Innovación, Control, Filosofía de Operación y Mantenimiento
SUPER MATROID HEATER
1er PROGRAMA DE CAPACITACIÓN VIRTUAL – Agosto 12, 2020
NAKASAWA
JUMA

INNOVACIONES EN INSTRUMENTACION Y SISTEMAS DE SURVEILLANCE EN PROCESOS DE VAPORIZACION

H YERBES; A RUIZ, R FIGUERA, J RODRIGUEZ, L ORFILA, JW MOLINA,
JD MOLINA, F MOLINA, J BODHANWALA, A ORTIZ
NAKASAWA MINING AND ENERGY LTD & EOR ASOCIADOS

RESUMEN

Una de las técnicas más comunes en la Recuperación Mejorada de Hidrocarburos es la inyección de vapor, que añade energía térmica a un yacimiento para estimular la producción, incrementar el factor de recobro y extender la vida útil del yacimiento. El factor de recobro de petróleo depende no solamente de las propiedades de las rocas y condiciones del fluido, sino también de los métodos y de la tecnología disponible para la extracción de un mayor porcentaje de crudo, a menor costo y con mayor eficiencia.

El objetivo de esta investigación se centra en presentar y detallar las más recientes innovaciones tecnológicas en instrumentación y sistemas de monitoreo (Surveillance System) y control de las principales variables de operación durante el proceso de generación e inyección de vapor a pozos petroleros; las cuales inciden en el comportamiento de la viscosidad del crudo pesado que se encuentra en el yacimiento.

La metodología, se basó en el análisis de los datos obtenidos en los sistemas de monitoreo y control del generador de Vapor modelo NK 30 TTS fabricado por la empresa **Nakasawa** y las operaciones a pozos inyectores de vapor, tomando en cuenta las innovaciones de instrumentación en las variables más importantes que se deben tener en cuenta durante la generación e inyección de vapor.

INTRODUCCIÓN

Los Sistemas de Generación de Vapor están constituidos por Generadores de alta presión, destinados a trasformar agua en vapor (Vaporización), en un solo paso, a una temperatura y presión especifica según las condiciones del yacimiento.

A su vez, están integrados por varios sub-sistemas, los cuales interactúan entre sí integrados como un solo conjunto a través de un sistema de control.

Estos sistemas de generación de vapor tienen asociada una instrumentación que se encarga de realizar el monitoreo y control de los parámetros básicos de cada sub-sistema, lo cual garantiza la mayor adquisición de datos en el proceso. Las señales o valores de estos parámetros son llevados e integrados a un controlador lógico programable (PLC) para garantizar el funcionamiento, la calidad y eficiencia del proceso; así como la integridad física de los componentes del sistema y del personal que los opera.

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE GENERACION DE VAPOR

Los Sistemas de Generación de Vapor están constituidos básicamente por los tanques de almacenamiento de Agua Cruda y Agua Tratada,

una Planta de Tratamiento de Agua, un Generador de Vapor, un Depurador de Gas, un Robusto Sistema de Combustión y los dispositivos para monitoreo de parámetros en el cabezal del pozo.

Tanques de Agua Cruda:
Para el suministro de Agua Cruda a la Planta de Tratamiento de Agua, no es recomendable conectar la fuente de agua dura directamente a la bomba que alimenta a la Planta de Tratamiento de agua. La succión de la bomba debe ser conectada a un tanque de alimentación de agua cruda (con reposición) el cual servirá como un reservorio de agua para alimentar al sistema de Tratamiento.

Fig. 1 Tanques de Agua Cruda.

Tanques de Agua Tratada:
Para el suministro de Agua Suavizada al Generador de Vapor, no se debe conectar la fuente de agua tratada (PTA) directamente al Generador de Vapor. La succión de la bomba que alimenta de agua tratada al generador de vapor debe ser conectada al tanque de agua suavizada, el cual servirá como un reservorio para alimentar al Generador de Vapor.

Fig. 2 Tanques de Agua Suave.

Planta de Tratamiento de Agua (PTA):
La función de una Planta de Tratamiento de Agua, es la de asegurar que el agua de alimentación al generador de vapor sea continuamente tratada para la eliminación de la dureza; para ello, se deben remover del agua cruda el calcio, el magnesio, los sulfatos, la sílice disuelta y el hierro disuelto.
La dureza del agua indica la cantidad de dos de los principales generadores de incrustaciones, como son el calcio y el magnesio.

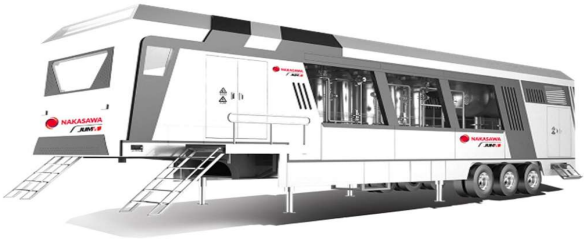

Fig. 3 Planta de Tratamiento de Agua.

Generador de Vapor:
La Función Básica de un Generador de Vapor, es la de calentar agua para producir vapor. Para hacerlo, utiliza sub-sistemas que trabajan conjuntamente como una unidad.

Fig. 4 Generador de Vapor.

Depurador de Gas:
Todo Sistema de Generación de Vapor requiere de un Combustible ya sea Gaseoso o Liquido y de un robusto Sistema de Combustión.
La función básica del Sistema de Depuración del Gas Combustible es la de extraer los líquidos condensados y los sólidos suspendidos que contenga la corriente de gas de alimentación al Sistema de Combustión del generador para poder lograr la mayor eficiencia requerida para el calentamiento del agua y producir vapor.

Fig. 5 Depurador de Gas

Dispositivos para Monitoreo de Parámetros de Inyección en el Cabezal del Pozo:
Para complementar la eficiencia en la inyección de vapor en el pozo se realiza el monitoreo de las diferentes variables en el Cabezal del pozo.

Fig. 6 Dispositivos de Monitoreo.

2. INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN PROCESOS DE INYECCIÓN DE VAPOR (INSTRUMENTACION Y SISTEMAS DE SURVEILLANCE)

En la actualidad existen grandes Innovaciones Tecnológicas en la rama de Instrumentación y Sistemas de Monitoreo y Control para los diferentes procesos industriales; las cuales se han venido perfeccionando con el transcurrir del tiempo, con la finalidad de optimizar y facilitar el manejo de los procesos, mejorar la calidad del producto final, y además minimizar la intervención de la mano del hombre en el monitoreo y control de los diferentes parámetros del proceso.

En los sistemas de generación de vapor se han incorporado importantes innovaciones, con la finalidad de mejorar los procesos de adquisición de data y garantizar la calidad del vapor; así como también asegurar la integridad física de los equipos, del personal que realiza las operaciones y el mantenimiento, así como reducir el impacto ambiental.

A continuación, se describen algunas de estas innovaciones incorporadas en los diferentes sub-sistemas que integran el sistema de alta eficiencia de vaporización.

Tanques de Almacenamiento de Agua Cruda y Agua Tratada:

En los tanques se han incorporado Visores de Nivel tipo Magnético con flotador, provistos de Transmisores e Interruptores de Nivel, los cuales reportan su señal al sistema de control:

- El Transmisor de Nivel incorporado en los tanques permiten mantener un monitoreo continuo de los niveles de agua, proporcionando de esta manera la ventaja de generación de alarmas en el sistema para alertar al operador oportunamente y así tomar las acciones correctivas correspondientes (prevenir desborde o vaciado del tanque); esto evitaría que las bombas de succión trabajen en vacío.

- Los Interruptores de Nivel incorporados emitirán paros de la PTA o del Generador de Vapor, y de esta manera evitar que estos equipos trabajen en vacío.

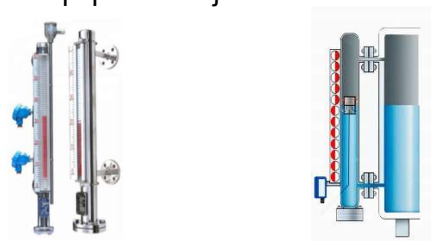

Fig. 7 Dispositivos de Monitoreo de Nivel.

Planta de Tratamiento de Agua (PTA):

En la planta de tratamiento de agua se han incorporado las siguientes innovaciones:

- **Variador de velocidad (VFD)** en las bombas de agua cruda que alimentan a la planta para ajustar y mantener un flujo constante y preciso de agua de acuerdo a los requerimientos operacionales.

Fig. 8 Dispositivos de Monitoreo de Nivel.

- **Transmisor de Flujo Electromagnético tipo Vortex** instalado en la línea de descarga de las bombas de agua cruda (Entrada a los Filtros de la PTA), para el monitoreo constante y en tiempo real del

caudal de agua de alimentación. Este transmisor permite la modificación automática del flujo, variando la señal de salida en el VFD de la bomba, de acuerdo a los requerimientos del proceso.

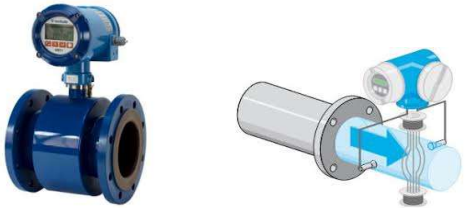

Fig. 9 Transmisor de Flujo Electromagnético

- **Transmisores Electrónicos** para el monitoreo constante de la presión de entrada y salida en los filtros de la PTA. Estos transmisores permiten llevar a cabo el monitoreo a través del sistema de control y alertar al operador de manera temprana sobre alguna caída o incremento abrupto en la presión; además, el sistema de control puede ser ajustado a un valor determinado para realizar el cambio de tren de tratamiento en caso de que la caída de presión en el filtro sea muy severa. Esta condición determinaría si el filtro está obstruido; por ende, el sistema de control puede enviar una señal para realizar un cambio automático del tren a regeneración.

Fig. 10 Transmisor Electrónicos.

- **Variador de velocidad (VFD)** se utilizan en los motores de las bombas de Inyección de los químicos y la salmuera, para ajustar y mantener los caudales de inyección de los mismos a través del sistema de control, de acuerdo a los requerimientos operacionales.

Fig. 11 Variador de velocidad (VFD).

- **Transmisor de Flujo Electromagnético tipo Vortex** se instala en la línea de salida de agua tratada para el monitoreo constante del caudal en tiempo real; así como para el registro y totalización del flujo de agua tratada producida. A través de este transmisor se puede modificar automáticamente el caudal de los químicos a inyectar, variando la señal de salida en el VFD de las bombas de los productos químicos para realizar la debida dosificación de los mismos, de acuerdo a los requerimientos del proceso.

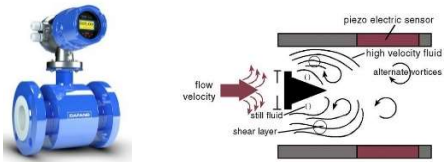

Fig. 12 Transmisor de Flujo Electromagnético.

- **Transmisor de Flujo Electromagnético tipo Vortex** se instala en la línea de descarga de la bomba de Salmuera para controlar el caudal de inyección en tiempo real. Con la señal de este dispositivo, a través del sistema de monitoreo y control, se puede ajustar automáticamente la inyección, variando la señal de salida en el VFD de la bomba y de esta manera realizar la debida dosificación de salmuera, de acuerdo a los requerimientos del proceso.

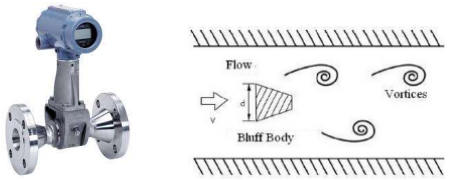

Fig. 13 Transmisor de Flujo Electromagnético.

- **Tanques de los productos químicos y de salmuera**, se incorporaron **Agitadores** para mantener la mezcla homogénea; así como también se incorporan **Interruptores de Nivel tipo Flotador** para monitorear el bajo nivel en los tanques. Estos interruptores permiten realizar paros de la bomba y del agitador para evitar trabajo en vacío.

Fig. 14 Tanques de los productos químicos.

- **Analizador-Medidor de Dureza Electrónico,** instalado en la línea de salida de agua tratada de la PTA, para determinar en tiempo real la calidad del agua tratada. Con la señal de este dispositivo y a través del sistema de monitoreo y control, se puede enviar automáticamente a regeneración el tren de tratamiento en operación en caso de ser requerido, y activar el tren en stand-by.

Fig. 15 Analizador-Medidor de Dureza Electrónico.

Diagrama de Planta Tratamiento Agua con las Innovaciones

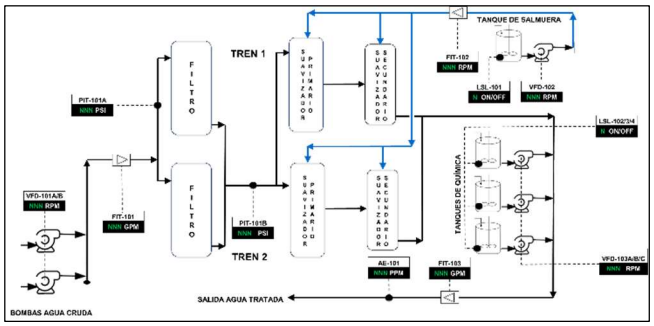

Fig. 16 Fase de Construcción de una PTA.

Generador de Vapor:

En el Generador de Vapor de última generación se tienen incorporado las siguientes innovaciones tecnológicas:

Instrumentación en la Bomba Quintuplex

- **Un Variador de Velocidad** en el motor de la bomba de agua (Quintuplex), para ajustar y controlar el flujo de agua al generador de vapor, de acuerdo a los requerimientos operacionales del proceso.

Fig. 17 Variador de Velocidad.

- **Interruptores de Vibración**, se han instalado en la Bomba de agua para generar alarmas y advertir al operador cuando hay una alta vibración, debido a un funcionamiento anormal de la bomba. Estos dispositivos a través del Sistema de Control, Generan un paro de la Bomba para evitar posibles daños del equipo. En el caso que la vibración sea excesiva o severa estos dispositivos a través del Sistema de Control, Generan un paro de la Bomba para evitar posibles daños del equipo.

Fig. 18 Interruptores de Vibración.

- **Un Sistema de Lubricación de Aceite** en la caja de la bomba, para lubricar los engranajes de manera eficiente cuando la velocidad de la bomba es muy baja. (Esto, en el caso de que el Generador esté Operando al Mínimo de su Capacidad).

Fig. 19 Sistema de Lubricación de Aceite.

- **Transmisor de Flujo Electrónico tipo Diferencial de Presión,** este se instala en la línea de descarga de la Bomba Quíntuplex. Este dispositivo envía una señal proporcional de flujo al sistema de monitoreo y control donde se realiza el registro de la medición y totalización del flujo de agua al generador. A través de este transmisor, el sistema de monitoreo y control, envía una señal proporcional a la válvula de control de la línea de gas combustible al quemador (cuando esté operando con gas), o al VFD de la bomba de combustible Diésel (cuando esté operando con diésel). A través de estos parámetros, se lleva el control de operación del Generador.

Fig. 20 Transmisor de Flujo Electrónico.

I
Innovaciones en el Monitoreo de los Gases de Combustión

- **Analizador de Gases de Combustión** se instala en la base de la chimenea para realizar el monitoreo constante y en tiempo real de los gases resultantes de la Combustión, con la finalidad de controlar las emisiones al Ambiente. La señal de este dispositivo es enviada al sistema de monitoreo y control donde además de realiza el registro de estos valores, Automáticamente También hace ajustes de la Relación de combustible / aire con algunos algoritmos para mantener un nivel de O2 del 3% en los gases de Escape, y de esta manera Poder Mantener un Control Constante de las Emisiones al Ambiente.

Además, el Sistema de Control Usando estos Datos Emite una Señal de Alarma por Bajo ó Alto % de Oxigeno (O2), por Altos PPM de Dióxido de Azufre (SO2) y altos PPM de Dióxido de Nitrógeno (NO2) para alertar al operador y que este tome acciones correctivas al respecto.

Fig. 21 Analizador de Gases de Combustión

Instrumentación en captura de información de Presión y Temperatura

- **Múltiples Puntos de Medición de Temperatura en la Sección Radiante del Generador de Vapor.** Esto para Mantener un Monitoreo Constante y Preciso de la Temperatura de los Tubos en toda la Sección Radiante del Generador de Vapor. Con la Señal de Estos Dispositivos el Sistema de Control Genera Pre Alarmas para Alertar al Operador, pero Además También Genera paros del Generador por Altas Temperatura de los Tubos en la Sección Radiantes Para Evitar Daños.

Fig. 22 Sensores de Temperatura.

- **Estación de Control de Presión de Vapor en la Salida del Sistema.** Esta se instala para mantener el monitoreo constante y poder controlar la presión de del sistema de vapor, que va al pozo manteniendo el generador funcionando a una presión constante en los parámetros establecidos. Con estos valores el sistema realiza ajustes de manera automática, a través del VFD de la Bomba Quíntuplex, la válvula de control de Gas al quemador y el VFD del Soplador para el flujo de Aire de combustión del quemador (agua, aire y gas), para ejercer el control del Generador. Este dispositivo a través del sistema de Control También genera una alarma por alta presión de vapor en la descarga, lo que alerta al operador para que tome acciones correctivas al respecto.

Fig. 23 Sensores de presión.

- **Válvula de Control de Presión** esta se instala en la línea de descarga de vapor del generador para regular la presión de inyección del vapor de acuerdo a las condiciones del pozo.

Fig. 24 Válvula de Control de Presión.

Medición de Calidad de Vapor

- **Medidor de Calidad de Vapor Continuo.** Este dispositivo permite mantener un monitoreo continuo y en tiempo real de la calidad de vapor que se está produciendo y que se le entrega a la salida del generador. Con los datos de este dispositivo también se generará una señal de alarma en el sistema por baja y por alta calidad de vapor, lo cual ayuda a alertar al operador para tome las acciones correctivas.

Fig. 25 Medidor de Calidad de Vapor Continuo.

Depurador de Gas:

En el sistema de depuración de Gas Combustible tse han incorporado innovaciones en el campo de la instrumentación; se mencionan a continuación:

- **Válvula de Control de Presión (auto controladora - neumática)**. Para la regulación permanentemente de la presión del gas que entra al Depurador.

Fig. 26 Válvula de Control de Presión.

- **Controlador de Nivel Neumático y una Válvula de Control de Nivel Neumática.** Estos se colocan Integrados en un lazo de control cerrado, para realizar el control de nivel de los líquidos condensados que son extraídos al gas.

Fig. 27 Controlador de Nivel Neumático.

Sistema de Combustión:

En el sistema de combustión del generador se han incorporado innovaciones para mejorar la operación, funcionamiento y eficiencia. A continuación, se detallan algunas de estas innovaciones presentes en los equipos:

- **Variador de Frecuencia (VFD) en el Motor del Ventilador del Quemador.** Se instalo para el control de la mezcla y obtención de una mayor eficiencia de la llama, y de esta manera obtener el poder calorífico ideal de la combustión.

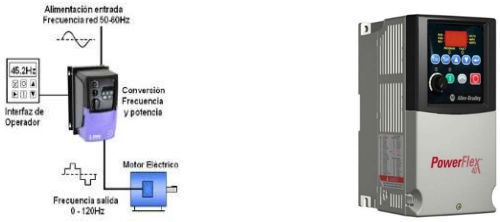

Fig. 28 Variador de Frecuencia (VFD).

- **Detector de Llama tipo UV:** Este está equipado con un sistema de auto-chequeo para verificar si existe alguna obstrucción en el lente del dispositivo. A través de este instrumento se puede generar una señal de alerta de falla y de esta manera llevar a cabo los correctivos correspondientes.

Fig. 29 Detector de Llama tipo UV.

Cabezal del Pozo:

En cuanto a instrumentación se refiere, a nivel del cabezal del pozo también se han incorporado innovaciones para mejorar los planes Surveillance en los Procesos de Recobro Mejorado, con la finalidad de complementar la eficiencia del sistema en la inyección de vapor:

- Transmisores electrónicos inalámbricos de presión y temperatura, instalados en la sección C del cabezal del pozo, para realizar un monitoreo constante y en tiempo real de estos parámetros en el Revestidor de producción (para determinar la integridad del aislamiento). La señal de estos dispositivos es enviada al sistema de monitoreo y control de forma remota.

Fig. 30 Transmisores electrónicos inalámbricos de presión y temperatura.

Generador de Vapor NK 30 TTS 25 MMBTU/hr

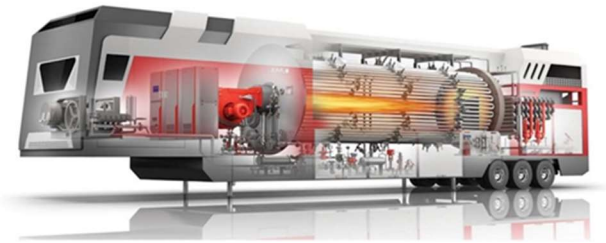

Fig. 31 Generador de Vapor NK 30 TTS.

3. INNOVACIONES TECNOLOGIAS PARA LA ALTA EFICIENCIA EN EL PROCESO DE VAPORIZACION.

La última tecnología estudiada para generar vapor con alta eficiencia esta inspiradas en principios matemáticos y en su estructura generalizada del concepto de independencia lineal con formulaciones, para lograr la máxima eficiencia en el proceso denominada por sus diseñadores **Super Matroid Heater (SMH)**, constituido por un separador ciclónico de alta eficiencia, una bobina sobrecalentadora, mezcladores con válvula de control y un sistema de muestreo, para generar vapor de alta calidad (mayor al 95%); el cual utiliza agua de alimentación de alto TDS sin pérdida de agua condensada y energía térmica. Este proceso hace que la inyección de vapor sea más efectiva y muy rentable.

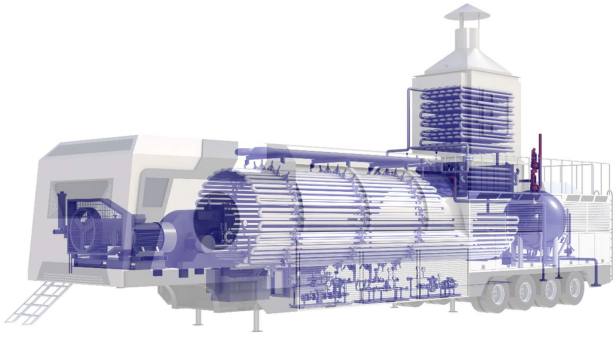

Fig. 32 Sistema de alta eficiencia de Vaporización

El sistema completo se instala en un patín compacto, a excepción de la bobina sobrecalentadora que se instala entre sección radiante y de convección dentro del generador de vapor.

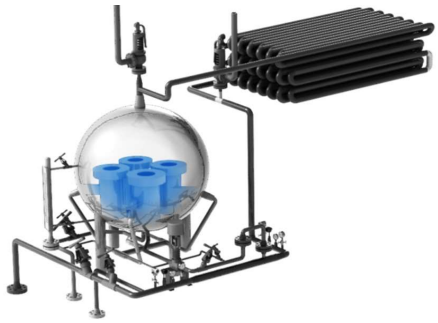

Fig. 33 Sistema 3D de Alta Eficiencia en Vaporización

Algunas de las ventajas que ofrece esta innovación:

- A diferencia de un separador de vapor normal instalado en la salida de la línea de descarga del vapor, no hay pérdida de condensado o energía térmica, por lo cual se ahorra 9% de agua de alimentación y 12% del gas combustible.
- El vapor se entrega al pozo con una calidad mínima del 90% a 95% aproximadamente; por lo que requerirá menos agua de alimentación para entregar la misma cantidad de calor en comparación con el 80% de vapor seco.
- El generador de vapor con SMH es ideal para entregar vapor a un pozo distante, considerando las pérdidas de calor en las líneas de superficie, entregando el vapor a 90% de sequedad o mayor calidad en la boca del pozo.
- Elimina la necesidad de cualquier separador de vapor adicional, intercambiador de calor, planta de pre-tratamiento de efluentes, re-inyección en el subsuelo o transporte de efluentes a un área segura designada por la operadora (previa realización de estudio).
- El sistema SMH puede manejar altos valores de TDS (hasta 10.000 ppm) para generar altos valores de calidad vapor, a diferencia de un Generador Convencional, el cual se ve limitado por su capacidad de trabajar con valores de TDS hasta 4.000 ppm para generar una calidad de vapor máxima de 80%.
- Aumento de la productividad en comparación a la tecnología convencional OTSG de 80% de calidad (> 12%)

Innovaciones tecnológicas incorporadas en el Sistema de Alta Eficiencia en el Proceso de Vaporización.

- Se han Incorporado **un Transmisor de Flujo tipo Diferencial de Presión en conjunto con un Transmisor de Presión y un Transmisor de Temperatura**, en la línea de salida de vapor de la zona

radiante del Generador de Vapor. Los valores de las señales que generan estos dispositivos son enviados al sistema de monitoreo y control donde se realiza el registro de la medición y totalización del volumen de vapor que sale de la zona radiante del generador y que es entregado al Sistema Innovador de Alta Calidad de Vapor.

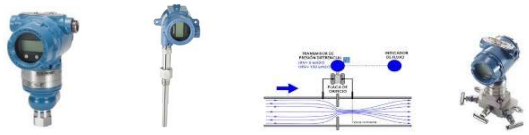

Fig. 34 Transmisor de Presión y Temperatura

- **Visor de Nivel Magnético con Transmisor de Nivel:** El Separador Ciclónico tiene Incorporado un transmisor reporta su señal al sistema de control donde se realiza el registro y se mantiene un monitoreo continuo del nivel de líquido en el separador. Con los valores de este Parámetro el sistema de monitoreo y control también envía una señal proporcional a la Válvula de Control de la Estación de Mezclado, donde se mezclan nuevamente el Vapor Sobrecalentado en el Súper Heater y el Condensado que ya había sido extraído al vapor en el Separador.

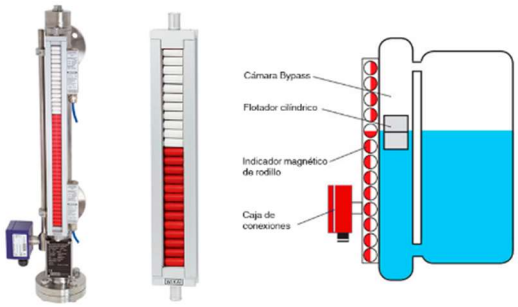

Fig. 35 Visor de Nivel Magnético.

- **Transmisor de Presión y un Transmisor de Temperatura:** este sistema tiene instalado este transmisor en la línea de salida de vapor seco del separador que va a la bobina sobre calentadora. Esto con la finalidad de poder mantener a través del sistema de control un monitoreo contante de la presión y temperatura del vapor seco que sale del separador ciclónico y que entra a la bobina sobre calentadora “Super Heater”.

Fig. 36 Transmisor de Presión y Temperatura

Este sistema de igual forma ha incorporado **un Transmisor de Presión y un Transmisor de Temperatura** En la línea de salida de vapor de la bobina sobre calentadora que va a la estación de mezclado. La señal de estos dispositivos es enviada al sistema de monitoreo y control donde se realiza el registro de estos valores y se verifica a través del sistema la diferencia (aumento) de temperatura del vapor al pasar por la Bobina Sobre calentadora.

- En la Estación de Mezclado el sistema tiene incorporado una **Válvula de Control** que recibe una señal a través del sistema para hacer la dosificación adecuada de condensado al vapor sobrecalentado. La señal que recibe la válvula es modificada a través del sistema de control, dependiendo de la señal que envía el transmisor de nivel del separador ciclónico.

Fig. 37 Válvula de Control

Despliegue con Innovaciones en Instrumentación Y Sistemas De Surveillance en Procesos de Vaporizacion

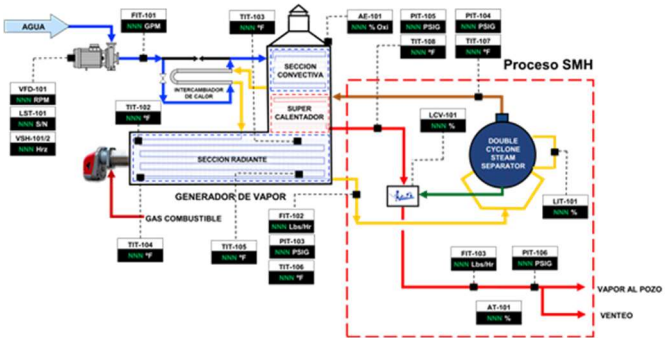

Fig. 38 Sistema Instrumentado de Alta eficiencia en Vaporización.

REFERENCIAS

1. L. Rojas, H. Yerbes, J. Bodhanwala. **"Manual de Instalación, Operación y Mantenimiento del Generador de Vapor".**
Proyecto: Sistema de Generación de Vapor Portátil de 25.000.000 BTU, Doc.: 3558-GV-DG-MO-1001, Rev. 0, Nakasawa Resources – Chevron, El Tigre Edo. Anzoátegui - Venezuela (2016).

2. H. Yerbes, J. Bodhanwala. **"Procedimiento de Prueba de Desempeño del Generador de Vapor".**
Proyecto: Sistema de Generación de Vapor Portátil de 25.000.000 BTU, Doc.: 3558-GV-DG-PDC-1001, Rev. 0, Nakasawa Resources – Chevron, El Tigre Edo. Anzoátegui - Venezuela (2016).

3. H. Yerbes, L. Rojas, J. Bodhanwala. **"Diagrama de Causa y Efecto del Generador de Vapor".**
Proyecto: Sistema de Generación de Vapor Portátil de 25.000.000 BTU, Doc.: 3558-GV-DG-DCE-1001, Rev. 0, Nakasawa Resources – Chevron, El Tigre Edo. Anzoátegui - Venezuela (2016).

4. H. Yerbes, L. Rojas, J. Bodhanwala. **"Procedimiento Previo a la Puesta en Marcha del Generador de Vapor".**
Proyecto: Sistema de Generación de Vapor Portátil de 25.000.000 BTU, Doc.: 3558-GV-DG-PPM-1001, Rev. 0, Nakasawa Resources – Chevron, El Tigre Edo. Anzoátegui - Venezuela (2016).

5. L. Rojas, H. Yerbes, J. Bodhanwala. **"Diagrama de Flujo del Generador de Vapor".**
Proyecto: Sistema de Generación de Vapor Portátil de 25.000.000 BTU, Doc.: 3558-GV-PP-DF-1001, Rev. 0, Nakasawa Resources – Chevron, El Tigre Edo. Anzoátegui - Venezuela (2016).

6. L. Rojas, H. Yerbes, J. Bodhanwala. **"Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI) del Generador de Vapor".**
Proyecto: Sistema de Generación de Vapor Portátil de 25.000.000 BTU, Doc.: 3558-GV-PP-DTI-1001, Rev. 0, Nakasawa Resources – Chevron, El Tigre Edo. Anzoátegui - Venezuela (2016).

7. A. Ruiz, R. Figuera, J. Rodríguez. "**Operational Procedure for Steam Injection**".
Proyecto: CSS Pilot Project at the Tambaredjo field, Doc.: NKSW-SI-OP-01-00-001, Nakasawa Resources – Staatsolie - Suriname (2019).

8. J. Bodhanwala, J. Rodríguez, R. Figuera. **"The First Portable Super Matroid Steam Generator".**
Nakasawa Resources – Venezuela (2020).

9. L. Rojas, H. Yerbes, J. Bodhanwala. **"Descripción de Equipos del Generador de Vapor".**
Proyecto: Sistema de Generación de Vapor Portátil de 25.000.000 BTU, Doc.: 3558-GV-DG-DE-1001, Rev. 0, Nakasawa Resources – Chevron, El Tigre Edo. Anzoátegui - Venezuela (2016).

10. R. Figuera, J. Rodríguez, A. Ruiz, H. Yerbes. **"Tecnologías y Procesos Innovadores de EOR con Inyección de Vapor".**
Nakasawa Resources - Venezuela, El Tigre Edo. Anzoátegui - Venezuela (2020).

11. A. Ruiz, R. Figuera, J. Rodríguez, H. Yerbes. "**Filosofía de Operación Durante la Inyección de Vapor a Pozos Petroleros**".
Nakasawa Resources - Venezuela, El Tigre Edo. Anzoátegui - Venezuela (2020).

12. R. Figuera, J. Rodríguez, A. Ruiz, H. Yerbes. **"Diseño y Funcionamiento del Sistema Integral de Generación de Vapor "SUPER MATROID HEATER"".**
Nakasawa Resources - Venezuela, El Tigre Edo. Anzoátegui - Venezuela (2020).

13. H. Yerbes, J. Rodríguez, R. Figuera, A. Ruiz. **"Innovaciones de Instrumentación y Control en Sistemas de Generación de Vapor con SMH.".**
Nakasawa Resources - Venezuela, El Tigre Edo. Anzoátegui - Venezuela (2020).

14. A. Ruiz, J. Rodríguez, R. Figuera, H. Yerbes. "**Filosofía de Operación y Mantenimiento de Sistemas de Generación de Vapor con SMH".** Nakasawa Resources - Venezuela, El Tigre Edo. Anzoátegui - Venezuela (2020).