



U.N.A.M.

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA E INDUSTRIAL

AUTOMATIZACIÓN DE UN TANQUE SEPARADOR HORIZONTAL PARA UNA PLANTA
GEOTÉRMICA DE 500 KW

MODALIDAD DE TITULACIÓN:
“EXPERIENCIA PROFESIONAL”

NOMBRE DEL ALUMNO: ESAÚ LUIS MONROY LÓPEZ

NÚMERO DE CUENTA: 306022942

CARRERA: INGENIERÍA MECATRÓNICA

PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO

ASESOR: M.I. FRANCISCO DANIEL SORIA VILLEGAS

AÑO: 2015

NOMBRE DE LA EMPRESA:

ENERGIAS ALTERNAS, ESTUDIOS Y PROYECTOS SA DE CV

TÍTULO:

AUTOMATIZACIÓN DE UN TANQUE SEPARADOR HORIZONTAL PARA UNA PLANTA
GEOTÉRMICA DE 500KW

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVO	2
3. Descripción de la empresa	2
4. Descripción del puesto de trabajo	3
5. Automatización de un tanque separador horizontal para una planta geotermoeléctrica de 500KW	4
5.1. Criterios de diseño	5
5.2. Volumen del tanque separador horizontal	6
5.3. Altura de nivel bajo	7
5.4. Altura de nivel alto	8
5.5. Caudal de entrada de salmuera	8
5.6. Tiempo de llenado nivel bajo, nivel alto y total	9
5.7. Coeficiente de flujo válvula de control.....	10
6. Controlador ON-OFF.....	11
6.1. Diagrama de bloques	12
6.2. Modelado del sistema.....	12
6.3. Lógica del sistema	13
7. Instrumentación del sistema.....	13
7.1. Interruptor de Nivel líquido Tipo Horquilla vibrante	14
7.2. <i>Válvula de bola con actuador eléctrico</i>	14
7.3. <i>Visor de nivel tipo REFLEX</i>	15
7.4. <i>Placa orificio</i>	15
7.5. <i>Trampa de vapor</i>	15
8. Diagramas de conexión eléctrica	16
9. Costos de instrumentación y control	17
10. Mantenimiento	17
11. Resultados	20
12. CONCLUSIONES	20
13. BIBLIOGRAFÍA	21

1. INTRODUCCIÓN

El informe de este proyecto se realizó con el fin de automatizar un tanque separador horizontal que operara en una planta geotermoeléctrica de 500 [kW].

El proceso utilizado para generar energía eléctrica con vapor geotérmico en la planta de 500 [kW], se realiza a partir de los siguientes elementos:

Pozo geotérmico: Es la perforación en la corteza terrestre, que comunica al yacimiento con la superficie, mediante el cual se extrae fluido geotérmico (mezcla de agua y vapor).

Tanque separador: Este elemento realiza la función de recibir la mezcla de agua y vapor a alta presión y temperatura, para realizar la separación del vapor con una calidad del 97%.

Tanque secador: Elemento que recibe el vapor con una calidad del 97% y extrae la humedad restante al vapor, para poder utilizarlo con una calidad del 99.9% y así generar energía mecánica.

Turbina de vapor: Elemento que funciona con vapor a una presión de 9 [bar], haciendo girar los alavés para generar energía mecánica en el eje de la turbina.

Generador eléctrico: Elemento que transforma la energía mecánica en energía eléctrica.

Transformador eléctrico: Elemento que aumenta la tensión eléctrica con la que se alimenta, para obtener una tensión eléctrica a la salida de mayor valor.

Red de distribución eléctrica: Su función es el suministro de energía eléctrica.

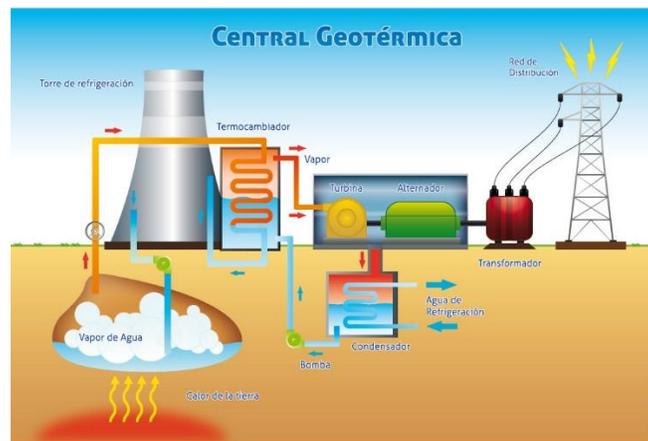


Figura 1. Esquema general de una central geotermoeléctrica (www.foroconsultivo.org.mx)

La problemática a solucionar se enfoca en mantener la altura de nivel del líquido que permanece en el tanque separador horizontal en un rango predeterminado de manera automática, esto para evitar tener un operario de manera permanente observando como varía el nivel de líquido en el tanque, para abrir y cerrar la válvula de control, todo esto dependiendo de su criterio y condición física.

El control en el tanque separador horizontal se enfoca hacia la solución del control automático para mantener en el tiempo alta eficiencia con los mantenimientos pertinentes.

La automatización depende del rango en las alturas de operación y las señales de control.

El proceso de control en el tanque separador, es de gran importancia, ya que este elemento se encarga de eliminar la mayor cantidad de humedad que lleva el vapor, por tal motivo se debe de contar con sensores que detecten el nivel de líquido en el tanque, que no sean afectados por el vapor y además por la alta presión y temperatura, esto para enviar las señales de control adecuadas al elemento que restringe la entrada y salida del condensado.

2. OBJETIVO

Instrumentar un tanque separador horizontal y controlar el nivel de líquido en el tanque separador.

3. Descripción de la empresa

ENAL (Energías Alternas, Estudios y Proyectos S.A. de C.V.) es una empresa de ingeniería especializada en el desarrollo de proyectos geotermoeléctricos desde su fase inicial de identificación del recurso hasta la fase final de generación de energía eléctrica. Cubre con su personal altamente calificado todas las especialidades que se requieren en un proyecto y además cuenta con un equipo de asesores externos que los apoyan en asuntos puntuales.

ENAL cuenta con una red mundial de socios tecnológicos para resolver problemas técnicos, de suministro de insumos, software científico o de servicio de herramientas especializadas en el desarrollo de proyectos científicos/geotérmicos.

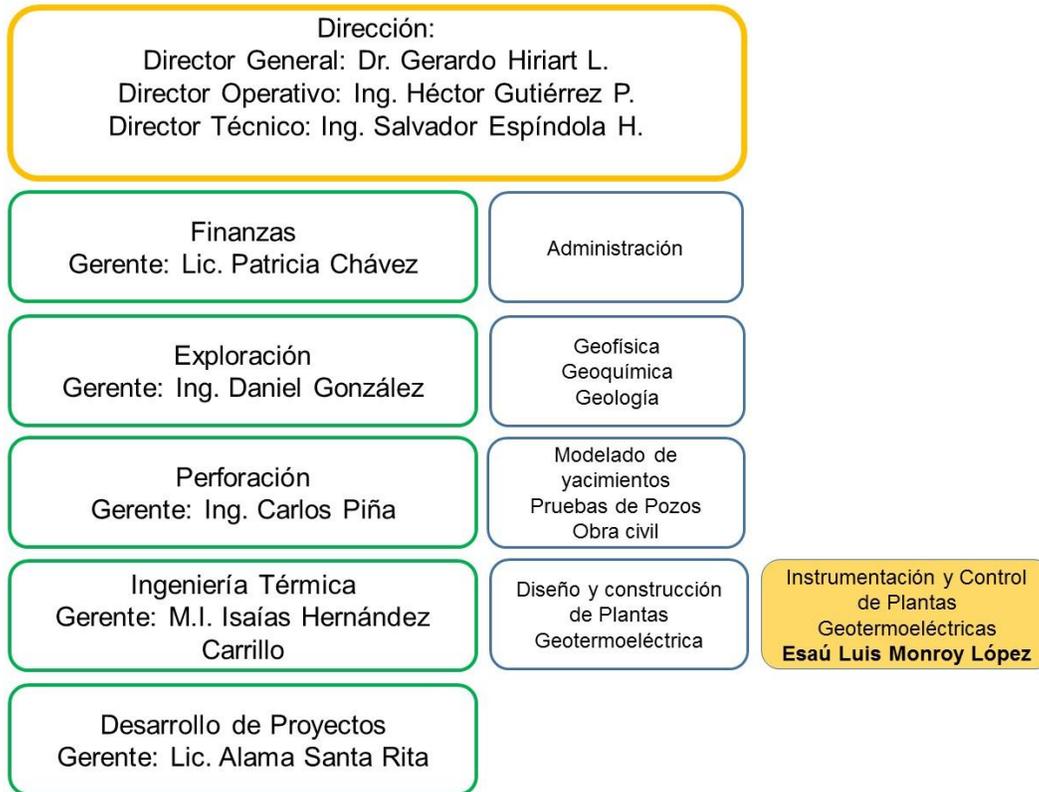
Misión:

Brindar servicios especializados en Energía Renovable, Eficiencia Energética, Desalación de Agua y Desarrollo de Proyectos Integrales.

Visión:

Posicionar a "ENAL, Energías Alternas Estudios y Proyectos S.A de C.V", como una empresa referente nacional e internacional de ingeniería de alto nivel. Una empresa líder en brindar servicios y consultoría integral de Ingeniería aplicada.

ORGANIGRAMA



4. Descripción del puesto de trabajo

Puesto: Becario en Instrumentación y Control

Funciones: Diseño y selección de los controladores e instrumentación para los sistemas de nivel de líquido en un tanque separador horizontal y el sistema de presión de vapor en una línea de tubería para una planta geo-termo-eléctrica de 500 KW.

Manejo de software de diseño mecánico, interpretación de diagramas, diseño de diagramas de tuberías e instrumentación, investigación técnica, desarrollo y seguimiento de proyectos.

El puesto ocupado como becario en instrumentación y control me permite especializarme en la instrumentación y control con que se realizan los controladores en las plantas geotermoeléctricas, los tipos de equipos utilizados para temperatura y presiones elevadas, además de los diferentes métodos de control utilizados.

Las expectativas de crecimiento son elevadas, ya que se puede llegar a realizar la automatización completa de toda la planta geotermoeléctrica por medio de un sistema

SCADA, el cual permitiría monitorear, visualizar y controlar todas las variables de la planta, ya sea presión, nivel, flujo, corriente, voltaje, etc.

5. Automatización de un tanque separador horizontal para una planta geotermoeléctrica de 500KW

El separador horizontal bifásico realiza el proceso de separación de mezcla de agua y vapor, la cual proviene del pozo geotérmico, la mezcla de fluidos que entra por un extremo del tanque, al hacerlo choca contra un elemento giratorio el cual le imprime fuerza centrífuga a las fases líquida y gaseosa, ayudando a que se separen y al hacerlo, el líquido cae por la atracción de la fuerza de gravedad hacia la parte inferior del tanque; la zona donde se presenta esta separación inicial de fluidos se puede considerar como la sección de separación primaria.

Como en el separador horizontal no hay un trayecto en dirección vertical apreciable por donde pueda viajar el gas y permitir que parte de las gotas de líquido que ha arrastrado caigan, se recurre a medios mecánicos para retirarle la humedad al gas; por este motivo el gas se hace pasar por una serie de placas, llamadas placas de rectificación o un mecanismo llamado eliminador de niebla con las cuales va establecer contacto con el gas y al hacerlo, gran parte de las gotas de líquido que está arrastrando se adherirán a las placas y luego caerán al fondo del separador; esta sección de rectificación viene a desempeñar la función de la sección de separación secundaria.

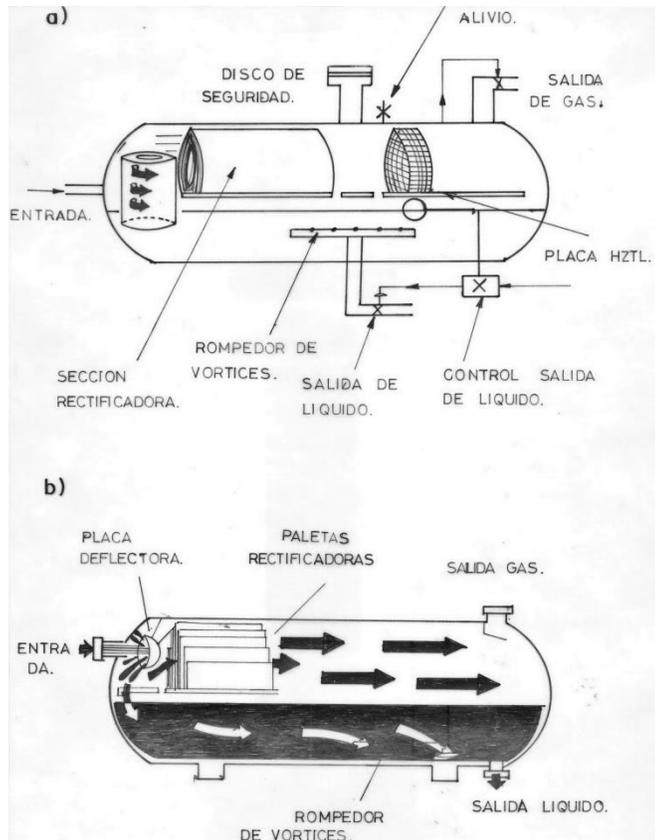


Figura 2. Partes de un tanque separador horizontal

<http://instructivoseparador.blogspot.mx/p/funcionamiento-de-un-separador.html>

5.1. Criterios de diseño

A la entrada del separador se tiene un flujo másico de vapor de 4.16 [kg/s]. La presión de operación es de 9.87 [Bara]. Las calidades esperadas de entrada y salida son de 30% y 97.5% respectivamente.

En las siguientes tablas se muestran los criterios de diseño del tanque separador horizontal utilizados para el presente trabajo y sus dimensiones.

Tabla 1. Criterios de Diseño

Criterios de diseño			
P_{op}	Presión de operación del separador	9.87 Bara	143 psia
P_D	Presión de diseño	19.3 Bara	280psia
P_{atm}	Presión atmosférica en el DSP	0.87	Bara

dm/dt_v	Flujo másico de vapor	4.2 Kg/s	15 Ton/h
X_e	Calidad de entrada al separador	30	%
X_s	Calidad de salida del separador	99.9	%
vel_{em}	Velocidad de entrada de mezcla	32.5	m/s
vel_{ss}	Velocidad de salmuera	1.5	m/s

Tabla 2. Dimensiones Tanque separador Horizontal

Dimensiones Tanque separador Horizontal		
DN_{em}	Diámetro de entrada de mezcla	203mm (8")
DN_{sv}	Diámetro de salida de vapor	203mm (8")
DN_{ss}	Diámetro de salida de salmuera	102mm (4")
D_{sep}	Diámetro del separador	1066mm (42")
L_{sep}	Longitud del separador	4000mm
t	Espesor del cuerpo del tanque	19.05mm (0.75")

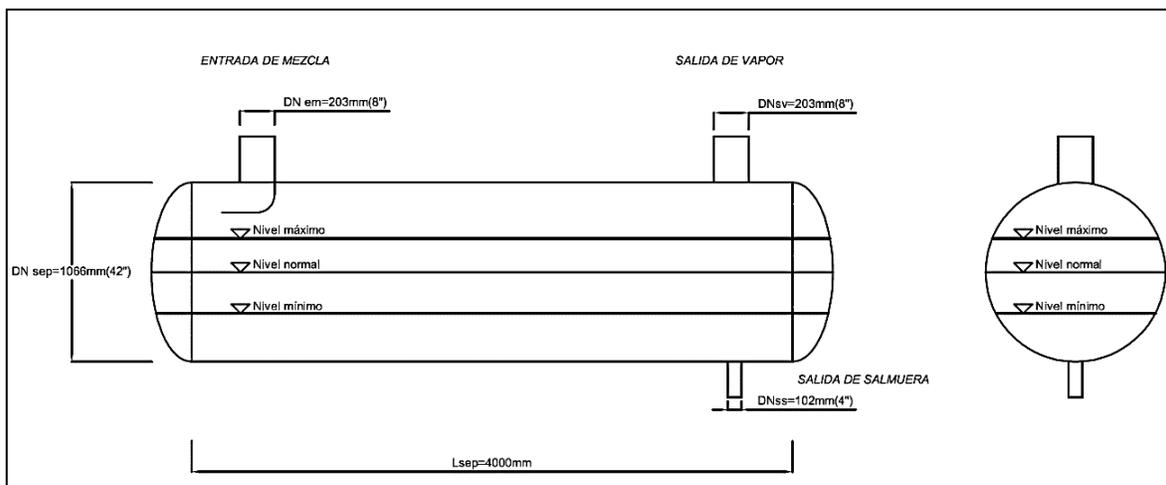


Figura 3. Dimensiones del separador (Diseño tanque separador horizontal. Criterios de diseño)

5.2. Volumen del tanque separador horizontal

Para determinar la capacidad de condensado que contendrá en su totalidad el tanque separador, se calcula su volumen total, con las dimensiones mostradas en la tabla 2.

$$V_{\text{Total}} = V_{\text{cilindro}} + 2 * V_{\text{toriesferica}}$$

$$V_{\text{Total}} = (\pi * (r - t)^2 * h) + \left[(2) \left(\frac{2}{3} * \pi * r^2 * h \right) \right]$$

$$V_{\text{Total}} = [(\pi * (0.533 - 0.01905)^2 * 4)] + \left[(2) \left(\frac{2}{3} * \pi * 0.533^2 * 0.3 \right) \right]$$

$$V_{\text{Total}} = 3.93 [m^3] = 3930[L]$$

5.3. Altura de nivel bajo

Para determinar la altura de nivel bajo, en la que debe operar este tanque separador horizontal, se utilizó el procedimiento de diseño de separadores horizontales [Svreck, 1993], el cual utiliza la siguiente tabla:

Tabla3. Altura de nivel bajo de liquido

Diámetro del tanque separador	Altura Nivel Bajo		
	Separador Vertical		Separador Horizontal
	LL	LL	LL
	<300 psia	>300 psia	
<= 4 ft	15 in	6 in	9 in
6 ft	15 in	6 in	10 in
8 ft	15 in	6 in	11 in
10 ft	6 in	6 in	12 in
12 ft	6 in	6 in	13 in
16 ft	6 in	6 in	15 n

$$H_L = 9 \text{ [in]}$$

5.4. Altura de nivel alto

Para determinar la altura de nivel alto con las recomendaciones referentes al procedimiento de diseño de separadores horizontales [Svercek, 1993], la distancia mínima de la parte superior del tanque hasta la altura mínima de nivel alto, es de 12[in].

$$H_H = 27 \text{ [in]}$$

5.5. Caudal de entrada de salmuera

Con los criterios de diseño de flujo másico de vapor y las calidades a la entrada y a la salida del separador se calcula el caudal de entrada y salida de líquido (salmuera).

$$\dot{m}_{\text{mezcla}} = \dot{m}_{\text{vapor}} + \dot{m}_{\text{líquido}}$$

$$x_{\text{entrada}} = 30\%$$

$$\dot{m}_{\text{mezclaIN}} = \frac{\dot{m}_{\text{vapor}}}{x_{\text{entrada}}} = \frac{4.2 \left[\frac{Kg}{s} \right]}{.30} = 14 \left[\frac{kg}{s} \right]$$

$$\dot{m}_{\text{mezclaIN}} = 14 \left[\frac{kg}{s} \right]$$

$$\dot{m}_{\text{líquidoIN}} = \dot{m}_{\text{mezclaIN}} - \dot{m}_{\text{vapor}} = 14 \left[\frac{Kg}{s} \right] - 4.2 \left[\frac{Kg}{s} \right]$$

$$\dot{m}_{\text{líquidoIN}} = 9.8 \left[\frac{kg}{s} \right]$$

$$\dot{m}_{\text{mezclaSAL}} = \frac{\dot{m}_v}{x_{\text{sal}}} = \frac{4.2 \left[\frac{Kg}{s} \right]}{0.97} = 4.33 \left[\frac{Kg}{s} \right]$$

$$\dot{m}_{\text{mezclaSAL}} = 4.33 \left[\frac{Kg}{s} \right]$$

$$\dot{m}_{\text{líquido SAL}} = \dot{m}_{\text{mezclaSAL}} - \dot{m}_v$$

$$\dot{m}_{\text{líquido SAL}} = 4.33 \left[\frac{Kg}{s} \right] - 4.2 \left[\frac{Kg}{s} \right] = 0.13 \left[\frac{Kg}{s} \right]$$

$$\dot{m}_{\text{liquido SAL}} = 0.13 \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

$$\dot{m}_{\text{liquido TANK}} = \dot{m}_{\text{liquido IN}} - \dot{m}_{\text{liquido SAL}} = 9.8 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{s}} \right] - 0.13 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{s}} \right] = 9.67 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{s}} \right]$$

$$\dot{m}_{\text{liquido TANK}} = 9.67 \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

Conociendo el flujo másico de líquido que entrara y permanecerá en el tanque, se puede calcular el caudal de entrada y salida de salmuera.

$$\dot{m} = \rho * v * A$$

$$Q = v * A$$

Donde:

$$\dot{m}: \text{Flujo másico} \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

$$\rho: \text{Densidad} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$v = \text{Velocidad} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$A: \text{Area de sección transversal} [\text{m}^2]$$

$$Q: \text{Caudal} [\text{m}^3/\text{s}]$$

$$Q_{\text{liquido IN}} = \frac{\dot{m}_{\text{liquido TANK}}}{\rho}, Q_{\text{liquido IN}} = \frac{9.67 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{s}} \right]}{1000 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]}$$

$$Q_{\text{liquido IN}} = 0.00967 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] = 34.81 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

5.6. Tiempo de llenado nivel bajo, nivel alto y total

Para calcular el tiempo que tardaría en llenarse por completo el tanque separador, se realiza la razón del volumen total del tanque y el caudal de líquido que entra.

$$t_{\text{llenado}} = \frac{V_{\text{tanque}}}{Q_{\text{liquido IN}}}$$

$$t_{\text{llenado}} = \frac{3.93 [\text{m}^3]}{0.00967 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]} = 406.4 [\text{s}]$$

$$t_{llenado} = 406.4 [s] = 6.8 [min]$$

El volumen de nivel bajo y nivel alto de líquido, se obtuvo con ayuda de un software de diseño mecánico para las alturas de 9 y 27 pulgadas.

$$V_{LL} = 0.604 [m^3]$$

$$V_{HL} = 4.112 [m^3]$$

$$t_{LL} = \frac{V_{LL}}{Q_{liquidoIN}} = \frac{0.604 [m^3]}{0.00967 \left[\frac{m^3}{s} \right]} = 62.5 [s]$$

$$t_{LL} = 62.46 [s]$$

$$t_{HL} = \frac{V_{HL}}{Q_{liquidoIN}} = \frac{2.793 [m^3]}{0.00967 \left[\frac{m^3}{s} \right]} = 288.9 [s]$$

$$t_{HL} = 288.9 [s]$$

5.7. Coeficiente de flujo válvula de control

Para determinar el caudal a la salida, se debe calcular el Cv (coeficiente de flujo) de la válvula de control, para determinar el Cv adecuado se utilizaran los siguientes criterios:

Tabla 4. Criterios para el cálculo del Cv

Criterios para el cálculo del Cv			
Q	Caudal de flujo líquido	34.81 m ³ /h	153.27 gpm
P₁	Presión aguas arriba de la válvula	9.87 Bara	143.15 psia
P₂	Presión aguas debajo de la válvula	0.87 Bara	12.61 psia
SG	Gravedad específica del agua	1	1

$K=Cv$, cuando K está referenciado en unidades [gpm] [psi].

$K = Kv$, cuando K está referenciado en unidades [m³/h] [bar].

$$K = \frac{Q}{\sqrt{\frac{P_1 - P_2}{SG}}}$$

$$Cv = \frac{153.27 \text{ [gpm]}}{\sqrt{\frac{143.15 \text{ [psia]} - 12.61 \text{ [psia]}}{1}}}$$

$$Cv = 13.21$$

El caudal de salida de salmuera estará dado por la apertura de la válvula, con lo que a diferentes grados de apertura se obtendrá un caudal de salida proporcional al Cv (coeficiente de flujo) de la válvula de control.

6. Controlador ON-OFF

El control del tanque separador horizontal será de tipo on-off, con dos sensores de nivel, los cuales sensaran la altura de nivel bajo y la altura de nivel alto, estos sensores enviaron la señal de apertura y cierre de la válvula de control, además contara con una trampa de vapor como dispositivo de seguridad y una placa orificio con la cual se controlara el nivel del tanque separador de manera continua.

Un sistema de control ON-OFF, también llamado todo-nada o abierto-cerrado, es un control de dos posiciones en el que el elemento final de control sólo ocupa una de las dos posibles posiciones, en el cual la salida del controlador va de un extremo a otro cuando el valor de la variable controlada se desvía del valor deseado.

En forma matemática:

$$U(s) = \begin{cases} U_{\max} & \text{si } e > 0 \\ U_{\min} & \text{si } e < 0 \end{cases}$$

Donde $e = Y_{sp} \pm Y$ (error de control) y $u(s)$ es la variable de entrada al proceso a controlar. Cuando la variable de salida Y es menor al set point Y_{sp} , se le asigna a la variable manipulada el valor máximo, mientras que cuando Y_{sp} es menor a Y se le asigna el valor mínimo. También puede darse el caso contrario.

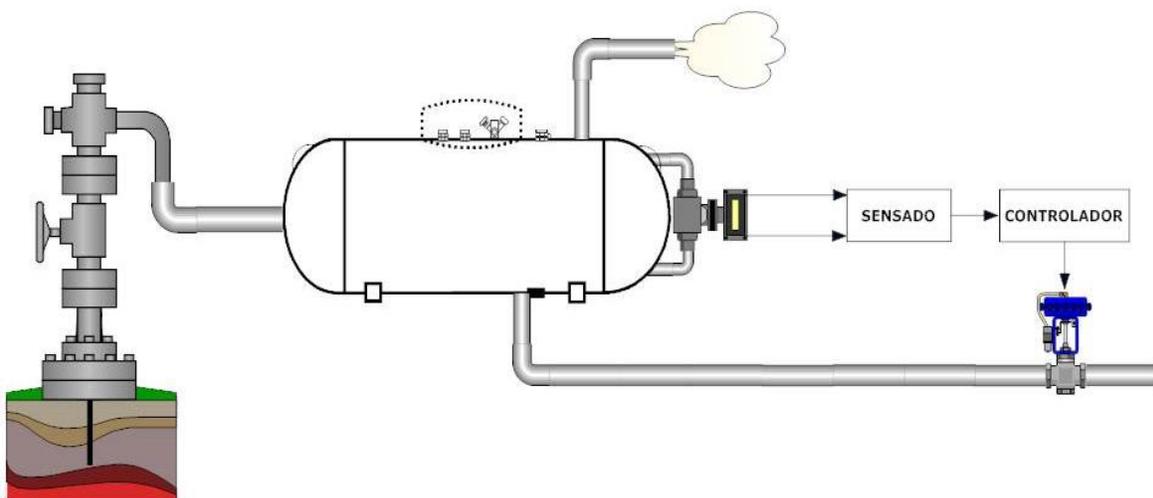


Figura 4. Diagrama esquemático del tanque separador horizontal

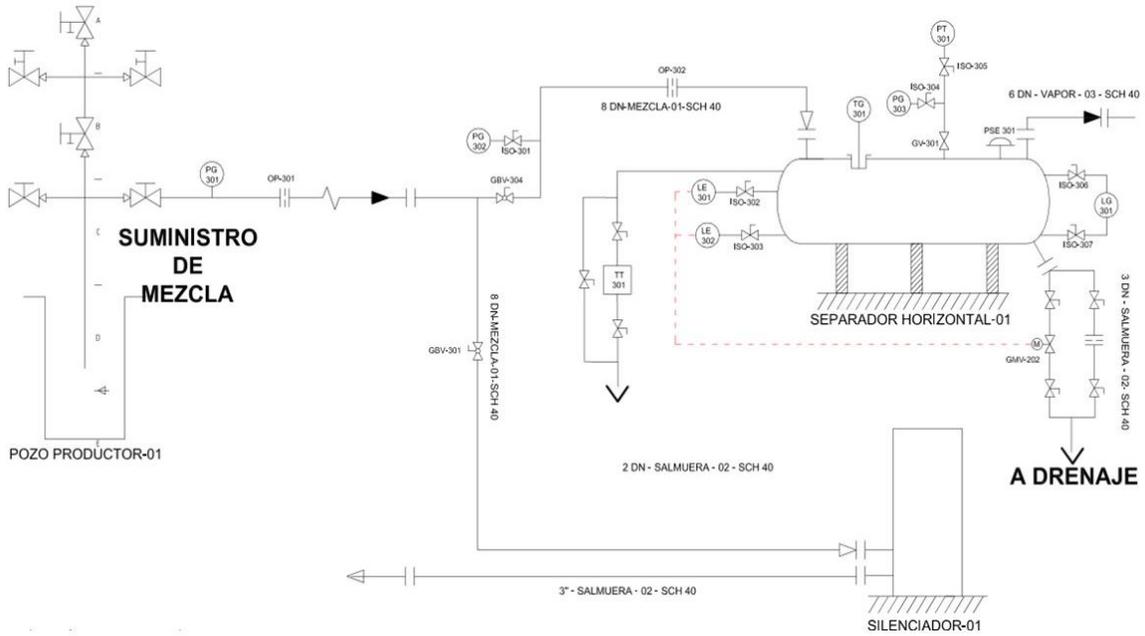
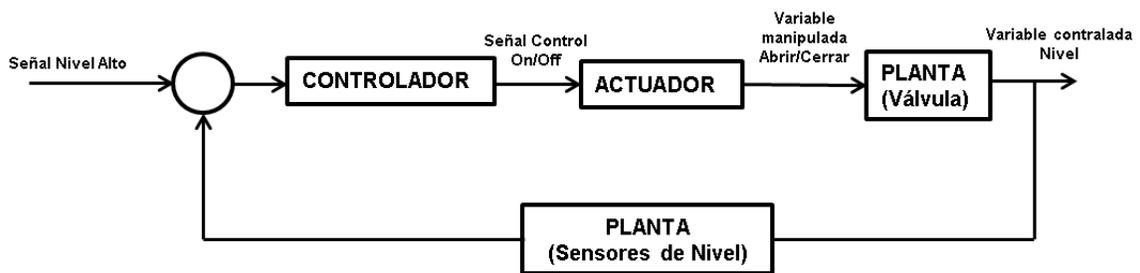


Figura 5. Diagrama de tuberías e instrumentación para el tanque separador horizontal

6.1. Diagrama de bloques



6.2. Modelado del sistema

$$\left\{ \begin{array}{l} U_{\max} \text{ si } e > 0 \\ U_{\min} \text{ si } e < 0 \end{array} \right.$$

$U(s)=$

Dónde:

U_{max} = Abrir

U_{min} = Cerrar

e = LL - HL, LL (Low Level) HL (High Level)

6.3. Lógica del sistema

- El sistema contara con sensores interruptores tipo flotador, uno de nivel bajo y otro de nivel alto
- El condensado aumentara su nivel
- El sensor de nivel bajo se activara
- El condensado seguirá subiendo su nivel
- El sensor de nivel alto se activara
- Cuando la señal de nivel bajo y nivel alto se encuentren activas y el sensor de inicio de carrera de la válvula también este activo, se mandara la señal a la válvula para que abra
- La válvula comenzara abrir hasta que sense el sensor de final de carrera
- El nivel de condensado comenzara a disminuir
- Se desactivara la señal del sensor de nivel alto
- Se desactivara la señal del sensor de nivel bajo
- El sensor de inicio de carrera se encuentra desactivado
- Cuando estos tres sensores se encuentren desactivados la válvula cerrara hasta activar el sensor de inicio de carrera
- Se repite de nuevo el ciclo

A0	A1	LL	HL	MOT +	MOT -
1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0
1	0	1	1	1	0
0	1	1	1	0	0
0	1	1	0	0	0
0	1	0	0	0	1
1	0	0	0	0	0

7. Instrumentacion del sistema

Se supervisara y controlara el nivel del tanque separador a partir de dos interruptores de nivel tipo horquilla vibrante, uno de nivel alto y otro para nivel bajo, esto con el fin de mantener el nivel en el tanque separador en un rango de altura, definido por los sensores de nivel.

Este sistema de sensado mandara la señal a la válvula motorizada para controlar su apertura y cierre.

La válvula motorizada estará instrumentada con sensores de inicio y fin de carrera, para controlar su apertura y cierre, y de esta manera evitar sobre carga en el actuador.

7.1. Interruptor de Nivel líquido Tipo Horquilla vibrante



Figura 6. Interruptores de nivel tipo horquilla vibrante (<http://spanish.industrialpressuretransmitter.com>)

Interruptor de horquilla vibrante rosemount para medición de nivel de líquidos, con carcasa en aleación de aluminio y protección IP67, conexión al proceso de tipo roscada $\frac{3}{4}$ " NPT, material de la horquilla en acero inoxidable 316L, presión máxima de operación de 100 bar y temperatura de 260°C, salida eléctrica tipo relevador de 20 a 60 VDC.

7.2. *Válvula de bola con actuador eléctrico*



Figura 7. Válvula de control con actuador eléctrico y maneral (<http://www.fcmmex.com/productos/virgo/>)

Válvula de control, tipo bola 3", CL300, con actuador eléctrico de un cuarto de vuelta, limit switches para inicio y fin de carrera, tipo de alimentación eléctrica de 120VCA monofásica.

7.3. *Visor de nivel tipo REFLEX*

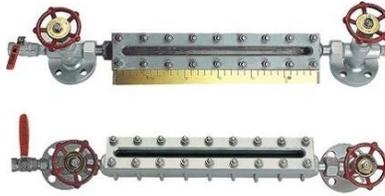


Figura 8. Visor de nivel tipo REFLEX con válvulas de conexión (<http://www.mexicosiasa.com/indicadores.php>)

Indicador de nivel de 1 sección de cristal reflex No. 8, con cámara de acero inox. 304 y tapa de acero al carbón 1045, tornillos B7 y tuercas 2H. El cristal con norma DIN 7081, empaques Klingersil-C4401. Longitud visible de 11-7/8", longitud del cuerpo de 15-5/8". Conexiones arriba y abajo de 1/2" NPT. Prueba hidrostática a 1200 PSI. a temperatura ambiente

1 Juego de válvulas para indicador de nivel, tipo descentradas, con cuerpo de acero al carbón forjado e interiores de acero inoxidable tipo 316. Con esfera check de seguridad integrada y sello de teflón. Conexión a tanque de 3/4" NPT. Conexión a cámara dren y venteo de 1/2" NPT.

7.4. *Placa orificio*



Figura 9. Placa orificio (<http://www.directindustry.es/prod/rosemount/placas-orificio-11838-906169.html>)

Placa orificio de acero inoxidable, parámetro β de 29%, diámetro del orificio 0.832 pulgadas

7.5. *Trampa de vapor*



Figura 10. Trampa de vapor tipo cubeta invertida (<http://www.hezhongvalve.es/5-inverted-steam-trap-2.html>)

La trampa funciona por medio de un mecanismo que responde a las diferentes densidades del vapor y el condensado. El modo de descarga es cíclico. El condensado y los gases incondensables se descargan a temperaturas cercanas a las del vapor.

Tipo de conexión roscada 2"NPT, mecanismo de acero inoxidable con cuerpo en hierro fundido, con una presión máxima de operación de 17 bar.

9. Costos de instrumentación y control

Item	Descripción	Marca	Cantidad	Precio	Moneda
1	Visor de nivel REFLEX	Electromecánica internacional de Monterrey	1	\$ 16640.00	USD
2	Interruptor de nivel tipo horquilla vibrante	ROSEMOUNT	2	\$ 2072.03	USD
3	Placa orificio	ROSEMOUNT	1	\$ 321.05	USD
4	Trampa de vapor	Spirax Sarco	1	\$ 1500.00	USD
5	Válvula de bola con actuador eléctrico	Virgo	1	\$4953.25	USD

10. Mantenimiento

Programa de Mantenimiento Preventivo

Cuerpo de la válvula

Acción	Parte	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual	Observaciones
--------	-------	---------	------------	-----------	-------	---------------

Verificación Y Ajuste	Cuerpo Tuercas y pernos del cuerpo Tapa de extremo		X			Ajustar el cuerpo de la válvula si es necesario.
Verificación, Limpieza ó Reemplazo y Lubricación	Bola Asientos Vástago Sello del cuerpo			X		Realizar una inspección visual, de ser necesario, retirar la válvula y cambiar los empaques.
Verificación, Lubricación, Ajuste e Intercambio de empaque del vástago	Protector de la empaquetadura Arandela de empuje Cojinete del vástago Empaquetadura del vástago Prensaestopas de la empaquetadura Seguidor de la empaquetadura Perno del prensaestopas Alojamiento del tope de desplazamiento Perno del alojamiento Anillo de retención				X	

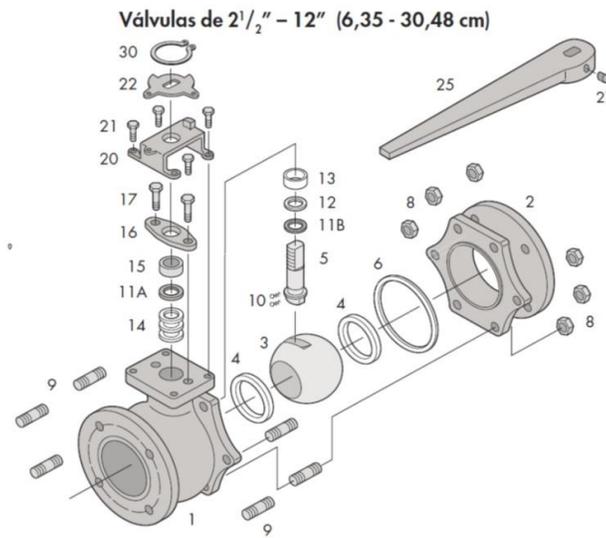


Figura 13. Despiece válvula de control (Manual de instalación y mantenimiento)

Actuador eléctrico

Acción	Parte	Trimestres	Semestr	Observaciones
--------	-------	------------	---------	---------------

		tr	al	
Verificación y Ajuste	Tornillos de fijación de la tapa Junta torica		X	Ajustar la tapa si es necesario.
Verificación Y Lubricación	Conjunto de levas Sinfín Eje del sinfín Engranaje impulsor Pieza del engranaje del sinfín de salida		X	Comprobar coherencia de lubricación y niveles. Rellene o reemplace si es necesario. Tipo: Grasa Moly EP
Verificación y Ajuste	Regleta de conexiones Conjunto de cables Interruptor de limite Conexión a tierra		X	Desconecte toda la alimentación al actuador, revise y apriete todas las conexiones eléctricas. Reemplace los componentes desgastados o dañados

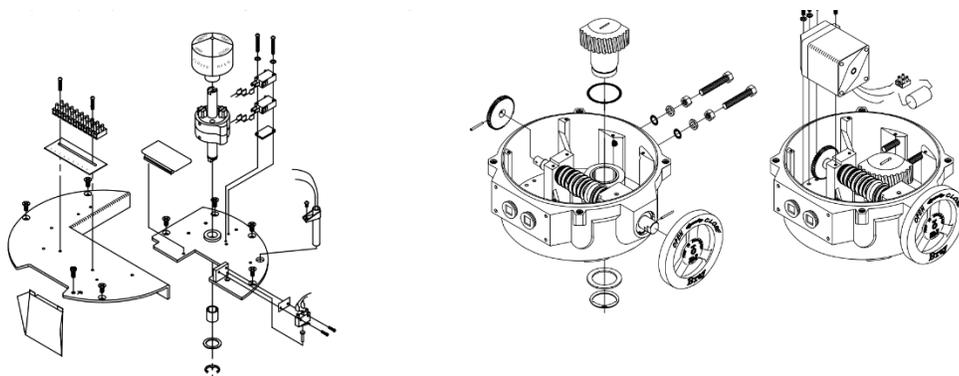


Figura 14. Despiece actuador eléctrico (Manual de instalación y mantenimiento, HQ-Series)

Interruptor de horquilla vibrante

Acción	Parte	Trimestral	Semestral	Observaciones
Verificación y Ajuste	Regleta de conexiones Conjunto de cables Interruptor de limite Conexión a tierra		X	Desconecte toda la alimentación al actuador, revise y apriete todas las conexiones eléctricas.
Verificación y Limpieza	Horquilla		X	Comprobar el estado de la horquilla, la limpieza se realizara raspando la horquilla con un cepillo de cerda suave, teniendo cuidado de no doblar la horquilla ni modificar su configuración.

11. Resultados

Tabla. 5 Resumen de resultados

Resumen de resultados calculados		
V_T	Volumen Tanque Separador	3.93 m ³
H_{LL}	Altura Nivel Bajo	229mm (9")
H_{HL}	Altura Nivel Alto	686mm (27")
t_{LL}	Tiempo de llenado nivel bajo	62.46s
t_{HL}	Tiempo de llenado nivel alto	288.87s
C_v	Coeficiente de flujo normal	13.21

12. CONCLUSIONES

- El control de la apertura del actuador eléctrico, se realizara con un interruptor de horquilla vibrante con salida tipo relevador, el cual estará en modo "Wet ON", con un retraso de 3 segundos en su activación, esto para permitir que el nivel de líquido cubra todo el sensor y mande la activación de apertura al actuador eléctrico.

- El control para el cierre del actuador eléctrico, se realizara con un interruptor de horquilla vibrante con salida tipo relevador, el cual estará en modo “Dry ON”, con un retraso de conmutación de 3 segundos, para permitir que el sensor quede completamente libre del nivel de líquido y mande la activación de cierre al actuador eléctrico.
- El controlador ON-OFF permite mantener el nivel de condensado en un rango de altura, con lo que se asegura que el vapor se entregara en óptimas condiciones para su uso en la turbina de vapor.
- El control electromecánico cumple con la automatización necesaria, ya que mantiene el nivel de líquido en un rango de altura, este sistema podría mejorarse colocando un sensor de nivel continuo, ya sea un sensor ultrasónico, de radar o capacitivo (pata de nivel), con el cual se podría obtener una lectura de todo el rango de la altura de nivel, el actuador de la válvula debería ser intercambiado por un actuador con control modulante para poder posicionar la apertura de la válvula y el diseño del control se calcularía para un controlador PI o PID, con un sistema de medición y control continuo, se evitaría utilizar la variabilidad de la altura y se establecería una altura fija del nivel de líquido en el que se deseara mantener.
- El mantenimiento al sistema es mínimo, ya que las únicas partes en movimiento son las de la válvula de control.

13. BIBLIOGRAFÍA

- Nise, N., & Romo, J. (2002). Modelado en el dominio del tiempo. *Sistemas de control para ingeniería*. México, D.F.: Patria Cultural.
- Ogata, K., & Canto, S. (2003). Modelado matemático de sistemas de control. In *Ingeniería de control moderna* (4a. ed.). Madrid: Prentice Hall.
- Grupo ENAL. (2013). Sistema de acondicionamiento de vapor en superficie. *C.G. Domos de San Pedro Nay. Parte I*. Libro de ingeniería básica.

- ASME. (2010). Boiler and Pressure Vessel Code. *Section VIII, Div 1*. Rules for Construction of Pressure Vessels.
- ASME. (2012). The American Society of Mechanical Engineers (ASME). *ASME Code for Pressure Piping B31*.
- Lazalde-CrabTree. (1984). Design Approach of Steam-Water Separators and Steam Dryers for Geothermal Applications. *Geothermal Resources Council BULLETIN*.
- Y. Svrcek & W. D. Monnery. (1993). Design Two-Phase Separators Within the Right Limits. *University of Calgary*.
- Processors Suppliers Association (GPSA). (2004). Engineering Data Book. *FRS Version, Volumes I & II*. Sections 1-26.
- ENAL. (2014). Diseño tanque separador horizontal 500KW. *Criterios de diseño*. México, D.F.
- EMERSON Process Management. (2012, November). Manual de instalación y mantenimiento. *Rosemount 2130*.
- EMERSON Process Management. (2012). Manual de instalación y mantenimiento. *HQ Series 1/4 Turn Actuator*.