

	Procedimiento Operativo Operaciones con Sulfuro de Hidrógeno (H₂S)	Autorizó Enrique Lusso
	Revisión: 3 Fecha: 17/09/2021	Página: 1 de 15 Código: HOK-OTZ-PO-001

- Contenido

1. Objetivo
2. Alcance
3. Términos, abreviaturas y definiciones
4. Responsabilidades
5. Desarrollo
6. Documentos de referencia
7. Formularios
8. Anexos

3	<i>Actualización de cantidad y descripción de equipos</i>	<i>17/09/2021</i>
2	<i>Actualización de los niveles de activación de las alarmas</i>	<i>15/02/2019</i>
1	<i>Primera revisión por actualización de norma NOM-010-STPS-2014. Agentes químicos contaminantes.</i>	<i>10/09/2018</i>
0	<i>Primera Edición del documento</i>	<i>08/04/2016</i>
REV	DESCRIPCION	FECHA



Procedimiento Operativo

Operaciones con Sulfuro de Hidrógeno (H₂S)

Revisión: 3
Fecha: 17/09/2021

Página: 2 de 15
Código: HOK-OTZ-PO-001

1 Objetivo

1. Establecer el equipamiento mínimo para detección y protección con que debe contar la Plataforma Autoelevable, Plataforma Fija y Barcos de Apoyo.
2. Definir el entrenamiento mínimo del personal involucrado en la operación.
3. Establecer la estructura base del Plan de Contingencia que se aplicará durante las operaciones.
4. Establecer pautas de diseño de materiales.

2 Alcance

Este estándar es de aplicación obligatoria por parte de todo el personal propio y contratado involucrado en las actividades de Drilling & Completion.

3 Términos, abreviaturas y definiciones

BOP: Blow Out Preventer

ERA: Equipo de Respiración Autónomo

Flare booms: Antorchas, Quemadores.

FPSO (*Floating Production Storage and Off-loading*): Barco de Procesos

GGT: Garrett Gas Train

H₂S: Fórmula química usada para hacer referencia al sulfuro de hidrógeno.

LEL (Lower Explosive Limit, límite explosivo inferior): Concentración mínima de un gas combustible o de un vapor en particular necesario para apoyar su combustión en el aire.

Mud Logging: Control Geológico

OIM: Offshore Installation Manager

POB: People On Board

SCBA: Self Contained Breathing Apparatus

SSA: Salud, Seguridad y Ambiente

SSC: Sulfide Stress Cracking

Sour Service: Trabajo en ambiente agrio (materiales)

Supply Boat: Barco de aprovisionamiento

UEL (Upper Explosive Limit, límite explosivo superior): Concentración máxima de un gas combustible o de un vapor en particular necesario para apoyar su combustión en el aire.



Procedimiento Operativo

Operaciones con Sulfuro de Hidrógeno (H₂S)

Revisión: 3
Fecha: 17/09/2021

Página: 3 de 15
Código: HOK-OTZ-PO-001

WEL (Workplace Exposure Limit, límite de exposición ocupacional): Límite superior de la concentración aceptable de una sustancia peligrosa en el aire del lugar de trabajo para un material o clase de materiales particular.

4 Responsabilidades

4.1 Responsable de la instalación

- Vigilar que se tengan los recursos necesarios por parte de los CONTRATISTAS en la instalación.
- Llevar a cabo un programa de simulacros.
- Notificar e informar de la emergencia por H₂S al Jefe de operaciones.
- Recibir y mantener entrenamiento de emergencia por H₂S.

4.2 Personal de SSA

- Verificar que se cumpla con el programa de simulacros.
- Verificar la disponibilidad de los recursos físicos necesarios.
- Verificar que los CONTRATISTAS dispongan de los equipos necesarios y en condiciones.
- Recibir y mantener entrenamiento de emergencia por H₂S.

4.3 Personal Servicio Médico

- Recibir y mantener entrenamiento de emergencia por H₂S.
- Realizar prácticas, charlas, simulacros con la cuadrilla de primeros auxilios.
- Proporcionar la atención médica y primeros auxilios al personal que resulte lesionado.

4.4 Gerente / Supervisor CONTRATISTA

- Aprobar y proveer los recursos necesarios para el manejo de H₂S.
- Difundir el presente procedimiento.
- Recibir y mantener entrenamiento de emergencia por H₂S.



Procedimiento Operativo

Operaciones con Sulfuro de Hidrógeno (H₂S)

Revisión: 3
Fecha: 17/09/2021

Página: 4 de 15
Código: HOK-OTZ-PO-001

5 Desarrollo

5.1 Características del H₂S y consecuencias físicas / psicológicas a la exposición al H₂S

Con carácter informativo se indican los aspectos más destacables:

- Su olor es muy desagradable (por ejemplo a olor a huevo podrido) a muy bajas concentraciones, pero la exposición prolongada puede desensibilizar el sentido del olfato.
- Su gravedad específica es 19% superior a la del aire (a 1 atm y 15°C)
- Combustiona con llama azul produciendo SO₂ (Dióxido de Azufre), menos tóxico.
- Es soluble en agua y muy soluble en aceite.
- Contamina el lodo de perforación
- Un (1) ppm en atmósfera es la máxima concentración permitida para trabajo continuo de 8hs, la exposición por encima de este valor requiere el uso de equipo de protección.
- Cinco (5) ppm es el tope de concentración para cortos periodos de tiempo, la irritación en los ojos puede aparecer rápidamente.
- La intoxicación por H₂S por periodos cortos no es acumulativa.
- Cualquier persona que haya inhalado H₂S debería ser llevada a un área libre del gas y ventilada artificialmente.

5.2 Requerimientos para Operaciones

En los pozos Exploratorios, de Avanzada y cuando no se disponga de información de pozos de referencia que permita descartar la presencia de H₂S en los pozos, se deberán adoptar los siguientes requerimientos mínimos.

5.2.1 Detección de H₂S - Equipamiento mínimo

Para la detección fija de H₂S se debe disponer de alarmas (visuales y sonoras), ubicadas en un lugar donde puedan ser vistas y oídas desde toda el área o lugar monitoreado, entre ellos se encuentran:

- Piso de perforación,
- Subestructuras
- Temblorinas,



Procedimiento Operativo

Operaciones con Sulfuro de Hidrógeno (H₂S)

Revisión: 3
Fecha: 17/09/2021

Página: 5 de 15
Código: HOK-OTZ-PO-001

- Área de BOP,
 - Toda la cubierta principal,
 - Cuarto de silos,
 - Cuarto de sacos,
 - Laboratorio químico,
 - Piletas de retorno,
 - Cuarto de bombas,
 - Unidad de alta presión,
 - Cuarto de máquinas,
 - Piso de producción,
 - Sala de TV,
 - Comedor,
 - Oficinas,
 - Todos los pasillos del área la habitacional,
 - Cualquier otra área o lugar definido en el Plan de Contingencia específico de la instalación.
-
- Las alarmas (audibles y visibles) también se deben poder ver y oír en una locación remota (por ejemplo: Cabina de Mud Logging, Cabina de direccional LWD/MWD, Oficina del OIM, Tool Pusher, entre otras.). Dichas locaciones remotas serán definidas en el Plan de Contingencia).
 - Las alarmas (audibles y visibles) se deben activar cuando los sensores detecten una concentración, de H₂S en atmosfera, igual a 5 ppm.
 - El sistema de alarmas (audibles y visibles) debe contar con baterías de respaldo para mantener alertados al personal en caso de un apagón (Blackout). El CONTRATISTA debe realizar verificaciones periódicas del correcto funcionamiento de dichas baterías.
 - Durante la perforación del pozo, se debe contar en la Plataforma Autoelevable, con un kit permanente de GGT y Papel de acetato de plomo provisto por la Compañía de Lodo.
 - Se deberá contar con dos sistemas de detección permanente:



Procedimiento Operativo

Operaciones con Sulfuro de Hidrógeno (H₂S)

Revisión: 3

Fecha: 17/09/2021

Página: 6 de 15

Código: HOK-OTZ-PO-001

1) Provisto por la Compañía de Mud Logging y compuesto por un (1) sensor ubicado en la Cabina de Mud Logging para detección de H₂S por trampa de gas (Gaslogger. H₂S en muestra de gas extraído). Siendo la Compañía de Mud Logging es la responsable de asegurar su correcto funcionamiento y calibración.

2) Provisto el CONTRATISTA proveedor del Servicio de H₂S, con los siguientes componentes:

- 1 Sensor electrónico fijo en el flow line de lodo
- 1 Sensor electrónico fijo en zona de temblorinas

Importante: La detección más temprana de H₂S es en el lodo y se la detecta en la trampa de gas ubicado en las temblorinas.

- Un (1) sensor electrónico fijo en pileta de retorno
- Un (1) Sensor electrónico fijo en zona de BOP1
- Un (1) sensor electrónico fijo en el piso de perforación
- Sensores electrónicos fijos en cualquier lugar crítico que necesite de acuerdo al lay out de clasificación de riesgo de la instalación (suministros de aire a la plataforma, laboratorio químico, desarcilladores, etc.).
- Sensores electrónicos fijos en tomas de aire del área habitacional, oficinas, entre otras.
- Detectores portables personales de H₂S para:
 - Company Man,
 - Night Company Man,
 - Ingeniero de perforación - HOKCHI
 - Ingeniero de completaciones - HOKCHI,
 - OIM,
 - Tool Pusher,
 - Perforador
 - Asistente del perforador



Procedimiento Operativo

Operaciones con Sulfuro de Hidrógeno (H₂S)

Revisión: 3

Fecha: 17/09/2021

Página: 7 de 15

Código: HOK-OTZ-PO-001

- Encuellador (Chango)
 - Mud Engineer (Ingeniero de Fluidos)
 - Tomador de Muestras Geológicas
 - Barge Master
 - Capitanes de Supply Boats.
-
- Para la etapa de Prueba de Pozo el sistema de detección debe adaptarse al lay out del particular de cada operación.
 - Cuatro (4) Detectores de SO₂ fijos. Uno para cada la zona de quemado y otros dos para las tomas de aire de living quarters.
 - Cuatro (4) detectores portátiles multigases.

5.2.2 Protección - Equipamiento mínimo.

- Definir un área para la colocación de equipos de respiración / Muster point ubicado en zonas altas de la instalación y donde sea posible en contra de los vientos predominantes (Por Ejemplo: el helipuerto y/o área de botes salvavidas, entre otros).
- Un mínimo de un (1) SCBA (con capacidad de 30 minutos) por persona a bordo (POB) con conexión para sistema de cascada de aire respirable., más un 50% más del POB como back up. La zona a ser dispuestos y cuando deben portarse serán definidas en el Plan de Contingencia de la instalación específica.
- Un mínimo de 12 SCBA de capacidad media (con capacidad de 60 minutos) para las cuadrillas de emergencia (búsqueda y rescate) con conexión para sistema de cascada de aire respirable.
- Un mínimo de 8 SCBA (con capacidad de 15 minutos) con conexión para sistema de cascada de aire respirable.
- Sistema de cascada de aire respirable con doble compresor. Preparado con conexiones en cada lugar de trabajo, a definir en el Plan de Contingencia: piso de perforación, monkey board, mud pits, shakers, koomey unit, unidad de cementación, bombas de lodos, cuarto de sacos, choke manifold, incluidas las grúas, muster point definido por emergencias de H₂S y de acuerdo con la configuración del equipo de perforación. El número de puntos de conexión y capacidad de la cascada deberá asegurar y garantizar la integridad del personal

Operaciones con Sulfuro de Hidrógeno (H₂S)Revisión: 3
Fecha: 17/09/2021Página: 8 de 15
Código: HOK-OTZ-PO-001

total en cada punto especificado, así como también puedan realizarse las maniobras de ahogado del pozo en caso de surgencia y bajar o sacar tubería si esta operación lo requiere.

- Dos (2) Compresores de aire respirable ubicados en zonas donde puedan extraer aire libre de contaminantes para garantizar el suministro de aire limpio a los sistemas de cascada de aire respirable.

Se solicitará a la CONTRATISTA, como mínimo, las siguientes conexiones al sistema de cascada de aire respirable:

- Piso de Perforación: Tres (3) manifolds de 6 conectores (Total 18 conectores disponibles).
 - Monkey board: Dos (2) conectores
 - Zona de Temblorinas: Un (1) manifold de 6 conectores
 - Piletas de lodo: Un (1) manifold de 6 conectores
 - Bombas de lodo: Un (1) manifold de 6 conectores
 - Acumulador (Koomey unit): Un (1) conector
 - Grúas principales (3 grúas): Un (1) conector por cada grúa.
 - Unidad de cementación: Un (1) manifold de 6 conectores
 - Punto de reunión / área segura: Cinco (5) manifolds de 12 conectores y 1 manifold de 6 conectores o en su caso los conectores necesarios para cubrir la capacidad del personal.
 - Cuarto de sacos: Un (1) manifold de 6 conectores
 - Contrapozo (BOP): Un (1) manifold de 6 conectores
 - Durante las operaciones: prever conectores adicionales suficientes para cubrir los requerimientos de la operación.
-
- SCBA (con capacidad de 60 minutos) para la cuadrilla operativa del FPSO, que permita eventualmente desacoplarse del sistema de amarre y alejarse de la zona.
 - Resucitador de Oxígeno en enfermería de la Instalación.



Procedimiento Operativo

Operaciones con Sulfuro de Hidrógeno (H₂S)

Revisión: 3

Fecha: 17/09/2021

Página: 9 de 15

Código: HOK-OTZ-PO-001

5.2.3 Comunicaciones

- El sistema de comunicaciones debe conectar, como mínimo, las oficinas, Rig floor, zona de piletas, cuarto de bombas de lodo, cuarto químico, cabina de mud logging, zona de dormitorios, cuarto de sacos, cuarto de silos, temblorinas, unidad de alta, changuera, grúas, cubierta principal, área de preventores y cualquier otro lugar critico que necesite de acuerdo al lay out de la instalación).

5.2.4 Señalización

- Establecer y señalizar los Puntos de reunión (muster point) para emergencias por H₂S.
- Disponer de al menos 2 manga de viento en lugar bien iluminado por las noches.
- Mantener actualizada la lista de personal en el Jack Up clasificadas en grupos para evacuación (POB).

5.2.5 Información al Personal

Durante la Etapa de Perforación, Completación, Prueba de Pozo y Abandono de pozo con potencial de H₂S, el personal que ingrese a las Instalaciones Offshore deberá:

- Ser recibido por una persona especialista capaz de presentar la situación, alertas y lo que debe hacer en caso de alarma de H₂S.
- No usar barba

5.2.6 Entrenamiento del personal

Todo el personal deberá haber recibido un curso sobre emergencias por H₂S dictado por una Compañía basado en las normas ANSI Z 390.1 y el API RP 49.

Algunos de los puntos mínimos destacables que debe contener del programa del curso son:

- Características, riesgos y efectos del H₂S sobre personas y materiales.
- Orígenes – fuentes de H₂S
- Concentraciones. Niveles tóxicos.

- Detección y monitoreo
- Equipos de protección. Como usar los Equipos de respiración disponibles en el sitio de trabajo. Cascada, SABA y SCBA.
- Rescate: Técnicas, buddy system, seguimiento médico.
- Planes de contingencia. Objetivos. Áreas. Niveles de alerta. Lay out típicos de los detectores, roles, etc.
- Síntomas y técnicas de primeros auxilios en relación con el sulfuro de hidrógeno y el dióxido de azufre;
- Conocimiento de la dirección del viento y rutas de salida seguras;
- Procedimientos de entrada a espacios reducidos e instalaciones cerradas;
- Al menos un técnico especialista en H₂S costa-fuera que puedan aplicar un programa de inspección, a los equipos de respiración, compresores y sistemas de cascadas de aire respirable.

5.2.7 Simulacros de emergencia.

Se realizarán simulacros con gas H₂S como mínimo dos veces al mes, considerando en su planificación realizarlos previo a la fase del pozo donde pudiera presentarse H₂S. Y con más frecuencia, si los pozos contienen cualquier concentración de H₂S o si el plan de contingencias específico del lugar lo dispone por cualquier otro motivo.

Todos los simulacros con H₂S serán supervisados por el Operador / el OIM y/o el Ingeniero de la Embarcación, estos deben incluir:

- Un informe donde se registre el simulacro.
- Registro del seguimiento de acciones
- Uso y comprobación de equipos de detección de gas atmosférico
- Los controles y medidas de seguridad necesarios antes de entrar en una zona sospechosa de contener H₂S;
- Un simulacro de búsqueda y rescate; desplazar o reunir al personal a una zona segura de la plataforma;
- Comprobación del plan y de las medidas necesarias para el posterior abandono de la plataforma;
- El Personal Médico del equipo participará en todos los simulacros con H₂S.



5.2.8 Tubulares, Well Head y equipamiento de Well Control

Todos los Elementos de Barrera en contacto con la fase donde se encuentren formaciones generadoras de H₂S deben ser aptas para sour service. (por ejemplo y sin limitarse únicamente a ellos: Casing, well Head y BOP).

5.2.9 Lodo

El Programa de lodo deberá tener en cuenta la presencia de H₂S, como así también el entrenamiento de los Ingenieros de Lodo.

Los ensayos para detectar H₂S deberán realizarse diariamente en las fases con formaciones generadoras de H₂S.

Los secuestrantes deberán estar disponibles en todo momento durante las fases con formaciones generadoras de H₂S.

Se debe apuntar a evitar la presencia de H₂S en superficie y mantener un ambiente controlado que no produzca SSC en los componentes del drill string, lo cual permite el uso de drill pipe grado E, G105 S 135 que no son sour service.

5.2.10 Plataforma Autoelevable

Se deberá considerar la posibilidad de orientar la Plataforma Autoelevable de manera de aprovechar la dirección de los vientos prevalentes en la zona para dejar aguas arriba del gas a ventarse a las zonas de habitaciones, cuarto de generadores y helideck.

Se instalará una manga de viento iluminada y claramente visible desde el rig floor y helideck.

Las vías de escape deberán estar claramente marcadas e iluminadas, y libres de obstrucciones.

En el caso que la Plataforma Autoelevable tenga flare booms, estos deberán estar permanentemente desplegados durante la fase con formaciones generadoras de H₂S y equipadas con fuente de ignición. Las líneas de venteo del desgasificador de vacío y *poor boy* deberían estar derivadas (diverted) al *flare boom*. Con su válvula *diverter* claramente señaladas.



Procedimiento Operativo

Operaciones con Sulfuro de Hidrógeno (H₂S)

Revisión: 3

Fecha: 17/09/2021

Página: 12 de 15

Código: HOK-OTZ-PO-001

El sistema de ventilación de oficinas, habitaciones, entre otros deberá inspeccionarse regularmente y se medirá el diferencial de presión.

5.2.11 Well Control / Drill Trough Equipment

Referirse a la API Spec 16 A, que establece lo siguiente:

"With the exception of integral or inserted shear blades which are made of high strength steels (non compatible with H₂S), all metallic materials which come in contact with the well fluid should meet the requirement of NACE Standard MR-01-75 for sour service."

Para *Shear Rams* la ISO 15156-2 establece:

"Rams manufactured in quenched and tempered, Cr-Mo low alloy steels (UNS G41XX0, formerly AISI 41XX, and modifications) are acceptable if the hardness does not exceed 26 HRC. If the hardness of these alloys exceeds 22 HRC, careful attention should be paid to chemical composition and heat treatment to ensure their SSC resistance. SSC testing, as agreed with the equipment user, should demonstrate that the performance of the alloy meets or exceeds that of field proven material."

Para Shear Blades:

"The high strength steels used for blowout preventer (BOP) shear blades can be susceptible to SSC. The suitability of shear blades that do not comply with this annex is the responsibility of the equipment user."

5.2.12 Casing y Tubing

Serán seleccionados según lo establecido en la ISO 15156 según las zonas de severidad del servicio en función de la presión parcial de H₂S y Ph del fluido.

5.2.13 Well Control y Circulación de kicks en fases con H₂S.

Se deberá definir un Plan o Diagrama de Flujo para seguir en estas fases, donde se establecerá la posibilidad de hacer un bullheading del kick a formación, o realizar un método de control de pozo clásico (Driller ó Wait & Weight), en función de:

- Cantidad de H₂S esperable en superficie



Procedimiento Operativo

Operaciones con Sulfuro de Hidrógeno (H₂S)

Revisión: 3

Fecha: 17/09/2021

Página: 13 de 15

Código: HOK-OTZ-PO-001

- Velocidad y dirección del viento
- Evaluación de la capacidad actual de operar con H₂S
- Integridad actual del equipamiento de well control
- LOT actual
- Volumen de lodo de seguridad disponible
- Otros

5.2.14 Ignición del kick

Se deberá contar con un procedimiento y árbol de decisión para quemar o no un kick que contiene H₂S. Esto debe estar incluido en el Documento Puente o Programa de Perforación.

5.2.15 Procedimientos para *tripping, logging, coring y testing*.

Se deberán especificar las medidas preventivas para estas operaciones en la fase con potencial presencia de H₂S.

Se deberá contar con un rack adicional con capacidad suficiente para la duración de estas operaciones.

5.2.16 Plan de Contingencia

El Plan de Contingencia deberá seguir el siguiente lineamiento y establecer y/o definir los siguientes puntos:

- **Se deberá contar con dos Supervisores especialista en trabajos con H₂S durante las fases con formaciones generadoras de H₂S viviendo en la Instalación.**
- Establecer los niveles de entrenamiento del personal.
- Mencionar el equipamiento disponible y definir su ubicación y asignación
- Definir las zonas equipadas con picos de conexión al sistema de respiración en cascada.
- Establecer la Clasificación de Áreas de niveles de riesgo en la Instalación y zonas de anclaje de los Supply Boats, se deben diferenciar tres áreas:



Procedimiento Operativo

Operaciones con Sulfuro de Hidrógeno (H₂S)

Revisión: 3
Fecha: 17/09/2021

Página: 14 de 15
Código: HOK-OTZ-PO-001

Área 0: áreas donde el H₂S no debería encontrarse debido a posición relativa al viento, altura o presurización del ambiente. Deben ser inspeccionadas.

Área 1: áreas normalmente seguras, pero que deben ser inspeccionadas sistemáticamente.

Área 2: áreas con potencial presencia de H₂S una vez activada la alarma, en ese caso únicamente se permitirá acceso con SCBA y acompañado.

- Se deben definir tres Niveles de Alerta:

Nivel 0: No se ha detectado H₂S en la atmosfera, pero podría haber sido detectado en el lodo o en el gas extraído por el gas logger.

Nivel 1: Se ha detectado H₂S en la atmosfera por debajo de 5 ppm en algún sitio. Esta concentración de disparo puede ser reducida si se considera aumentar el nivel de seguridad.

Nivel 2: Se detectó H₂S por encima de 5 ppm en la atmosfera.

- Establecer los Roles y Responsabilidades del personal sobre la Instalación y FPSO.
- Personas que permanecerán a bordo en caso de evacuación.
- Se usará la respuesta de simulacros de acuerdo al Plan de Respuesta a Emergencia.
- La CONTRATISTA debe contar con un procedimiento de uso y mantenimiento de los equipos de protección.
- La CONTRATISTA debe contar con un procedimiento específico para las Prueba de Pozo, el debe cubrir, como mínimo, lo siguiente:
 - Programa operativo de detalle
 - Verificación de aptitud de los materiales para sour service
 - Limitaciones de los materiales al trabajo con H₂S: ciclos de trabajo. Rating
 - Uso de Inhibidores, entre otros.
 - Adecuar la ubicación de los detectores de H₂S en función del lay out del equipamiento de well testing.
- Se implementará el protocolo de comunicación de acuerdo al Plan de Respuesta a Emergencia.



Procedimiento Operativo

Operaciones con Sulfuro de Hidrógeno (H₂S)

Revisión: 3
Fecha: 17/09/2021

Página: 15 de 15
Código: HOK-OTZ-PO-001

6 Documentos de Referencia

- API RP 49 Recommended Practice for Drilling and Well Servicing Operations Involving Hydrogen Sulphide
- API SPEC 16 A Specification for Drill-Through Equipment / ISO 13533 Drill-through equipment (BOPs)
- ANSI/NACE MR0175 Materials for use in H₂S-containing environments in oil and gas production / ISO 15156 Parts 1-3 Cracking-resistant materials for use in H₂S environments
- ANSI Z 390.1 Accepted Practices for Hydrogen Sulfide (H₂S) Training Programs
- NOM-010-STPS-2014, Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral-Reconocimiento, evaluación y control.

7 Formularios

- No aplica

8 Anexos

- No aplica.