



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE: INGENIERO EN MECATRÓNICA

IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL AUTOMÁTICO EN LA CÁMARA DE SUCCIÓN (INTAKE) PARA DESPRESURIZAR EL FLUIDO PROLONGADO LA VIDA ÚTIL DEL SELLO MECÁNICO EN EL SISTEMA DE BOMBEO HORIZONTAL (HPS), MEDIANTE EL USO DE UN LOGO SIEMENS EN LA EMPRESA SERTECPET S. A. DE LA CIUDAD DE FRANCISCO DE ORELLANA

AUTORA: MASABANDA GUANOLUISA BERTHA ALICIA

DIRECTORA: ING. CONSTANTE PRÓCEL PATRICIA NATALY

Latacunga, 2023



CONTENIDO

1. Introducción
2. Empresa
3. Objetivos
4. Marco Teórico
5. Diseño Electrónico
6. Diagrama P&ID
7. Pruebas y Resultados
8. Validación de hipótesis
9. Análisis
10. Conclusiones y recomendaciones

Introducción

En el Ecuador el área amazónica es el centro de la actividad y economía petrolera, debido a que ahí se concentran vastas reservas de crudo en las que se destaca la importancia de las empresas que prestan servicios petroleros con unidades como HPS, MTU, BGC o PCP.

Entre las unidades que son de interés en este estudio se encuentran las HPS o sistemas de bombeo horizontal que, aunque poseen un excelente sistema de transferencia o reinyección del agua, presenta inconvenientes que van desde el desgaste o fractura de los sellos mecánicos hasta una falla múltiple, que provoca el cese de operaciones debido a la problemática antes mencionada.

Empresa

Sertecpet S.A. una empresa ecuatoriana constituida en 1990 con la misión de generar soluciones energéticas a nivel mundial (Sertecpet, s/f), está ubicada en la provincia de Orellana, en la ciudad de El Coca.



Objetivos General

Implementar un control automático en la cámara de succión (INTAKE) para despresurizar el fluido prolongando la vida útil del sello mecánico en el sistema de bombeo horizontal (HPS), mediante el uso de un logo siemens en la empresa SERTECPET S. A. de la ciudad de Francisco de Orellana.

Objetivos Específicos

- Recopilar información acerca del sistema de bombeo horizontal y la reinyección de agua en la extracción del crudo para identificar el funcionamiento del sistema.
- Analizar el funcionamiento del sistema de bombeo horizontal para la identificación correcta de la situación inicial del proyecto.
- Diseñar los diferentes planos eléctricos y mecánicos para la implementación en el sistema de bombeo horizontal.
- Desarrollar el algoritmo de control para la lectura de la presión y el funcionamiento del actuador.
- Construir la línea entre la cámara de succión (INTAKE) y la succión de la bomba centrífuga para la despresurización del fluido.
- Implementar el algoritmo en el programa base del dispositivo Siemens PLC para el control automático del sistema.
- Realizar pruebas de lazo en conjunto del funcionamiento para validación de hipótesis.
- Corregir posibles errores en el funcionamiento o conexión de la línea para que el sistema trabaje correctamente.

Problema

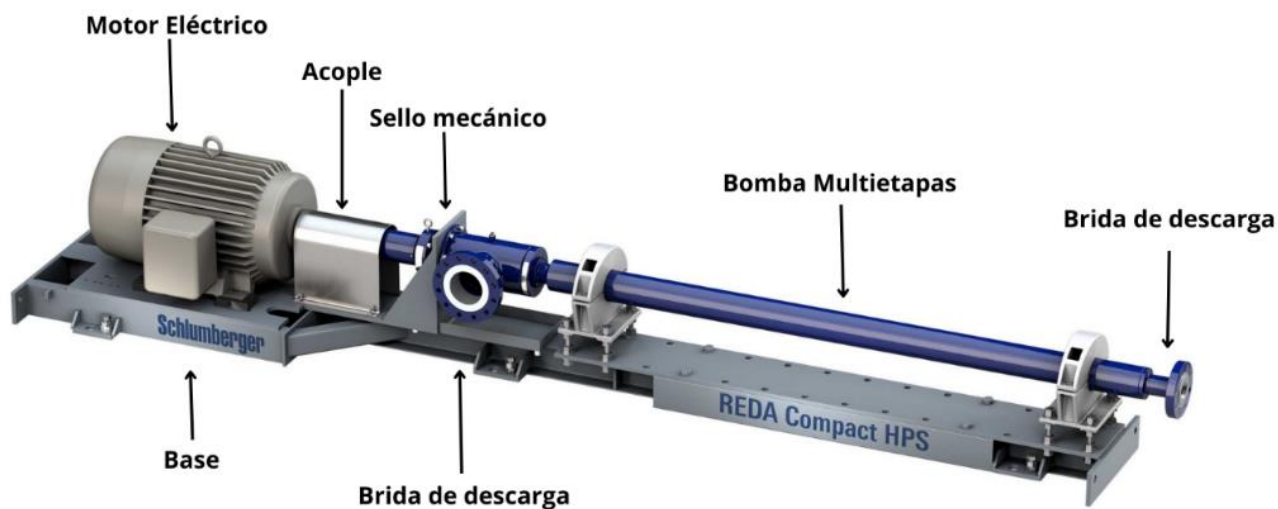
El sistema de bombeo horizontal utiliza los transmisores para medir la presión del fluido que pasa por las líneas de succión y de descarga, sin embargo la sobrepresión que afecta a los sellos mecánicos es la que se da en la línea de succión debido a que los sellos mecánicos no soportan una cantidad mayor a los 200 PSI y tienden a romperse provocando fallas en el sistema

Hipótesis

¿Un control automático en la cámara de succión (INTAKE) permitirá despresurizar el fluido prolongado la vida útil del sello mecánico en el sistema de bombeo horizontal (HPS), mediante el uso de un logo siemens en la empresa SERTECPET S. A. de la ciudad de Francisco de Orellana?

Marco Teórico

HPS (Horizontal Pump System) es un sistema de bombeo horizontal diseñado para recibir agua a través del trabajo de una bomba centrífuga (bomba booster) de un reservorio de agua de formación por la línea de succión, para posteriormente pasar el fluido a través de una bomba multietapas que luego envía por la línea de descarga para la inyección en el pozo.



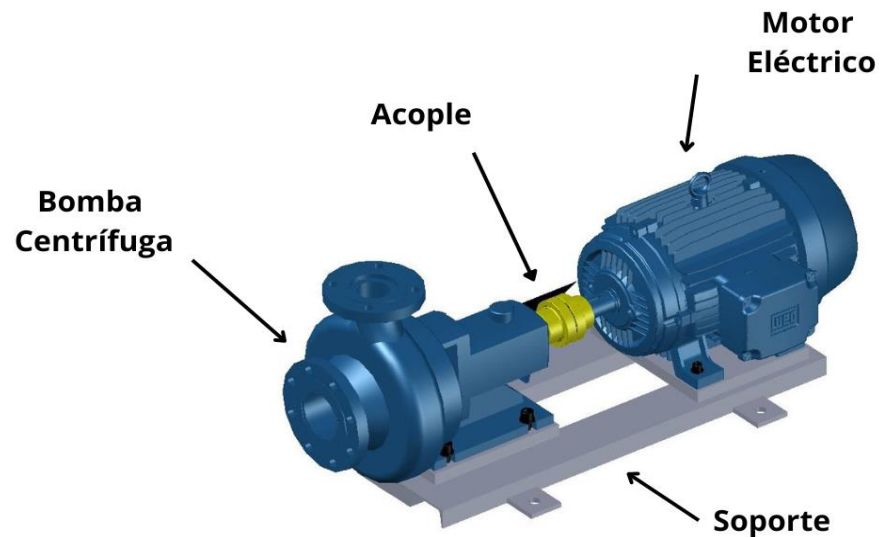
Sistema de Bombeo horizontal en Campo

Estas bombas pueden entregar altas presiones o altos caudales de descarga dependiendo de la potencia del motor y el requerimiento del cliente.



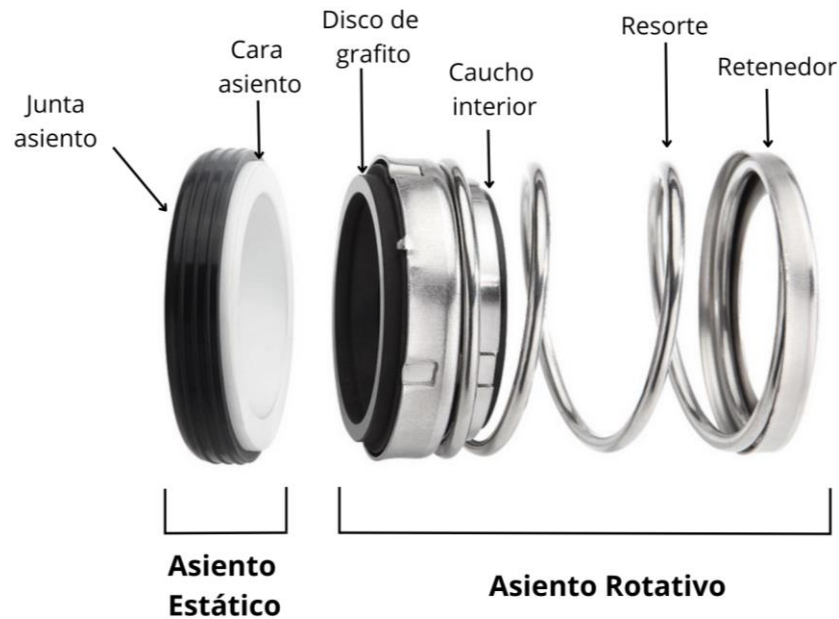
Bomba Centrífuga

La bomba centrífuga es utilizada para la succión de agua, sin embargo, estas bombas son pequeñas y con baja presión ya que solo se encargan de succionar el agua.



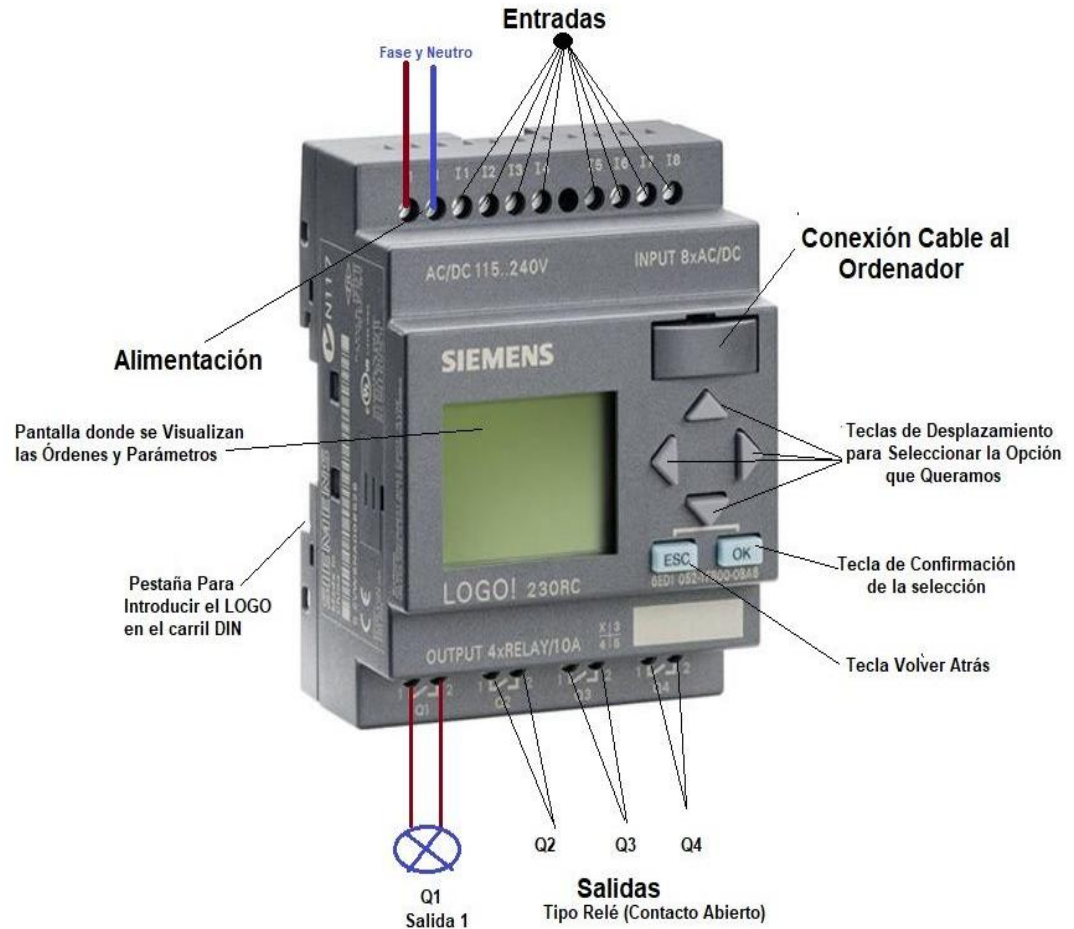
Sello Mecánico

Los sellos mecánicos son componentes que se ubican en la unión del eje rotativo y la carcasa del equipo con la finalidad de evitar fugas en su totalidad, lo cual la diferencia de otro tipo de sellos como los empaques.



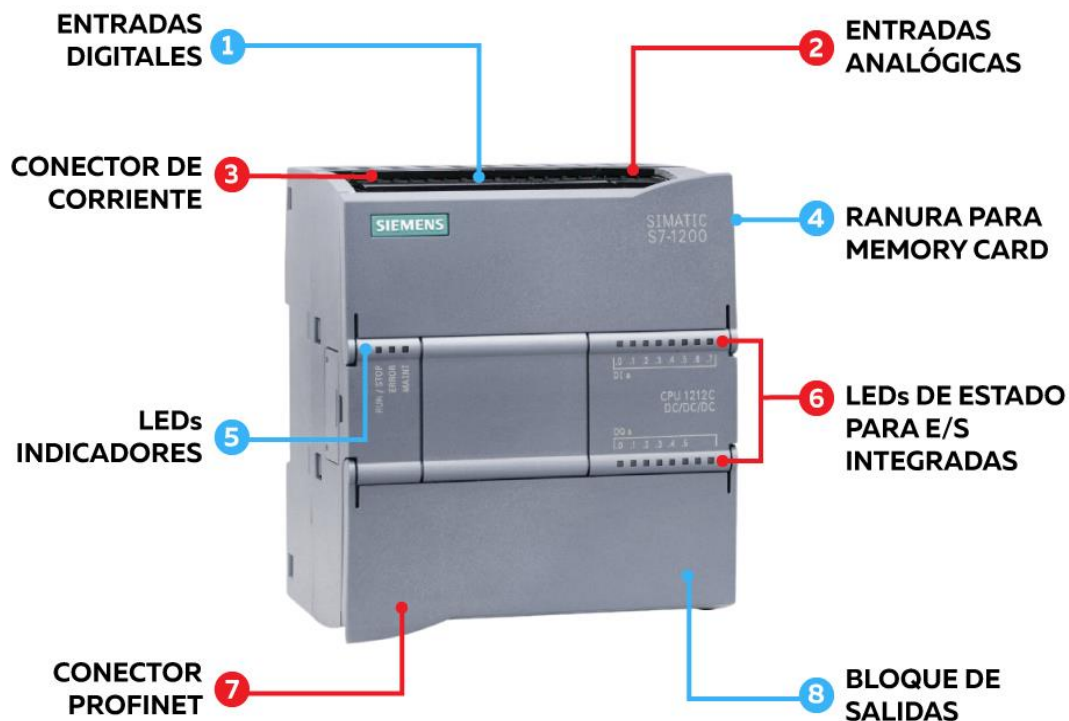
PLC Logo Siemens

El PLC siemens logo es el autómata más pequeño que fabrican, diseñado y utilizado para realizar automatizaciones domesticas o pequeñas aplicaciones industriales, lo que hace muy económico su adquisición.



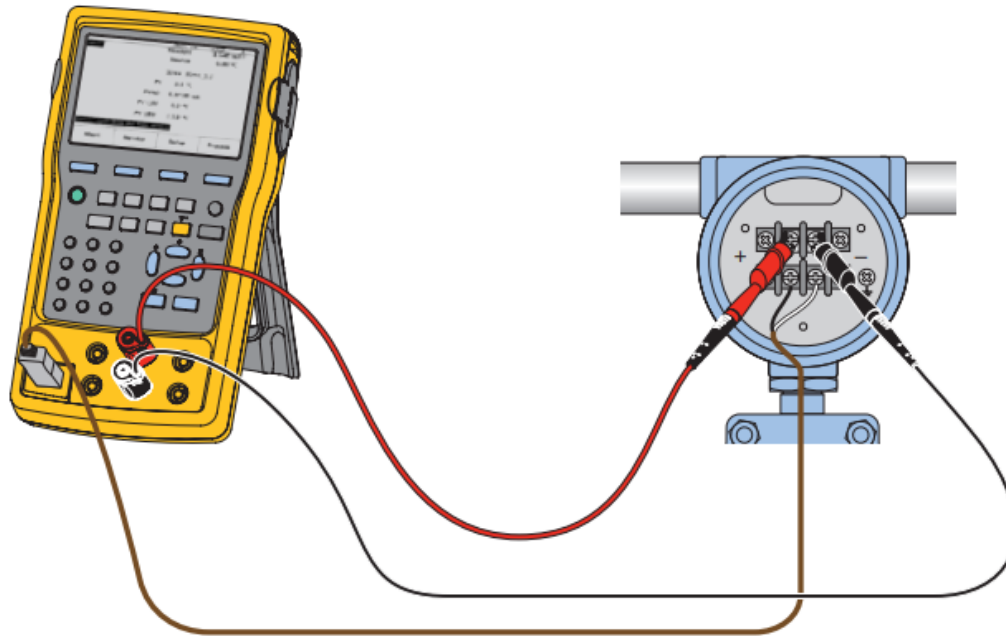
PLC S7 1200

Se trata de un controlador compacto que facilita la realización de tareas productivas sencillas, pero de alta precisión. Su diseño, es escalable y flexible, en sus cinco CPU's, y reduce los requisitos de espacio en el cuadro de control.

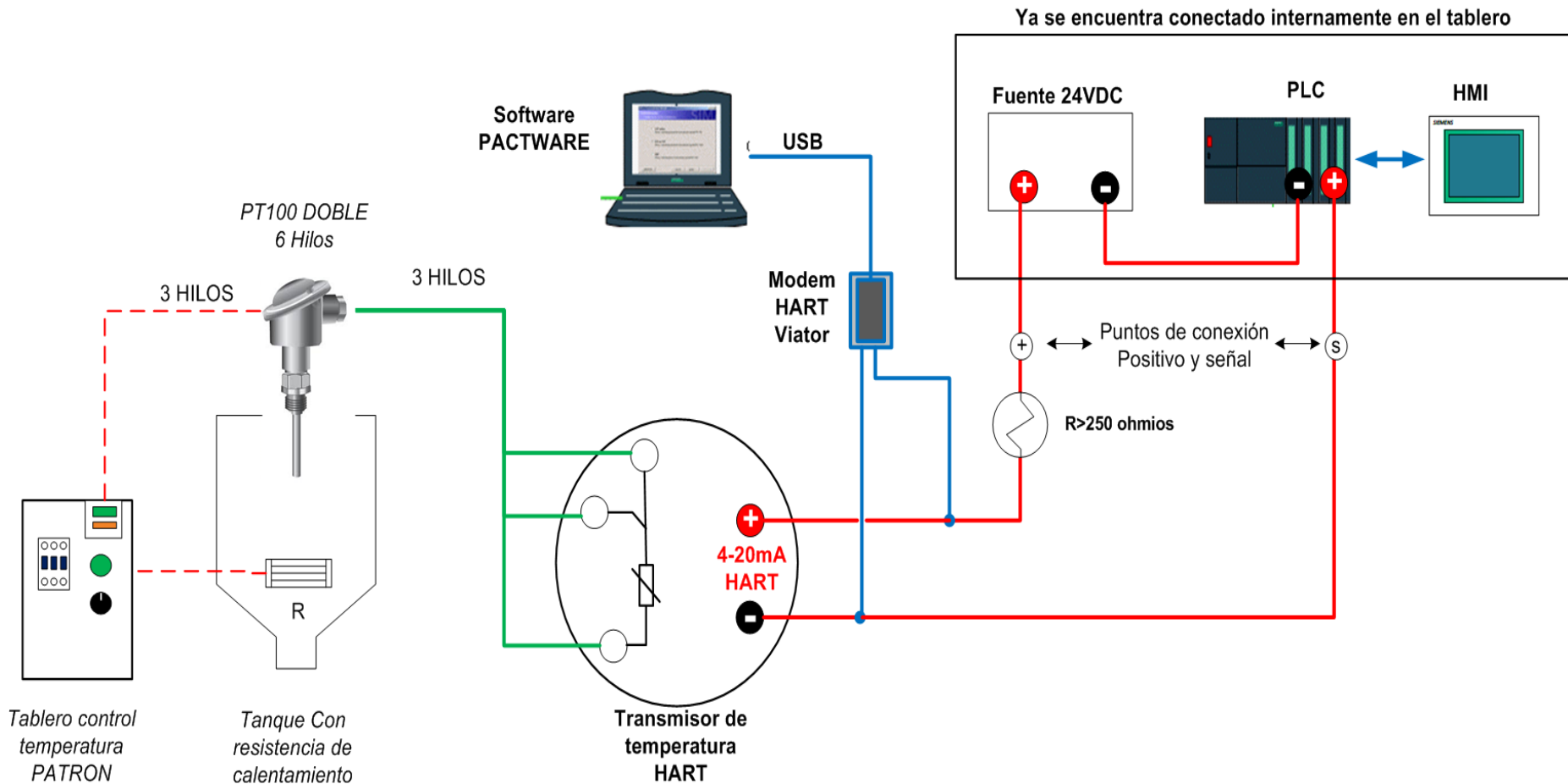


Calibrador de Procesos Fluke 754

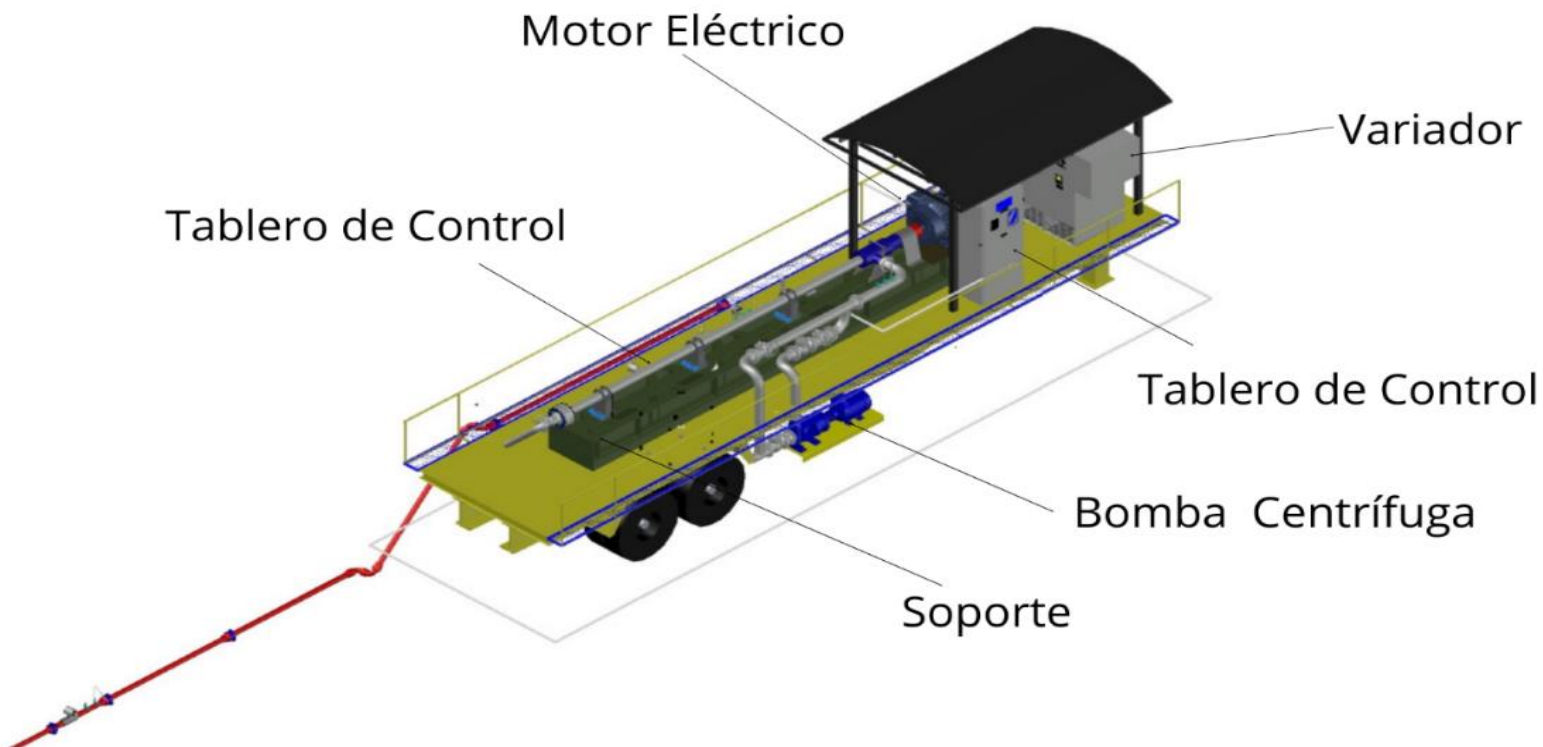
El Fluke 754 es un calibrador de procesos multifunción de alta precisión que se utiliza para calibrar, configurar y probar dispositivos de medición de procesos como transmisores de presión, temperatura, flujo, nivel y otros instrumentos similares



Protocolo HART



Descripción de la situación Inicial



Selección de Actuador Eléctrico

Se considera tres tipos de actuadores

	VB030M	J+J J4C	AME 685
Factor	Características		
IP	68	67	54
Mantenimiento	Mensual	Anual	Trimestral
Temperatura (°C)	-20 a 55	-20 a 70	-40 a 70
Voltaje (V)	24	24	24
Torque Limitante	STD	25N*m	STD
Tiempo de trabajo (s)	8	10	2,7
Costo	Medio	Bajo	Elevado
Peso (Kg)	3,3	1,8	7,5

Selección de Actuador Eléctrico

Evaluación de los criterios

Factor	Peso	VB030M		J+J J4C		AME 685	
		Puntaje	Evaluación	Puntaje	Evaluación	Puntaje	Evaluación
IP	30%	5	1,5	4	1,2	2	0,6
Mantenimiento	15%	1	0,15	5	0,75	3	0,45
Temperatura	10%	3	0,3	4	0,4	5	0,5
Voltaje	15%	5	0,75	5	0,75	5	0,75
Torque Limitante	5%	3	0,15	4	0,2	3	0,15
Tiempo de trabajo	5%	3	0,15	2	0,1	5	0,25
Precio	10%	4	0,4	5	0,5	2	0,2
Peso	10%	4	0,4	5	0,5	2	0,2
Total	100%		3,4		3,9		2,9

Actuador Eléctrico J+J J4C

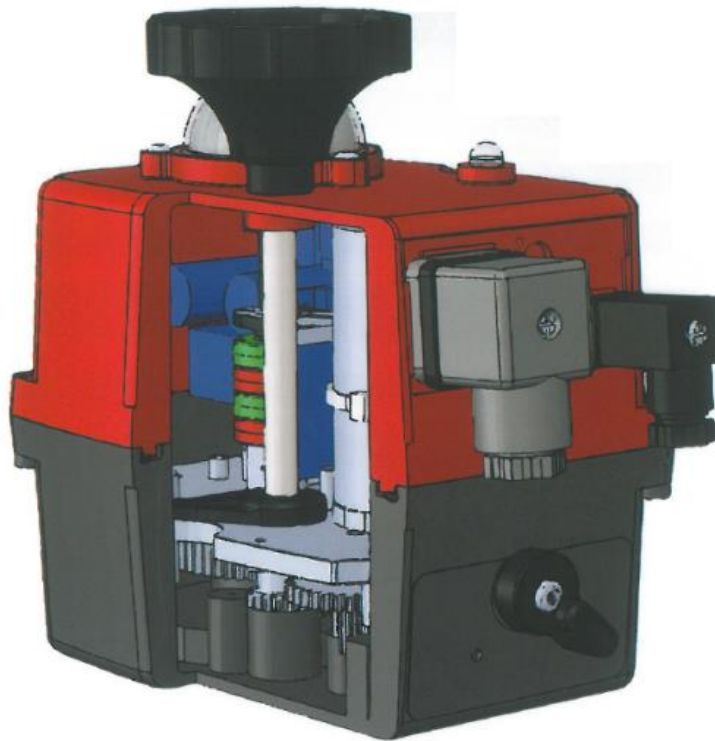
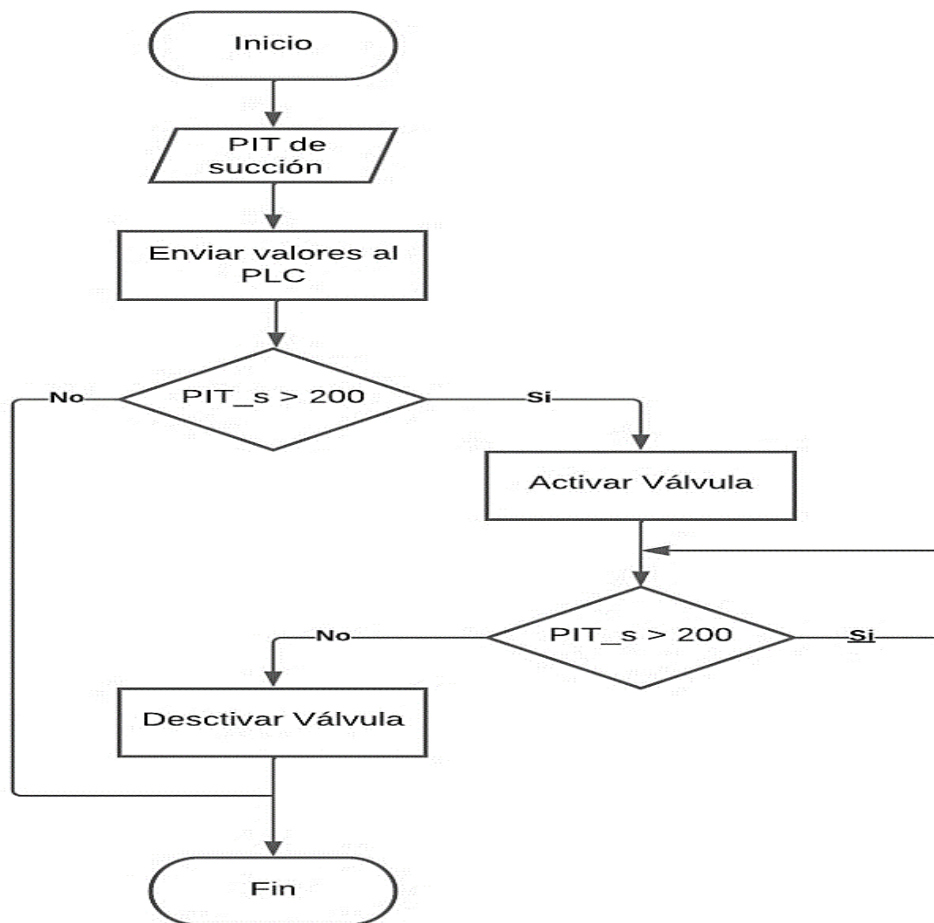


Diagrama de Flujo



LOGO Sift

LOGO SF002 [Conmutador analógico de valor umbral]

Parámetros Comentario

Parámetro
Nombre de bloque:

Sensor
Sensor: 4 ... 20 mA

Configuración analógica

Rango de medida	Parámetro
Mínimo: 0	Gain: 0,63
Máximo: 504	Offset: -126

Valor umbral

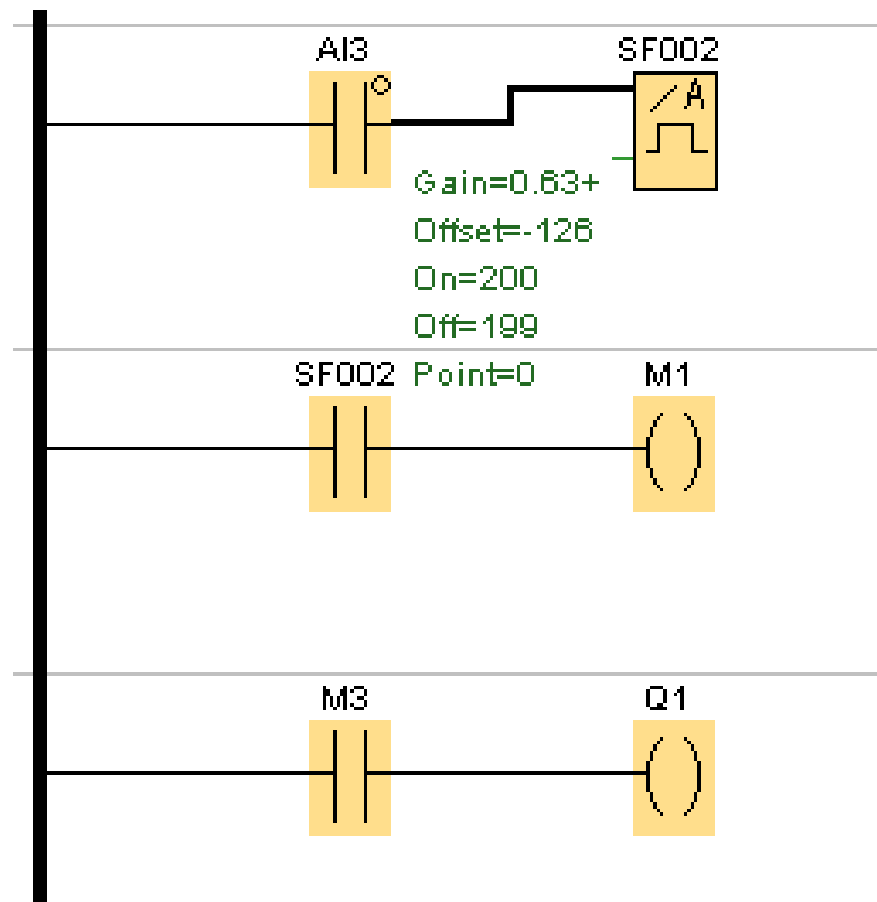
ON
200 Referencia

OFF
199 Referencia

Posiciones decimales
Decimales en el texto de aviso: 0 +12345

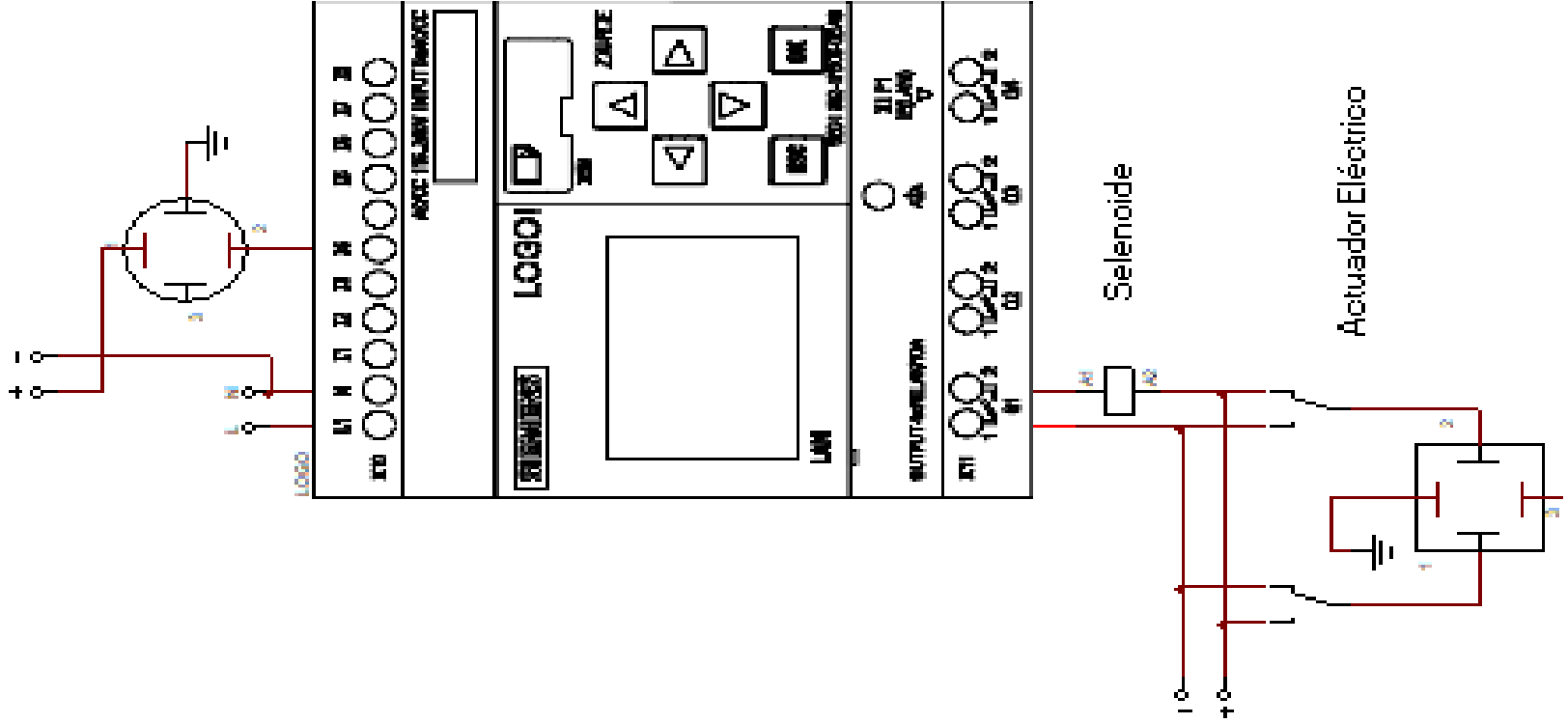
Otros
 Protección activa

Aceptar Cancelar Ayuda



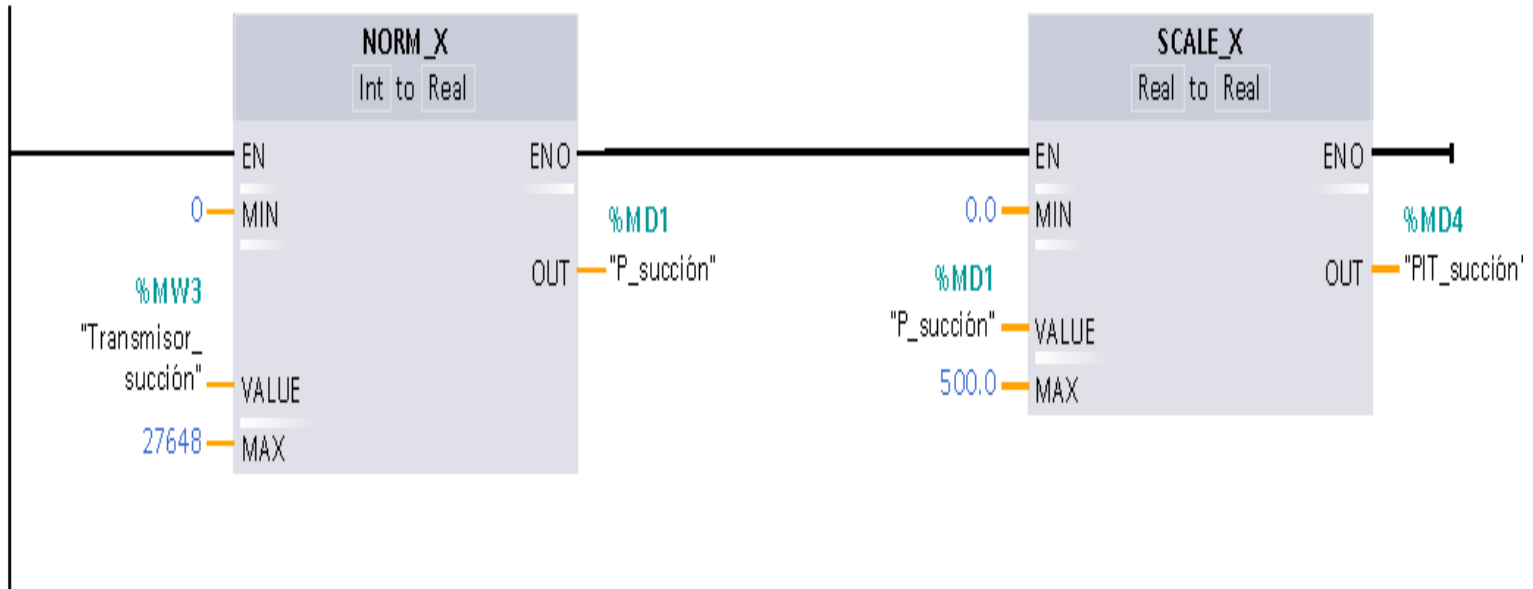
Conexión con LOGO

PIT (Transmisor de presión)



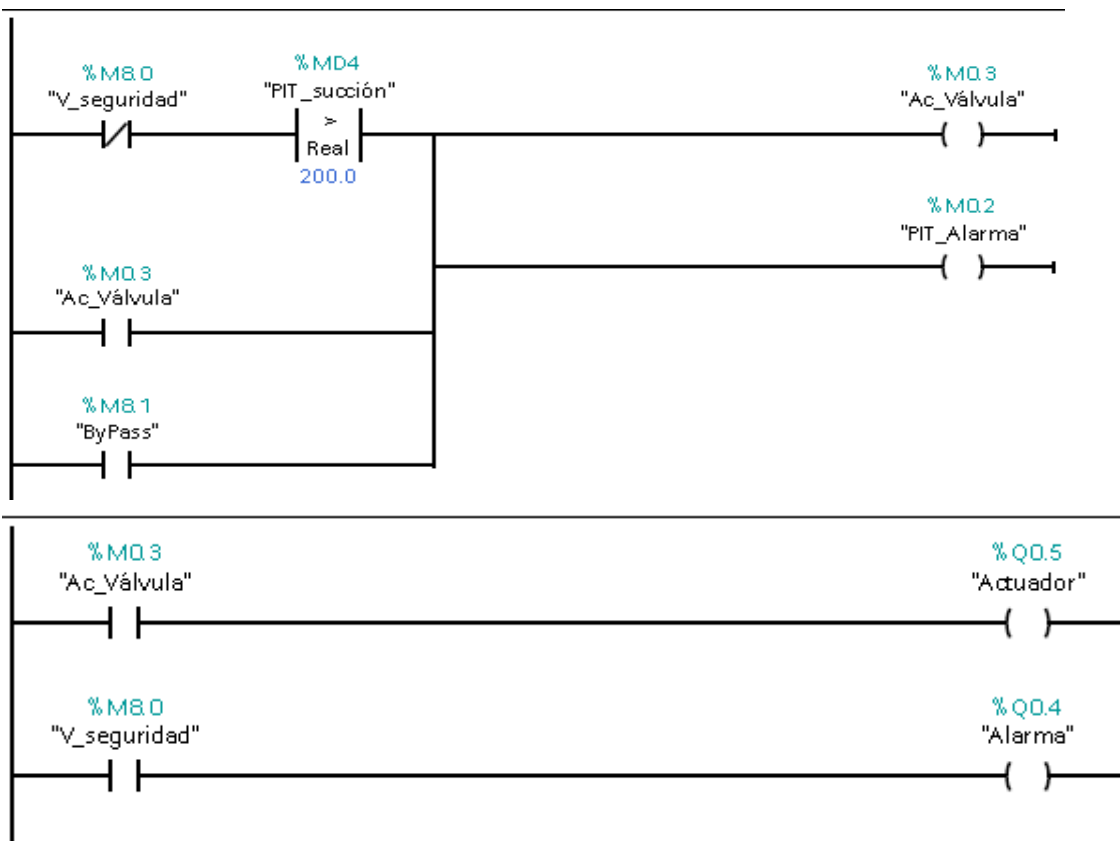
Tía Portal

Se normaliza y escala los valores

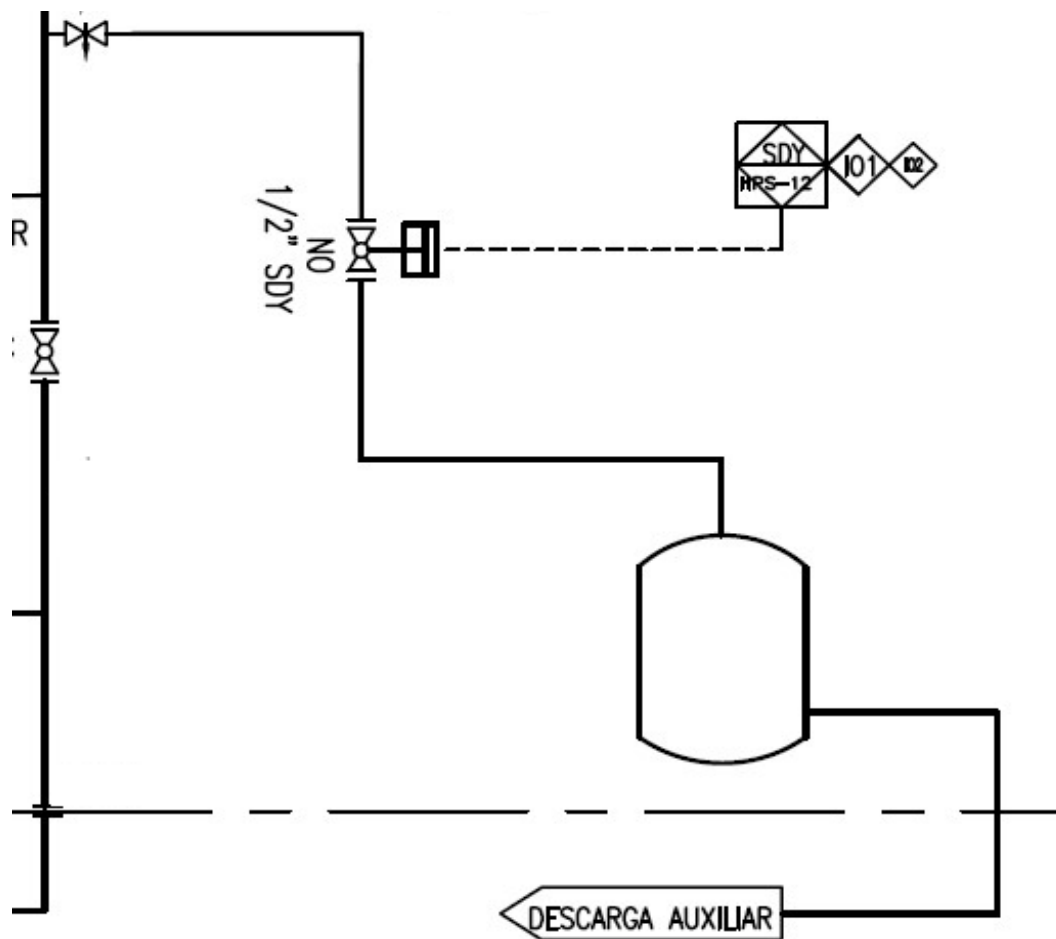


Tía Portal

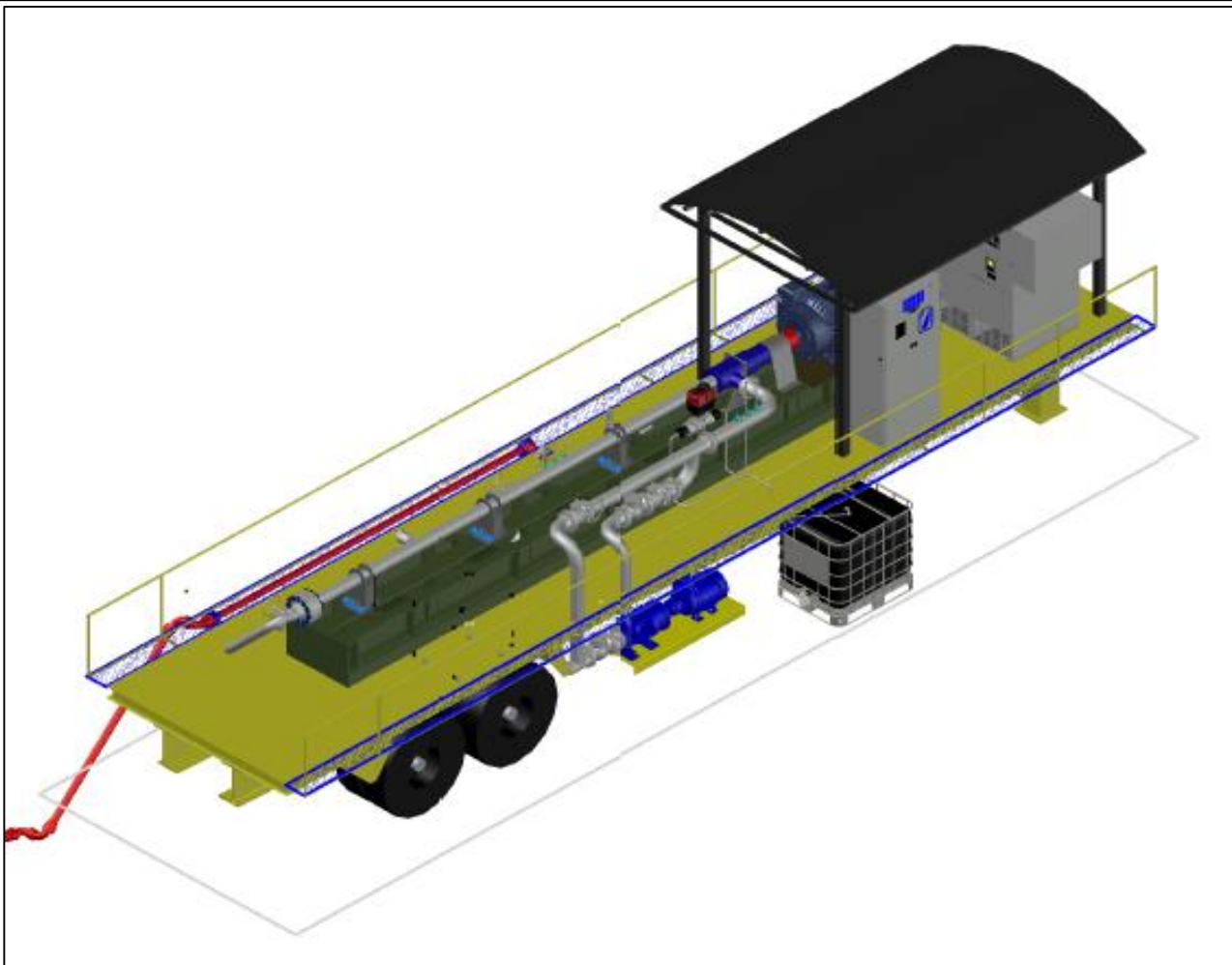
Diagrama Ladder



Implementación Diagrama P&ID



Implementación en CAD



Implementación Física



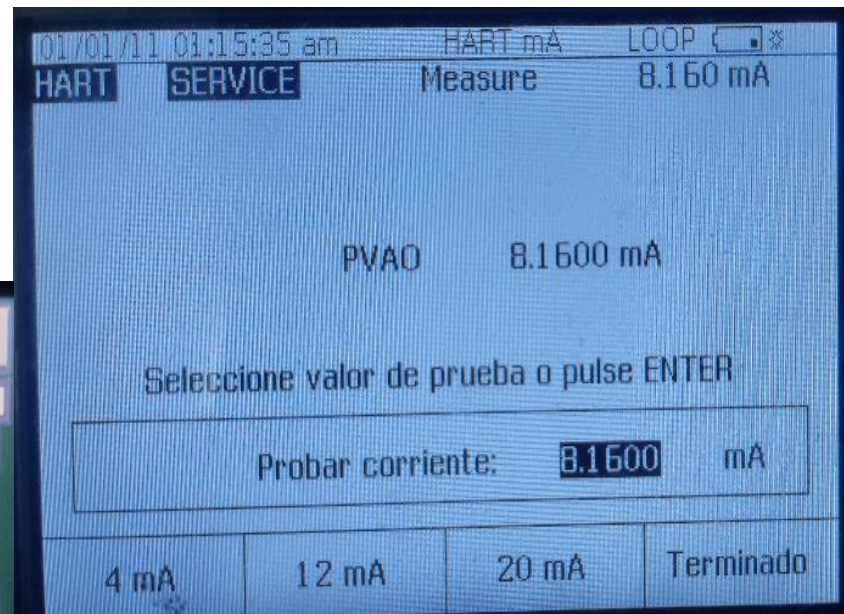
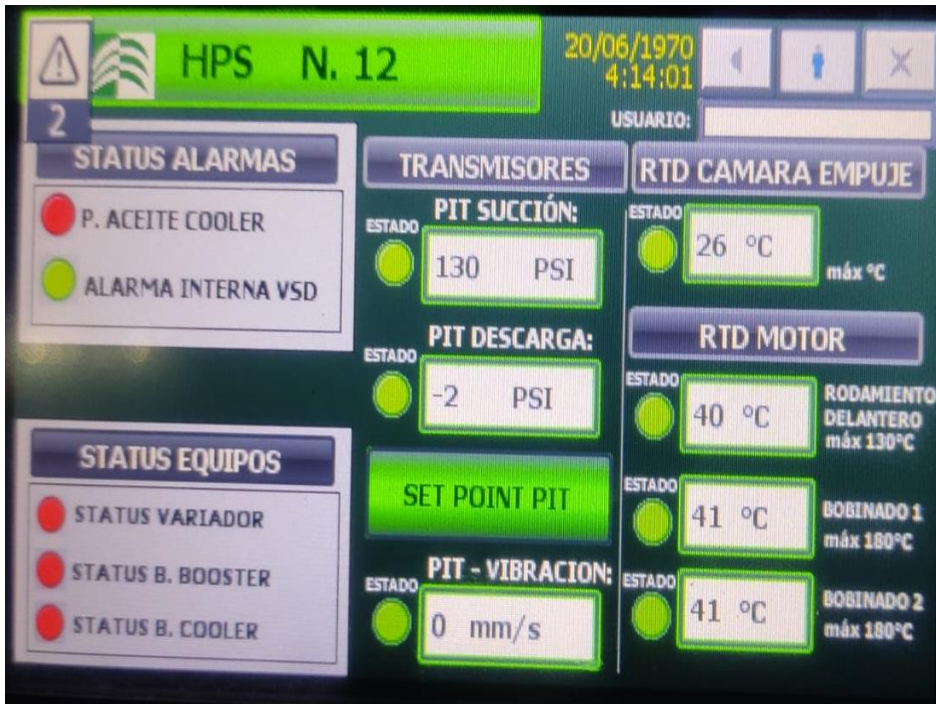
Pruebas

Para las pruebas de funcionamiento se utiliza el método de las pruebas del lazo en el banco de pruebas del Campanento Carlos Robayo Lopez, con el uso de un calibrador de procesos certificado de acuerdo al Anexo H, aplicando el protocolo HART, de tal forma que se emiten señales de voltaje con el dispositivo en lugar del transmisor.



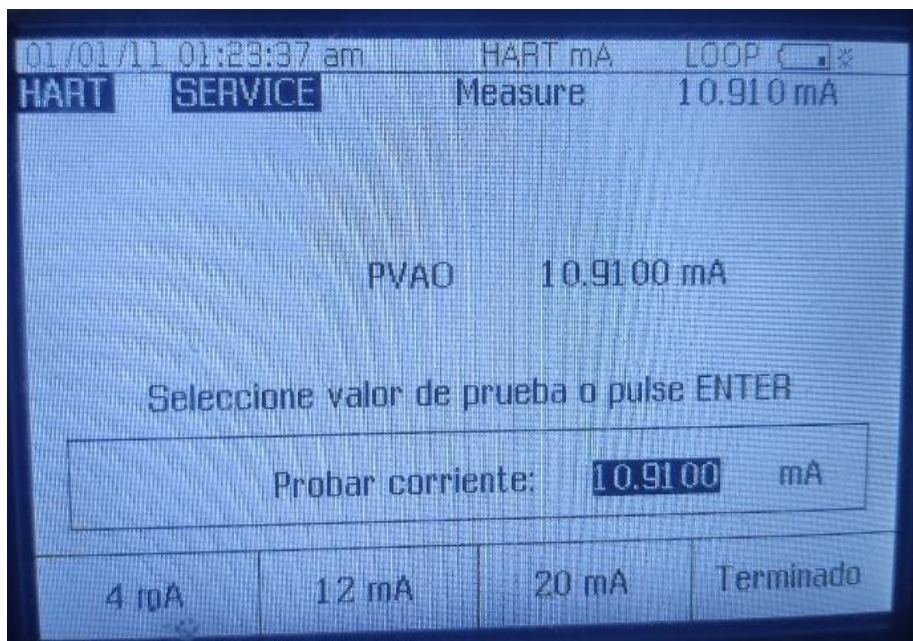
Pruebas de lazo

Valores obtenidos al realizar la prueba de lazo



Pruebas de lazo

Valores obtenidos al realizar la prueba de lazo



Activación de la válvula

Se activa la válvula



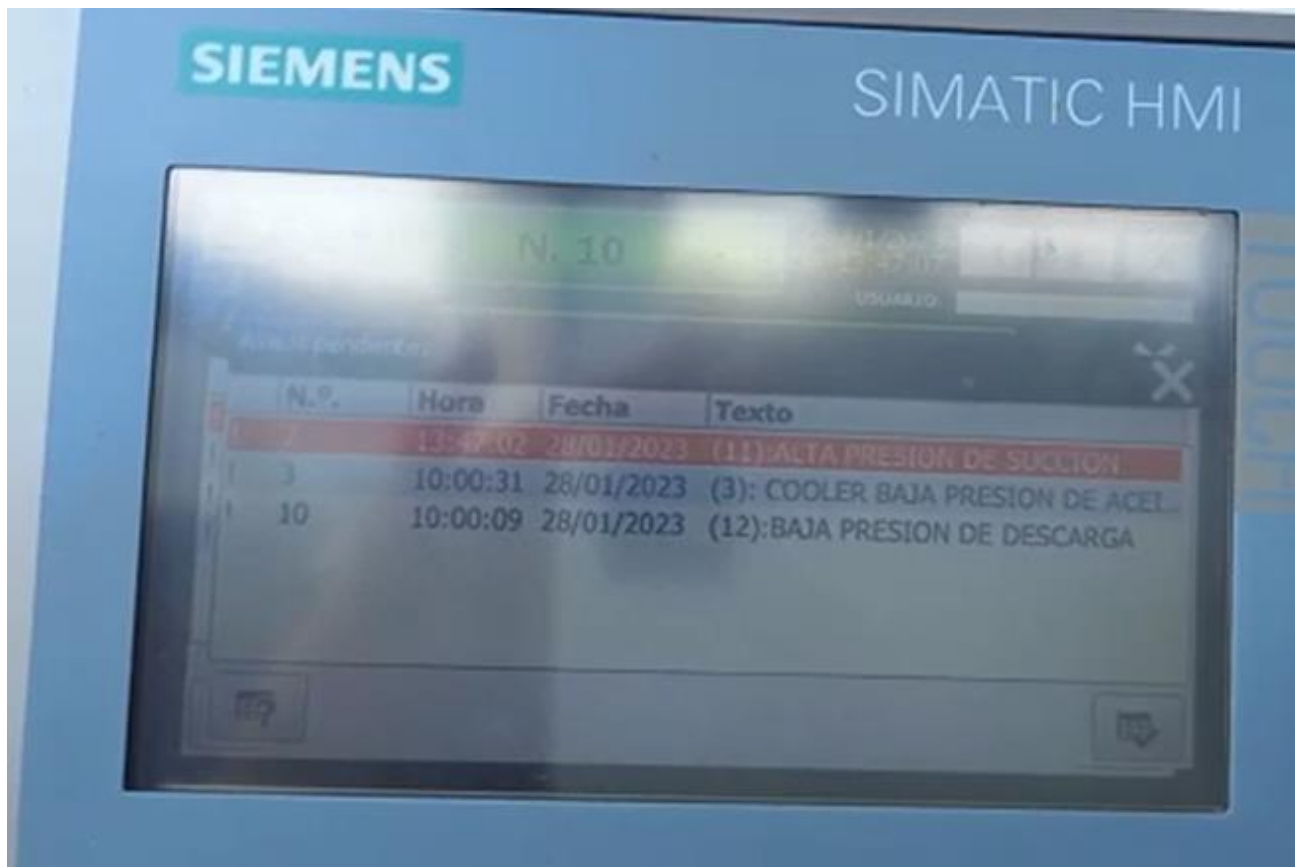
Resultados

Resultados de pruebas con Procesador de procesos y actuador

Hart (mA)	PSI	Válvula
4,25	8	Cerrado
5,28	40	Cerrado
8,16	130	Cerrado
8,89	153	Cerrado
10,91	216	Abierto
12,56	268	Abierto

Reporte en Campo

Reporte de falla en campo



Análisis costo beneficio

En base a OT de las unidades HPS 04, HPS 05, HPS 06

Equipo	Número De Sellos	Horas De Parada	Costo De Mano De Obra
HPS 04	17	31,5	10
HPS 05	26	66	10
HPS 06	16	29,5	10
Total Promedio	19,67	42,33	10

Equipo	Número de Sellos	Precio de Sello	Total Costo Sellos
HPS 04	17	574,66	9769,22
HPS 05	26	574,66	14941,16
HPS 06	16	574,66	9194,56
Total Promedio	19,67	574,66	11301,65

Análisis costo beneficio

En base a OT de las unidades HPS 04, HPS 05, HPS 06

Equipo	Horas de Parada	Precio Parada	Total Parada
HPS 04	31,5	141,30	4450,85
HPS 05	66	141,30	9325,58
HPS 06	29,5	141,30	4168,25
Total promedio	42,33	141,30	5981,56

Equipo	Horas De Parada	Mano De Obra	Total Mano De Obra
HPS 04	31,5	10	315
HPS 05	66	10	660
HPS 06	29,5	10	295
Total promedio	42,33	10	423,3

Análisis costo beneficio

En base a OT de las unidades HPS 04, HPS 05, HPS 06

Equipo	TOTAL		
	Gasto Sellos	Parada	Mano De Obra
HPS 04	9.769,22	4.450,85	315,00
HPS 05	14.941,16	9.325,58	660,00
HPS 06	9.194,56	4.168,25	295,00
Promedio	11.301,65	5.981,56	423,33

Costo de implementación

Implemento	Precio	Cantidad	Unidad	Costo (\$)
Válvula	801,89	1	EA	801,89
Tubing 3/8	77,86	2	EA	155,72
Conectores	22,00	4	EA	88,00
Cables	0,26	100	EA	26,00
Relés	16,21	1	EA	16,21
Terminal	41,88	1	EA	41,88
Reductores	2,47	2	EA	4,94
Insumos	50,00	1	EA	50,00
Mano De Obra	10,00	40	Horas	400,00
Total				\$ 1.584,64

Validación de Hipótesis

HPS 04	
Enero	2,00
Febrero	6,00
Marzo	1,00
Abril	2,00
Julio	1,00
Agosto	1,00
Septiembre	1,00

HPS 12	
Diciembre	0
Enero	0

	HPS 04	HPS 12
\bar{x}	2,00	0
n	7	1
Covarianza	3,33333333	0

Cálculos T-Student

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_c^2}{n_1} + \frac{S_c^2}{n_2}}}$$

$$S_c^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$S_c^2 = 3,333333$$

$$t < t_{\left(1-\frac{1}{2}\right)(n_1+n_2-2)}$$

$$1,02469508 < 2,36462425$$

Análisis

Es decir, que el valor para la implementación del equipo de despresurización tiene un costo total de \$ 1.584,64. Por otra parte, teniendo en consideración los altos costos que se generan por los cambios continuos de sellos en los equipos HPS, que en promedio bordean alrededor de los \$ 18.000,00, la implementación es una inversión mínima y enfocada en el mejoramiento continuo.

Al implementar el control automático en la cámara de succión y realizar los mantenimientos preventivos programados para la unidad, se espera que tanto los sellos mecánicos como las válvulas, se mantengan en las mejores condiciones y alarguen su vida útil, de igual manera se busca evitar en gran medida la interrupción de operaciones, es decir, que los equipos operen en las mejores condiciones para cumplir con las especificaciones del cliente, en este caso de PETROECUADOR.

Conclusiones

- La implementación de la válvula alarga la vida útil del sello mecánico de acuerdo a lo esperado, adicional el costo de implementación es bajo en comparación al gasto promedio anual de la unidad en la reparación de sellos mecánicos, de tal forma que el proyecto cumple con las expectativas esperadas y con los objetivos planteados inicialmente.
- Se ha utilizado información recopilada en el marco teórico, así como información interna de las unidades identificando los componentes del equipo y su necesidad, reconociendo que la unidad HPS se encuentra semiautomatizada dado que ya posee alarmas de fallas con identificación de reportes de fallas.
- Se utiliza el protocolo HART acompañado de un escalamiento en la programación Ladder para el análisis comparativo de la presión e identificar si existe sobrepresión para que el actuador se active inmediatamente y pueda abrir la válvula despresurizando la línea.
- Se realizan pruebas de lazo con la unidad parada, emitiendo señales de corriente a través de un calibrador de procesos, para identificar el funcionamiento correcto del actuador al abrir o cerrar la válvula obtenidos resultados exitosos que prevén el correcto funcionamiento en campo.

Recomendaciones

- Los daños o paradas por fallos de los equipos repercuten en la empresa de forma económica, así como de imagen ante la competencia, debido que el requerimiento del cliente es tener un sistema que trabaje continuamente y las paradas sean programas solo para mantenimientos preventivos.
- Estudiar la situación e identificar las variables requeridas para generar un programa simple, dado que la complejidad de un programa o sistema es proporcional a la probabilidad de fallas.
- Utilizar los dispositivos adecuados para realizar las pruebas, así como el equipo de protección personal para realizar trabajos sobre la unidad, tomando en cuenta que se trata de un sistema industrial por lo cual la mala manipulación de dispositivos o la poca protección puede ser bastante peligroso.

Gracias por su atención



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA