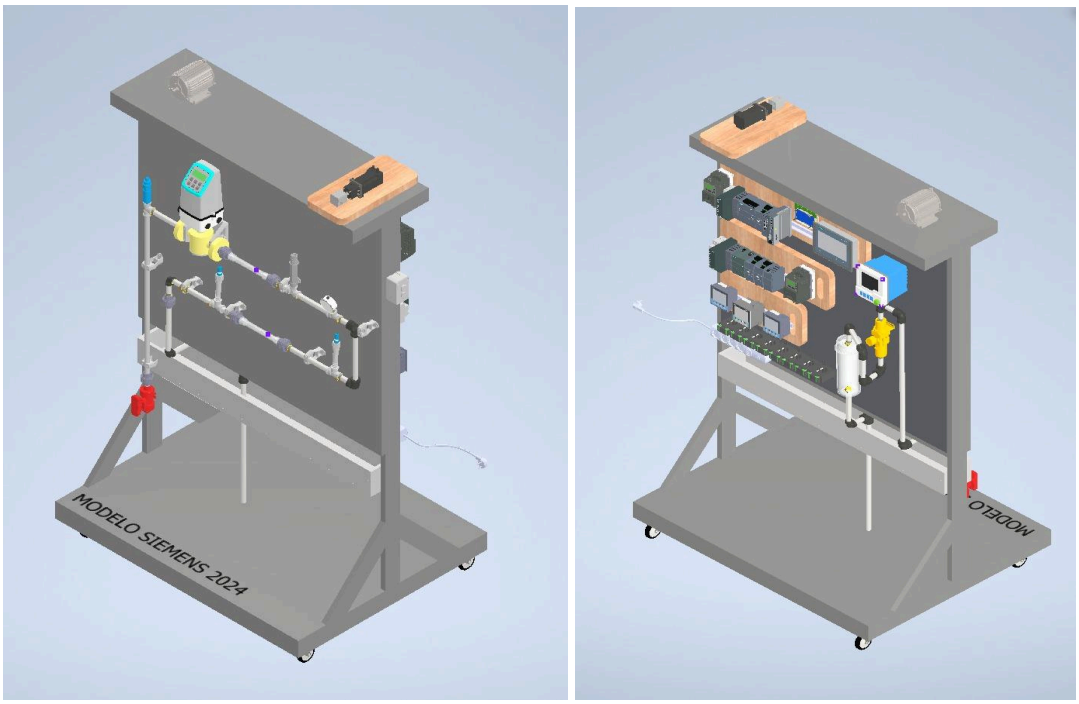
El proyecto comienza con el impulso del flujo de agua contaminada a través de una bomba trifásica. Un flujómetro mide el caudal y un sensor monitorea la presión dentro del sistema. El efluente a tratar es conducido a través de una tubería de PVC de ½ pulgada de diámetro, en una primera instancia se suministra una solución de Fe(VI) mediante una bomba dosificadora y se conduce hacia un mezclador estático para asegurar una mezcla homogénea, a la salida se encuentra un sensor del potencial de reducción-oxidación (ORP) para el monitoreo, utilizando un electrodo digital Endress+Hauser. La dosis de Fe(VI) se ajusta para mantener un rango de ORP entre 750 mV y 1400 mV, lo que asegura la oxidación del contaminante y la formación de coágulos a través de una neutralización iónica. Dado que la adición de Fe(VI) incrementa los niveles de pH del agua tratada, se corrige utilizando cloruro férrico ($FeCl_3$) al 40%, dosificado por otra bomba.

El sistema de control de pH se basa en el uso de dos sensores, uno de salida y uno de entrada, conectado a un transmisor Liquiline, que envía señales digitales mediante un cable a un controlador, el cual utiliza una estrategia de control PID para ajustar automáticamente la dosificación de $FeCl_3$ y regular el pH del agua. La señal es convertida a un formato analógico escalado y transmitida a un dispositivo Simatic IoT2050, que se encarga de almacenar las variables en una base de datos MySQL en la nube, facilitando el análisis y monitoreo remoto. El pH de salida se mantiene controlado entre valores de 6.5 y 7, según lo determinado por el sensor de pH. La adición de los PAC's también juegan un papel importante debido a que sirven para monitorear el consumo de energía y otros factores operativos, asegurando la eficiencia energética del sistema.

Finalmente, se realiza un filtrado a través de dos tanques con 20 y 5 micrones sucesivamente para retirar el contaminante coagulado, ofreciendo un efluente con condiciones óptimas y seguras para el ser humano.

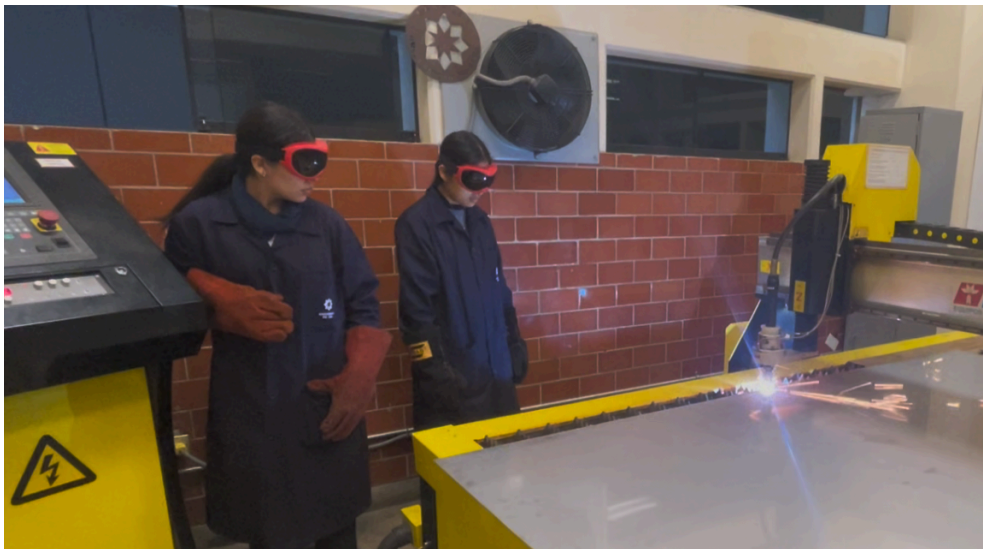
3. DESARROLLO DEL PROYECTO

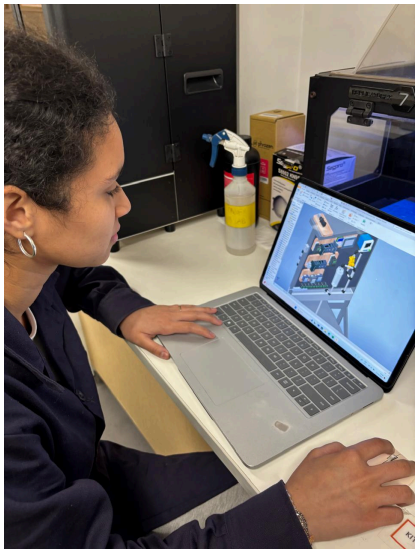
En primer lugar, se propuso el diseño de una estructura mediante el uso del software Autodesk Inventor, lo cual permitió organizar de manera eficiente los componentes del proyecto en un panel, donde en una de sus caras se llevará a cabo todo el proceso de control de pH, mientras que en la otra se dispondrá el sistema de conexiones.



Subsecuentemente, se comenzó con la fabricación de la estructura de la base y el panel. Las piezas encargadas de sostener la estructura se construyeron con unos perfiles de acero al carbono. Estos fueron cortados con precisión con una amoladora. Luego, las piezas se lijaron y pulieron para remover el óxido de la superficie y preparar los extremos de los perfiles, para ser soldados usando la tecnología de soldadura TIG. Se procedió a inspeccionar y lijar las uniones para un mejor acabado. Por último, fueron pintadas con spray de color aluminio para protegerlas de la oxidación y mejorar la estética del proyecto.

En cuanto al panel y la base se optó por utilizar una plancha de acero inoxidable de 2 mm de espesor, elegida por su resistencia a la corrosión. Para estas piezas se utilizó una cortadora plasma CNC con los siguientes parámetros de corte: 2000 mm/seg de avance, boquilla de 80A, 115V, 2 segundos de tiempo de perforado y una presión de aire de 6 bares. Después del corte, se limaron las rebabas para eliminar bordes irregulares. Una vez limadas, las piezas se limpiaron con bencina para eliminar los residuos del óxido y marcas de calor. Se colocaron 4 garruchas de 50 kg en la base para que la estructura sea móvil.

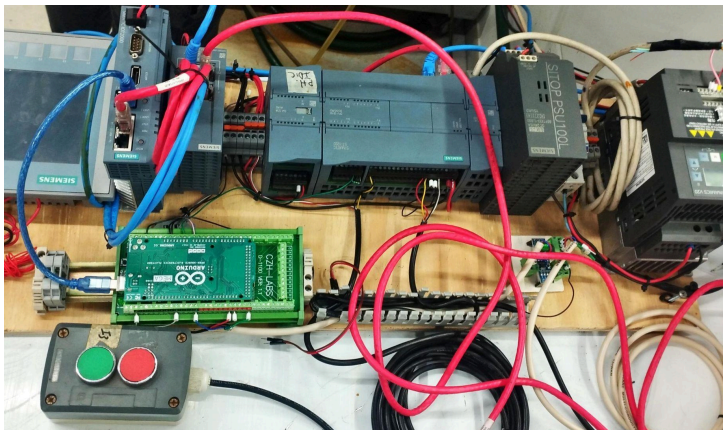




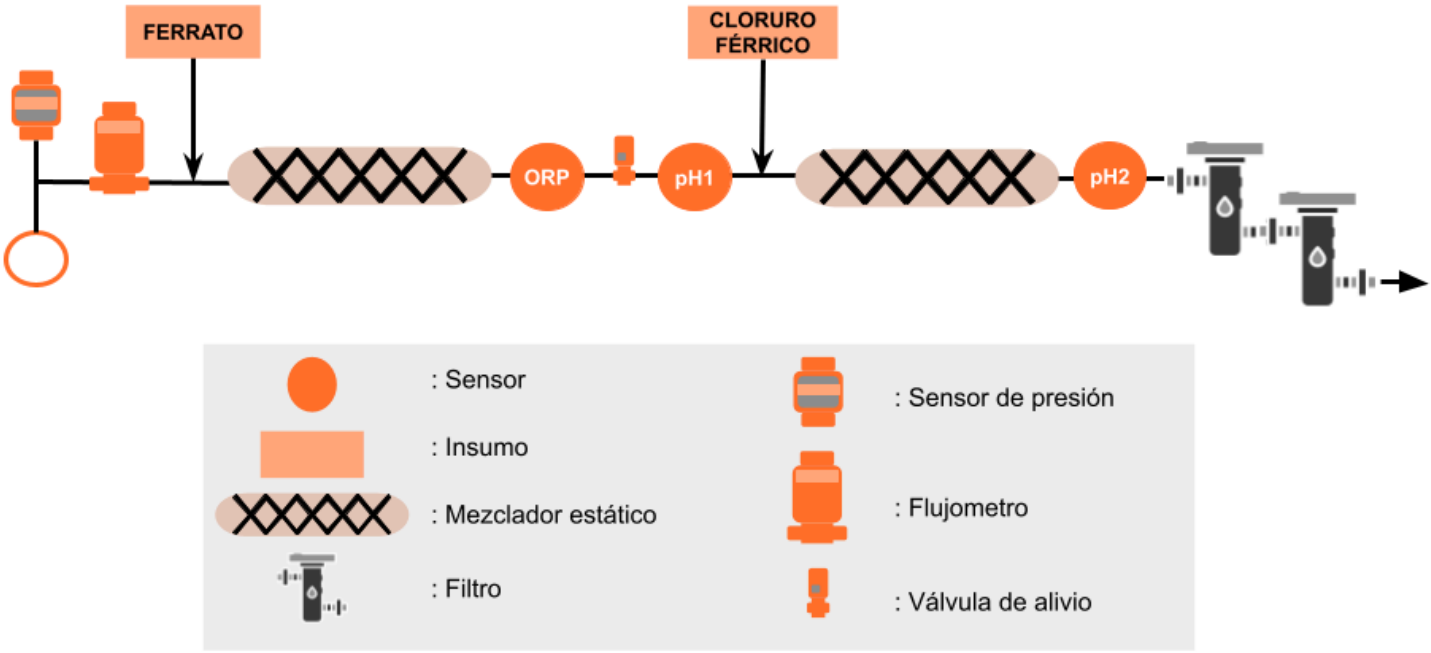
Respecto a los acoples para sujetar los tubos de PVC de ½ pulgada al módulo, estos fueron diseñados en el software Autodesk Inventor e impresos en filamento ABS, elegidos por su resistencia, en las impresoras 3D FDM Bambu Lab X1.

Para montar los sensores al sistema, se diseñaron e imprimieron en resina (MSLA) niples adaptados a la altura necesaria, para garantizar la alineación adecuada y por ende una correcta lectura. Cabe mencionar que para la primera iteración de prueba del sistema, se optó por utilizar acoples con planchas de MDF. Esta medida permitió colocar el sistema de forma rápida y eficiente para validar el correcto funcionamiento de los sensores, actuadores y control PID.

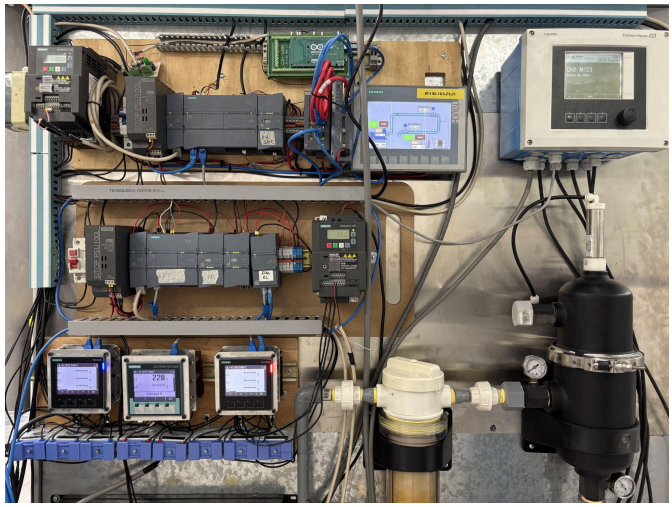
Finalmente, todos los componentes fueron montados en el panel de acero, realizando las conexiones eléctricas y de comunicación para poder inicializar el sistema. Cabe resaltar que los equipos eléctricos fueron previamente ubicados en planchas de MDF cortadas en un router CNC, que luego fueron acopladas al panel principal. Este proceso no solo facilitó la instalación de los equipos, sino que también contribuyó a la seguridad y funcionalidad del sistema.

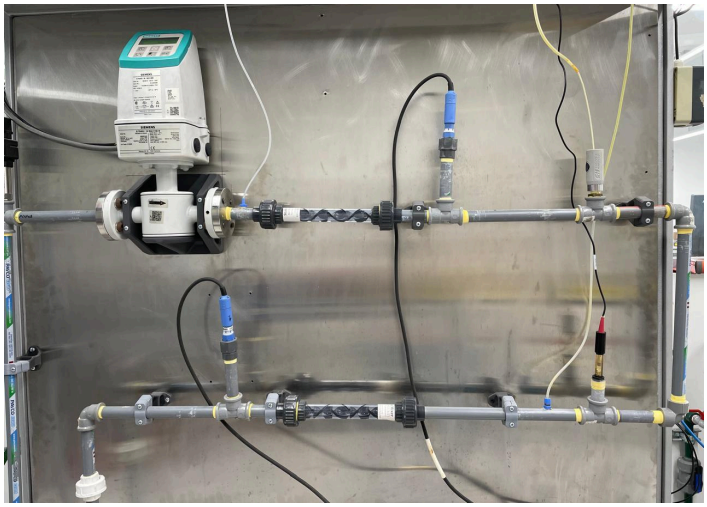


A continuación se presentará el flujo del proceso del proyecto.

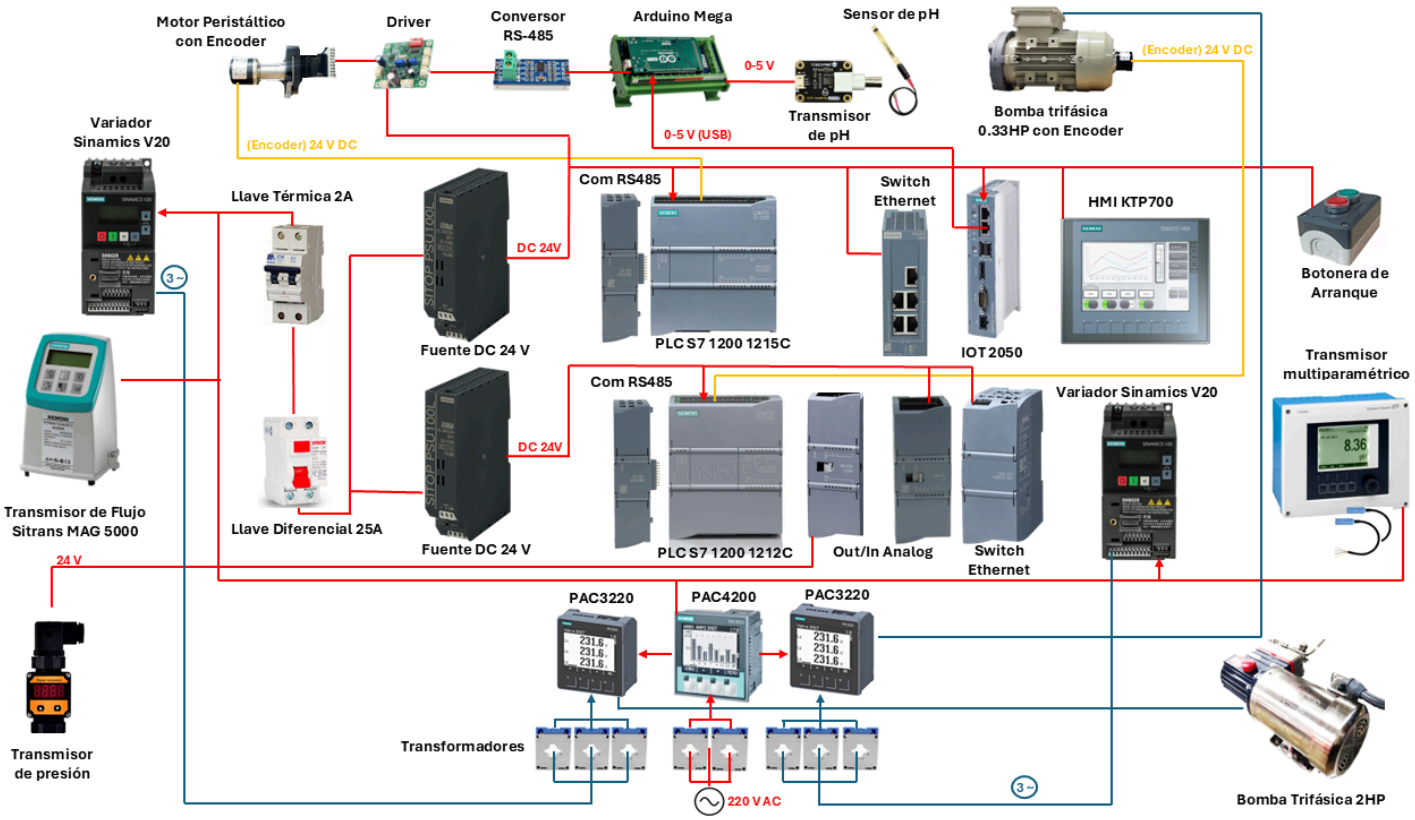


Para simular el efluente minero se ha utilizado agua de grifo, la cual es suministrada al sistema con un caudal de 4 Lt/min por la bomba trifásica de 2 HP, y se monitorea la presión de ingreso. El tratamiento comienza inyectando una solución de ión ferrato para oxidar y coagular toda materia orgánica, esto pasa a través de unos mezcladores estáticos para garantizar la homogeneidad de la solución. A la salida del mezclador se coloca un sensor ORP que se utiliza para determinar la cantidad necesaria de ferrato a inyectar. Esta acción eleva el pH hasta 12.5, por lo que la siguiente acción es neutralizar la mezcla con cloruro férrico hasta un pH de 6.5. Para esto se utilizan dos sensores de pH y un mezclador estático adicional. De esta manera se mide el pH en la entrada, se adiciona cloruro férrico y se homogeniza en los mezcladores estáticos, midiendo su pH de salida. Para finalizar el tratamiento, utilizamos un filtro con autolavado de 20 micrones y un filtro de 5 micrones. Esto eliminará los coágulos formados anteriormente y obtendremos agua tratada apta para su disposición final, evitando contaminar el medio ambiente.

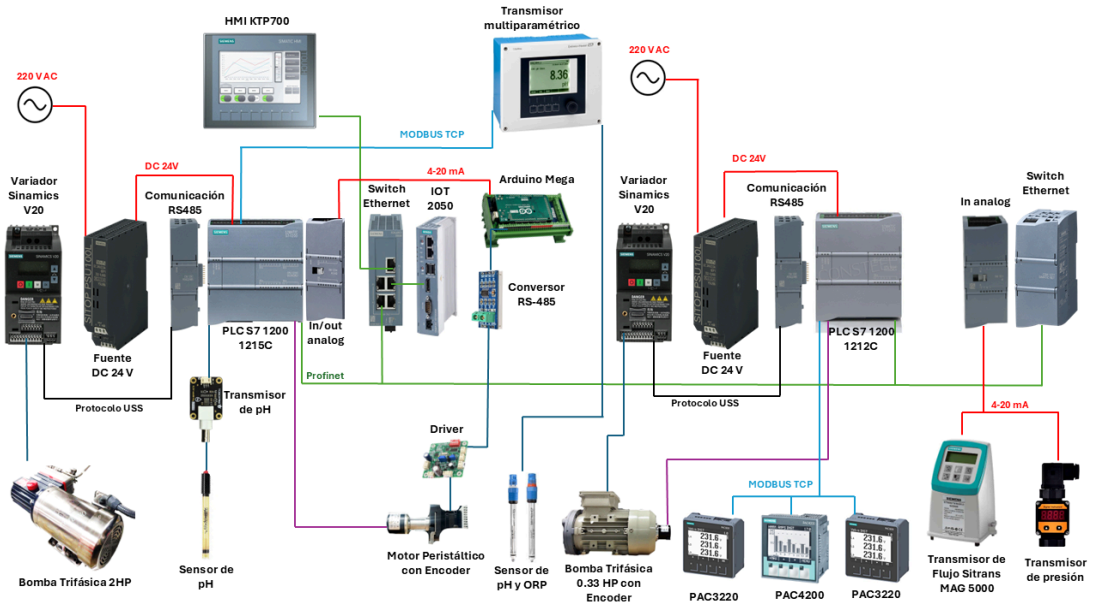




En cuanto a la alimentación, el sistema recibe 220V AC de la red principal, que alimentan los transformadores de los PAC's 4200 y 3220, los transmisores de flujo y multiparamétrico. Mientras que las bombas reciben 220 V trifásicos a través del PAC 3220 al igual que los variadores de frecuencia. El sistema incluye protecciones mediante una llave diferencial que detecta fugas de corriente y una llave termomagnética que previene cortocircuitos. Las fuentes de alimentación convierten 220V AC a 24V DC y 5A, lo que alimenta los PLC, módulos, HMI, IoT y el driver del motor. Además, el PLC suministra 24V DC a los transmisores de presión y encoders, mientras que el Arduino recibe 5V a través del IoT mediante un cable USB. Finalmente, el sistema cuenta con 2 pulsadores que permiten iniciar y detener el proceso de forma manual.



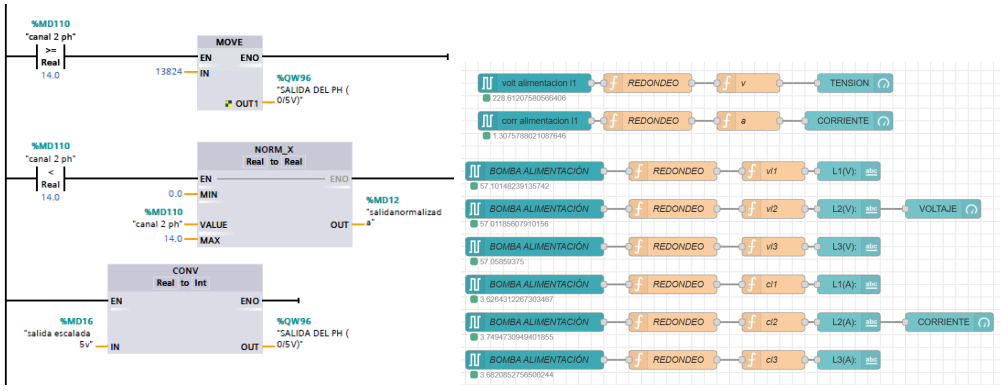
Asimismo, este proyecto integra diversos dispositivos de control y monitoreo para operar bombas de agua, utilizando protocolos de comunicación y sistemas de alimentación específicos. El transmisor Endress recibe los datos de los sensores de pH y ORP y los transmite al PLC mediante el protocolo Modbus. Adicionalmente, un segundo sensor de pH está conectado a un transmisor que envía su señal directamente al PLC. La interfaz HMI permite visualizar estos datos y controlar tanto la bomba trifásica de agua como otras bombas, basándose en la información recibida del PLC. Para la comunicación entre el PLC y el variador de frecuencia, se emplea un módulo RS485, lo que permite regular la velocidad de la bomba de manera precisa. La bomba de 0.33 HP y la bomba peristáltica están equipadas con encoders que reportan sus revoluciones por minuto (RPM) al PLC, facilitando un control exacto del funcionamiento. El PLC también se conecta a un Arduino mediante un módulo analógico, y este gestiona un motor a través de un driver, utilizando el protocolo RS485. Los transmisores de flujo envían sus señales al PLC a través de un módulo de entrada analógico en formato de corriente. Además, los datos de voltaje y corriente, capturados por los PAC's mediante transformadores, también se comunican con el PLC mediante Modbus. Toda la información que recibe el PLC, tanto a través de Modbus como de Profinet, se transmite mediante un switch Ethernet. Finalmente, el HMI se comunica con ambos PLC's mediante Profinet y envía todos los datos a la nube mediante tecnología IoT para un monitoreo y control remoto.



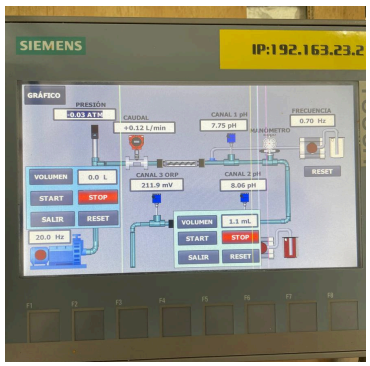
En el proyecto, se implementaron dos sistemas de control: ON/OFF y PID. El control ON/OFF se integró mediante el PLC utilizando programación en Ladder y el software TiaPortal V18. El sistema lee el valor de entrada del sensor de ORP en la primera iteración y, con esta información, ajusta el ORP al valor deseado a través de la inyección de hierro Fe (VI). El funcionamiento del control ON/OFF se basa en encender o apagar la inyección de Fe (VI) cuando el valor de ORP se encuentra por encima o por debajo del umbral establecido, lo que permite corregir de manera automática las desviaciones detectadas.

Por otro lado, el control PID se implementó en un Arduino Mega, encargado de regular la velocidad de la bomba que inyecta cloruro férrico (FeCl3), con el propósito de ajustar el pH del agua contaminada. Este sistema recibe la lectura del segundo sensor de pH como entrada, la cual se compara con el valor de referencia o set point deseado. El control PID calcula la salida que corresponde a la velocidad de la bomba, ajustando las revoluciones por minuto (RPM) conforme el pH se aproxima al valor objetivo. El sistema inicia a una velocidad alta cuando el pH está lejos del set point y disminuye gradualmente a medida que el pH se acerca al valor deseado, proporcionando un ajuste preciso para evitar sobre correcciones o fluctuaciones. Los parámetros del PID (KP, KI, y KD) se sintonizaron para obtener una respuesta óptima: KP se encargó de una corrección rápida, KI estabilizó el valor a largo plazo, y KD minimizó las fluctuaciones bruscas.

```
//////////CODIGO PID PARA LECTURA DE SENSOR Y ALGORITMO DE CONT

double inputPH = analogRead(pHsensorPin);     //p23      i0.08
inputPH = map(inputPH, 0, 1023, 0, 1400);
  inputPH=inputPH/100,2;
// Calcular error para el sensor de pH
double pH_error = inputPH-setpoint;
pH_integral += pH_error;
  //pH_integral = constrain(pH_integral, 0, 25000);//500
double pH_derivative = inputPH - pH_lastInput;

// Calcular salida PID para el sensor de pH
pH_output = KpPH * pH_error + KiPH * pH_integral + KdPH * pH_de

// Calcular la velocidad de la bomba basada en la salida del PI


int pumpSpeed = constrain(pH_output, 0, 10000);//100 ERA DE PW



result = node.writeSingleRegister(0x400A, pumpSpeed);
pH_lastInput = inputPH;
delay(100); // Wait a second before the next read/write
```



El PLC y dispositivos IoT complementan el control al permitir el monitoreo y la supervisión remota mediante Node-RED, instalado en un IoT 2050 con sistema operativo Debian. Node-RED, con programación en bloques, permite ajustar parámetros como el arranque, velocidad y control PID en tiempo real, así como almacenar los parámetros en bases de datos MySQL administradas con phpMyAdmin. Esto facilita el análisis de datos históricos para detectar anomalías y realizar ajustes.



4. BENEFICIOS OBTENIDOS

Para evaluar los beneficios de nuestra propuesta de purificación de efluentes, se considerarán dos escenarios, el primer escenario corresponde a la cloración alcalina que es el proceso de limpieza de aguas residuales más utilizado en el sector minero, y el segundo escenario evaluará la propuesta de tratamiento presente en este informe. Uno de los principales objetivos de nuestro módulo de tratamiento de efluentes es lograr minimizar el consumo de potencia eléctrica, debido a la gran emisión de gases de efecto invernadero que conlleva manejar procesos con un alto consumo de energía eléctrica, lo cual contribuye al deterioro de la capa de ozono y al cambio climático. Por cada kWh de consumo de potencia eléctrica se emiten 0.41 kg CO2 al ambiente, si hablamos de plantas de tratamiento de agua que purifican a ritmos de miles de litros por hora, la potencia eléctrica, y por ende la emisión de gases de efecto invernadero, se vuelve una variable importante al hablar de la contaminación ambiental.

En relación al consumo de potencia, nuestra propuesta implementa procesos automatizados altamente eficientes, optimizando el uso de recursos y energía, logrando minimizar así el consumo de potencia eléctrica; por otro lado la limpieza mediante cloración alcalina suele comprender un promedio de 4 a 5 reprocesos del flujo a purificar, debido a la poca eficiencia del tratamiento, al tener tantas iteraciones del mismo proceso para purificar la misma cantidad de efluente, el consumo de potencia de nuestra propuesta es considerablemente menor, como se muestra en la siguiente tabla. Más aún, los gastos en energía eléctrica por cada litro de agua tratada también son significativamente más bajos con nuestra propuesta, al igual que el equivalente de gases emitidos por consumo de kW por litro de agua tratada.

El consumo energético de nuestra propuesta se obtuvo tras realizar la simulación del consumo de potencia del módulo para procesar 100 litros de efluente contaminado en un plazo de 30 minutos. A partir de estos resultados se obtuvo el consumo de potencia en kiloWatts por cada litro de agua tratada.

Consumo de potencia y costo por litro de agua tratada		**Escenario 1 (Cloración alcalina)**	**Escenario 2 (Propuesta)**
Potencia	kW/Lt	0.0250	0.0020
Costo energía eléctrica	$/Lt	0.0043	0.0003
Emisión de gases	kg CO2/Lt	0.00350	0.00028

En el escenario 2, la huella hídrica del proceso es baja, ya que el agua tratada se devuelve al ambiente, utilizando solo una mínima cantidad para mantenimiento y limpieza de mallas. Por otro lado, se calculó la cantidad de insumos requeridos para la operación anual del módulo, al igual que los costos involucrados. Se asume que el módulo estará activo 1,872 horas al año, considerando una capacidad de procesamiento de 200 litros de agua por cada hora de actividad.

Insumo	**Costo ($/Lt insumo)**	**Consumo (Lt insumo/Lt agua tratada)**	**Lt agua tratada /año**	**Consumo anual insumo (Lt/año)**	**Costo anual insumo ($/año)**
Iones de ferrato **Fe (VI)**	130	0.00016	374,400.00	59.90	7,787.52
Cloruro férrico **FeCl3**	3.5	0.01200	374,400.00	4,492.8	15,724.80

Para evaluar la rentabilidad del proyecto, se planteó un caso hipotético en el que la Universidad de Lima alquilaría el módulo de tratamiento de aguas residuales a empresas en el rubro de la minería, brindando así un sistema tercerizado para la purificación de efluentes que generaría un ingreso mensual de USD 3,500.00, equivalentes a USD 42,000.00 anuales. Por otro lado, se calculó el financiamiento requerido para este proyecto, incluyendo los costos de todos los equipos en el módulo, la estructura, el cableado, el sistema de tuberías, entre otros; obteniendo una inversión inicial de USD 15,000.00. Para los egresos del proyecto se consideraron los costos de los insumos requeridos, tanto el Fe (VI) como el FeCl3, el gasto en energía eléctrica y se tuvieron en cuenta costos fijos como el mantenimiento preventivo del módulo, resultando en egresos anuales de USD 29,700.00. Para los cálculos de los indicadores financieros del proyecto, se consideró un costo de oportunidad del capital (COK) del 18% y un horizonte de vida de proyecto de 5 años. En la tabla que se presenta a continuación se puede apreciar la proyección de los ingresos y egresos de proyecto en el horizonte de vida de 5 años, resultando en el flujo de caja acumulado. Al calcular los indicadores financieros del proyecto, se obtuvo una tasa interna de retorno (TIR) del 66%, siendo esta mayor al COK, lo que indica que el proyecto es rentable. Por otro lado, se obtuvo que el valor actual neto (VAN) del proyecto es de USD 40,901.01 y la relación beneficio/costo de 3.73, lo que indica que el proyecto genera 3.73 veces la inversión. Por último se tiene un periodo de recuperación de 1.22 años, indicando que la totalidad de la inversión inicial se recupera a partir de 1.22 años de iniciado el proyecto. En el siguiente cuadro, los cálculos están expresados en USD.

PERIODO	0	1	2	3	4	5
INVERSIÓN	-15,000.00					
INGRESOS		42,000.00	42,000.00	42,000.00	42,000.00	42,000.00
EGRESOS		29,700.00	29,700.00	29,700.00	29,700.00	29,700.00
UTILIDAD		12,300.00	12,300.00	12,300.00	12,300.00	12,300.00
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	-15,000.00	-2,700.00	9,600.00	21,900.00	34,200.00	46,500.00

COK	18%
TIR	66%
VAN	$ 40,901.01
B/C	3.73
PERIODO RECUPERO	1.22

Como se pudo evidenciar anteriormente, el proyecto es altamente rentable, generando ingresos considerables en relación a la inversión, pero adicionalmente a la obtención de beneficios económicos, este proyecto brinda una alternativa a los procesos convencionales de tratamiento de aguas residuales, priorizando la reducción de consumo de potencia eléctrica al aumentar la eficiencia y por ende minimizando la huella de carbono, haciendo uso de la tecnología en cada etapa del proceso de purificación, buscando automatizar y agilizar la mayor cantidad de procesos posibles, optimizándolos y minimizando costos, por lo que se concluye que se cumplieron los objetivos del proyecto de manera exitosa.

ANEXOS

Tecnologías usadas:

- Diseño CAD en Autodesk Inventor
- Impresión 3D FDM en Bambu Lab X1, material ABS
- Impresión 3D MSLA en Phrozen Mega 8K, material resina agua gray 8K
- Corte plasma CNC, material acero inoxidable
- Corte con amoladora, material acero al carbono y disco de corte
- Soldadura TIG
- Programación en Arduino
- Tia Portal V18
- Programación de IoT
- NodeRed para dashboard
- Protocolos de comunicación profinet, modbus y RS 485
- MySQL
- phpMyAdmin

Lista de equipos: (instalados en el proyecto)

- Fuente DC 24V
- PLC S7-1200, modelo 1212
- PLC S7-1200, modelo 1215
- HMI, modelo KTP 700
- Variador de frecuencia, Sinamics v20
- Bomba trifásica 0.33 HP
- Bomba trifásica 2 HP
- Bomba DC
- PAC3220
- PAC4200
- Transmisor de pH Atlas Scientific
- Arduino Mega
- Conversor RS-485
- Driver
- Motor peristáltico con encoder
- HMI KTP700
- IoT 2050
- Transmisor Endress+hauser
- Sensor de flujo Sitrans MAG 5000
- Transmisión de pH
- Sensor pH Memosens CPS11E
- Sensor ORP Memosens CPS72E
- Sensor de presión
- Mezclador estático KH-TDN15 (½”) color transparente
- Válvula de alivio para el cebado
- Minitwist filter 20 micrones
- Filtro 5 micrones

Glosario de términos:

- Fe (VI): Ion de hierro en estado +6, usado en oxidación avanzada
- FeCl3: Cloruro férrico, común en compuestos y procesos industriales
- SIMCO: Sistema de Monitoreo de Conflictos Sociales
- PLC: Controlador Lógico Programable, usado en automatización industrial
- PAC: Controlador de Automatización Programable, más avanzado que un PLC
- HMI: Interfaz Hombre-Máquina, permite interacción con máquinas
- IoT: Internet de las Cosas, red de dispositivos conectados
- COK: Tasa de retorno del accionista
- VAN: Valor Actual Neto, mide rentabilidad de proyectos
- TIR: Tasa Interna de Retorno, mide la rentabilidad de inversiones
- B/C: Beneficio-Costo, relación que evalúa la viabilidad de un proyecto
- ORP: Potencial de Oxidación-Reducción, mide la capacidad de un medio para oxidar o reducir
- pH: Medida de la acidez o alcalinidad de una solución
- PID: Control Proporcional-Integral-Derivativo, usado en sistemas de control automático

REFERENCIAS:

Minería aportará el 9.5% al PBI nacional este año.
https://www.elperuano.pe/noticia/241323-mineria-aportara-el-95-al-pbi-nacional-este-ano/

Reporte mensual - minería
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6133582/5418668-estadistica-subsector-mineria-enero-2024.pd

PERÚ: LA TIERRA DEL ORO, LA PLATA Y EL COBRE:
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5099782/BEM%2007-2023.pdf

El Perú exporta el 44% del oro ilegal de Sudamérica:
https://www.ipe.org.pe/portal/el-peru-exporta-el-44-del-oro-ilegal-de-sudamerica/

Cyanide Leaching in Gold: A Metallurgical Process: https://coreresources.com.au/

Capacidad fitorremediadora del Schoenoplectus americanus
https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/1578

REPORTE DE CONFLICTOS SOCIALES N.° 245
https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2024/08/Reporte-de-Conflictos-Sociales-n.%C2%B0-245-julio-2024.pdf

Gráfico N° 10
PERÚ: CONFLICTOS SOCIOAMBIENTALES POR ACTIVIDAD, JULIO 2024
(Distribución porcentual)

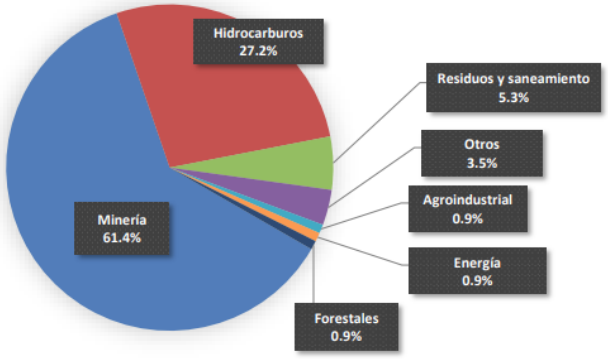


Tabla 38

Resultados de pH, conductividad eléctrica y contenido de cianuro en el efluente y el agua del humedal

Muestra	pH	Conductividad eléctrica ($dS.m^{-1}$)	Contenido de cianuro ($mg.L^{-1}$)
Efluente minero Paltarumi	12,5	2,43	880,3
Agua del humedal Carquín	7,71	3,70	0,005