Vertedero de Chiquita Canyon

Código de Instalación 119219

Evaluación de Opciones de Tratamiento de Ácido Sulfhídrico y de Sulfuro de Dimetilo

Chiquita Canyon Landfill (CCL)

29201 Henry Mayo Dr,

Castaic, CA 91384

SCS ENGINEERS

01204123.45 | 28 de agosto de 2026

4330 Lewis Road, Suite 1
Harrisburg, Pennsylvania 17111
(717) 671-1710

Tabla de Contenido

Sección Página

1.0 INTRODUCCIÓN 4
2.0 ANTECEDENTES 5
2.1 Sistema de Tratamiento de Azufre Existente 5
2.2 Falla del Tanque de Medios de Carbono en 2026 5
2.3 Propósito de esta Evaluación 5
3.0 BASE Y ALCANCE DE LA EVALUACIÓN 5
3.1 Investigaciones Previas 5
3.1.1 Investigaciones Previas y Factores Reguladores 5
3.1.2 Hallazgos en Tratamientos Históricos 5
3.1.2.1 Carbono Activado Impregnado con Cobre 5
3.1.2.2 Oxidación por Hipoclorito de Sodio 6
3.1.2.3 Streamline TALON® / Peróxido de Hidrógeno 6
3.1.2.4 Permanganato de Potasio de Clean Harbors 6
3.2 Criterios de Evaluación Específicos del Sitio y Base del Diseño 6
3.2.1 Infraestructura Existente 6
3.2.2 Limitaciones Físicas/de Espacio 7
3.2.3 Logística del Sitio y Consideraciones para el Tratamiento de Medios 7
3.2.4 Criterios para el Desempeño del Tratamiento 7
3.2.5 Composición del LFG y Resultados de las Muestras de Laboratorio 8
3.2.6 Índices de Flujo de LFG Actuales y Proyectados 8
3.2.7 Parámetros para el Diseño del Sistema de Tratamiento 9
4.0 EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AZUFRE 10
4.1 Modelo de Evaluación y Criterios para los Estudios 10
4.2 Evaluación de Alternativas de Tratamiento 11
4.2.1 Reemplazo del Sistema de Tratamiento de H_2S Existente 11
4.2.2 Sistema de Tratamiento de H_2S y DMS de NORIT 12
4.2.3 Sistema de Tratamiento UNICAT 15
4.2.4 Sistema de Tratamiento Biológico de Theia 19
4.2.5 Sistema de Tratamiento Catalítico por Calentamiento de Axens 22
4.3 Otras Posibles Alternativas Consideradas 26
4.3.1 Alternativas que Requieren Más Información 26
4.3.2 Alternativas No Avanzadas para una Evaluación Detallada 26
4.4 Evaluación Comparativa 27
4.4.1 Resumen de Ventajas y Desventajas por Proveedor 27
4.4.2 Comparativo de Opciones de Tratamiento 30
5.0 CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES 33
5.1 Conclusiones 33
5.2 Pasos Siguientes Recomendados 35
5.3 Tabla Resumida de las Respuestas de los Proveedores 36

Apéndices

Apéndice A	Planos de Diseño del Sistema de Tratamiento de H_2S en 2018
Apéndice B	Vertedero de Chiquita Canyon – Resultados de las Muestras de LFG
Apéndice C	NORIT Activated Carbon - Documentación del Proveedor
Apéndice D	Tecnologías de Catalizadores UNICAT - Documentación del Proveedor
Apéndice E	Theia, LLC - Documentación del Proveedor
Apéndice F	Axens Group - Documentación del Proveedor

1.0 INTRODUCCIÓN

Bajo la Orden de Depuración Estipulada (SOFA) No. 6177-4 modificada, con fecha 3 de junio de 2026, tal como lo acordaron el Distrito de Gestión de la Calidad del Aire de la Costa Sur (el SCAQMD o el Distrito) y el Vertedero de Chiquita Canyon (CCL/el Sitio), CCL debe investigar sistemas de control de óxidos de azufre (SOx) previos a la combustión, tanto conocidos como posibles, y evaluar si estos sistemas pueden aplicarse en la práctica en el Vertedero. Específicamente, la Condición No. 3(c) de la SOFA requiere lo siguiente:

> *"El Demandado deberá investigar y elaborar un informe sobre posibles soluciones para tratar las posibles causas de los incendios en los depósitos identificados en el informe elaborado en cumplimiento con la Condición 3(b) y/o basarse en el Estudio de Tratamiento de DMS del Biogás presentado en cumplimiento con la Condición 12(g)(i) y las actualizaciones presentadas como lo requiere la Condición 8(j) para identificar sistemas alternativos, conocidos y posibles, de control de H_2S o SOx previos a la combustión, la viabilidad de estos sistemas y la factibilidad de que funcionen estos sistemas en el vertedero. El informe debe detallar los resultados de la investigación y, si es relevante, los sistemas de control de H_2S o SOx identificados, la viabilidad de los sistemas en el vertedero, las ventajas/desventajas de los sistemas de control, la viabilidad y la eficiencia esperada del control de H_2S o SOx, las limitaciones previstas (si hubiera) debido a las condiciones en el vertedero, una lista de equipos que puedan requerirse para su instalación (ej. depósitos de medios de carbono nuevos, etc.) y una línea de tiempo propuesta para el diseño, la adquisición y la instalación de estos sistemas.* El informe debe ser presentado al AQMD de la Costa Sur [Baitong Chen, Ingeniero de la Calidad del Aire, *(bchen@aqmd.gov); Nathaniel Dickel, Ingeniero Sénior de la Calidad del Aire, (ndickel@aqmd.gov) y Christina Ojeda, Inspectora de la Calidad del Aire, (cojeda@aqmd.gov)] antes del 28 de agosto de 2026".*

2.0 ANTECEDENTES

2.1 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AZUFRE EXISTENTE

En 2018, CCL instaló un Sistema de Tratamiento de LFG (LFGTS) centralizado para remover H_2S del LFG antes de la combustión en las antorchas del Sitio. Autorizado bajo el Permiso No. G55163, el LFGTS incluye cuatro depósitos de tratamiento de medios de carbono, tuberías de recolección y transporte de LFG, una estación de antorchas con sopladores, servicios, sistemas eléctricos, controles, equipos de monitoreo, caminos de acceso e infraestructura para el tratamiento de condensados. El sistema fue diseñado para reducir concentraciones de azufre y ayudar en el cumplimiento de los requerimientos del permiso relacionados con el azufre y de los límites de emisiones de SOx. Consulte el Apéndice A para observar los planos del diseño del sistema.

2.2 FALLA DEL TANQUE DE MEDIOS DE CARBONO EN 2026

El 16 de enero de 2026, se identificaron temperaturas elevadas del LFG y un punto caliente localizado en el Tanque No. 2 de Tratamiento de H_2S, seguido de llamas visibles cerca del fondo del depósito. El personal del Sitio enfrió y contuvo el área afectada, extinguió las llamas y aseguró el Sitio. El Tanque No. 2 fue retirado de servicio, se redirigió el flujo de LFG a través de los Tanques No. 1 y 4 y no se volvió a instalar medio de tratamiento a la espera de una mayor investigación e implementación de medidas de seguridad apropiadas.

CCL y el fabricante del sistema de tratamiento evaluaron inicialmente las posibles causas, pero no pudieron identificar un mecanismo de falla definitivo porque el daño en los componentes internos limitó la investigación. Después de la audiencia del SCAQMD de junio de 2026 y de la modificación de la SOFA, SCS amplió la investigación en nombre de CCL para realizar una evaluación integral de la causa raíz consistente con la Condición 3(b). SCS presentó un informe inicial de la Condición 3(b) el 17 de julio de 2026 que contenía hallazgos preliminares, porque la investigación estaba en curso.

Posteriores hallazgos forenses externos identificaron una exposición prolongada a temperaturas que excedían los límites de diseño del depósito de epoxi reforzado con fibra de vidrio como la causa más probable de la falla, y que la ruptura ocurrió en una sección que se había reparado previamente. Observaciones visuales y análisis de laboratorio documentaron una amplia degradación térmica en componentes estructurales internos, pero no encontraron evidencia de defectos de manufactura, ataque de productos químicos o incompatibilidad de los materiales que hayan podido causar la falla.

También se observó evidencia de exposición a temperaturas elevadas por largo plazo en otros lugares del parque de tanques de tratamiento de H_2S y las reparaciones en los depósitos afectados tal vez no proporcionen el rendimiento o la durabilidad de la construcción original. Estos hallazgos, junto a la configuración existente del sistema descrita en la Sección 2.1.1, establecen la base para evaluar sistemas de control de azufre previos a la combustión de reemplazo o alternativos que puedan operar de forma segura y viable en el Sitio, como se describe en la Sección 2.1.3.

2.3 PROPÓSITO DE ESTA EVALUACIÓN

El propósito de esta evaluación es investigar posibles soluciones que traten las posibles causas de los incendios en los depósitos identificados en cumplimiento con la Condición 3(b) y basarse en el Estudio de Tratamiento de sulfuro de dimetilo (DMS) del LFG anterior elaborado por SCS el 30 de abril de 2024 y las posteriores actualizaciones. La evaluación identifica sistemas de control de H_2S y SOx previos a la combustión tanto conocidos como posibles alternativos y evalúa su viabilidad y factibilidad para operar en CCL. Para cada alternativa relevante, la evaluación considera la eficiencia de control prevista, ventajas y desventajas, limitaciones operativas específicas del Sitio, equipos necesarios y los plazos previstos para su diseño, adquisición e instalación.

3.0 BASE Y ALCANCE DE LA EVALUACIÓN

Este informe presenta una evaluación de ingeniería a nivel de selección preliminar basada en los datos operativos de CCL que están disponibles, en pruebas anteriores y en información que está fácilmente disponible, suministrada por proveedores de tecnología. La evaluación identifica alternativas que pueden justificar un mayor desarrollo, pero no establece que ninguna tecnología o configuración en particular actualmente sea práctica, que pueda operar de forma confiable o que sea económicamente viable para la aplicación en CCL a gran escala. Este informe no es un diseño del proceso final ni una especificación de los equipos, garantía de rendimiento o una recomendación para la adquisición. Los tamaños finales de los equipos, los controles de seguridad, los requerimientos de permisos, las garantías de desempeño y los costos de capital y operativos serían desarrollados a través de una posterior evaluación de ingeniería y de proveedores.

3.1 INVESTIGACIONES PREVIAS

3.1.1 Investigaciones Previas y Factores Reguladores

Desde principios de 2024, CCL ha evaluado tratamientos de azufre y medidas de prevención a través del estudio de tratamiento de DMS completado por SCS en nombre del Comité de la Reacción bajo la Condición 12(g)(i) de la SOFA. El estudio incluyó una revisión de las tecnologías de tratamiento disponibles, consultas con expertos de la industria y contacto con los proveedores, esfuerzos de pruebas piloto y revisiones de investigaciones publicadas para evaluar modelos tanto existentes como emergentes para el control de DMS. Las tecnologías consideradas en el estudio previo fueron reconsideradas para evaluación en virtud de las condiciones actuales del sitio y la disponibilidad limitada de sistemas de tratamiento de DMS a escala completa demostrados.

CCL continuó evaluando alternativas de tratamiento de azufre mediante una mayor interacción con proveedores, realizando pruebas de laboratorio y en el campo de las tecnologías de oxidación y adsorción y realizando una investigación forense del evento térmico en el depósito de tratamiento de azufre de 2026. En conjunto, estos trabajos han mejorado el entendimiento de los desafíos del tratamiento de azufre específicos del sitio, identificaron limitaciones técnicas asociadas a sistemas de tratamiento de azufre convencionales e informaron la evaluación de reemplazar los sistemas de tratamiento de azufre previo a la combustión o buscar sistemas alternativos, presentados en este informe.

3.1.2 Hallazgos en Tratamientos Históricos

El estudio de tratamiento de DMS del 30 de abril de 2024 evaluó medios y tecnologías de tratamiento que podían informar el reemplazo de los depósitos de tratamiento de H_2S existentes o el desarrollo de un sistema de control de azufre previo a la combustión diferente. Para la evaluación actual, se repasaron las tecnologías consideradas previamente en virtud del evento térmico de 2026 en el depósito, las condiciones actuales del Sitio y la necesidad de contar con un sistema de reemplazo que sea seguro y viable. Se evalúan alternativas que puedan utilizar una configuración convencional basada en los depósitos, que incluyen cambios en los medios de tratamiento o en los materiales del depósito, además de tecnologías que requerirían un tren de tratamiento completamente nuevo. Los hallazgos relevantes se incorporan al análisis de las alternativas en la Sección 3.2 en lugar de repetirse aquí en detalle.

3.1.2.1 Carbono Activado Impregnado con Cobre

Se realizó un estudio piloto utilizando carbono activado impregnado con cobre, combinado con carbono activado convencional.

- Las pruebas iniciales redujeron el DMS de 109 partes por millón por volumen (ppmv) a 0.9 ppmv después de un (1) día.
- El desempeño se redujo rápidamente en varios días.

- Pruebas posteriores confirmaron que la tecnología no era efectiva para una remoción de DMS consistente a largo plazo, a pesar de continuar siendo efectiva para la remoción de H_2S.

Esta tecnología finalmente fue eliminada y no se seguirá considerando.

3.1.2.2 Oxidación por Hipoclorito de Sodio

Las pruebas de campo utilizando hipoclorito de sodio demostraron:

- Que las reducciones iniciales de DMS se acercaban al 88 por ciento (%).
- La eficiencia del tratamiento se deterioró a casi cero en una (1) semana.

La tecnología fue considerada inapropiada para tratamiento a largo plazo debido al rápido consumo de oxidantes y a que su efectividad es cada vez menor.

3.1.2.3 Streamline TALON® / Peróxido de Hidrógeno

Investigaciones identificaron un tratamiento de reducción-oxidación (redox) utilizando un catalizador TALON y peróxido de hidrógeno como propuesta de tratamiento posiblemente viable. El proceso convierte compuestos de azufre en azufre elemental que puede quitarse del flujo de tratamiento.

CCL contrató a Streamline Innovations para que trajera una unidad piloto al sitio y la probó en un pozo para observar si reducía el TRS. La prueba piloto no fue exitosa debido a la ruta de reacción química; después se sugirió que agregar una etapa de peróxido de hidrógeno completaría la ruta de reacción química regenerativa donde había fallado previamente. CCL creyó que esto justificaba una evaluación en laboratorio, pero el SCAQMD no le dio la posibilidad de realizar la prueba. El proceso convierte compuestos de azufre en azufre elemental que puede quitarse del flujo de tratamiento.

3.1.2.4 Permanganato de Potasio de Clean Harbors

Clean Harbors propuso un proceso de oxidación de permanganato con capacidad de convertir compuestos de azufre en azufre elemental. Debido al desempeño teórico prometedor, CCL le informó al SCAQMD e inició una prueba de laboratorio en 2024.

Aunque las pruebas ocasionalmente lograron reducciones de DMS importantes, las variaciones en el flujo de LFG y la carga de contaminantes en competencia, que incluían compuestos orgánicos volátiles (VOC), dieron como resultado reacciones químicas inconsistentes e incompletas. Por consiguiente, la composición del gas de salida variaba y solo se logró una reducción importante de DMS de forma intermitente. Además, en algunas muestras de salida se identificaron compuestos de azufre y VOCs no detectados en el gas de entrada.

3.2 CRITERIOS DE EVALUACIÓN ESPECÍFICOS DEL SITIO Y BASE DEL DISEÑO

3.2.1 Infraestructura Existente

Como se describe en la Sección 2, el LFGTS existente incluye cuatro (4) depósitos de medios de carbono para la remoción de H_2S, el transporte de LFG asociado, la estación de antorchas con sopladores, servicios públicos, controles, instrumentación, sistemas eléctricos e infraestructura de tratamiento de condensados. Para propósitos de esta evaluación, se consideró esta infraestructura para determinar si cada alternativa podría reemplazar o integrarse con el sistema de tratamiento de azufre existente, utilizar los servicios públicos y controles existentes y mantener una conexión con la estación de antorchas con sopladores flujo abajo. El grado en que una alternativa puede utilizar el área de tratamiento existente

y la infraestructura de soporte afecta su capacidad de construcción, programa de implementación y necesidad de equipos nuevos, como se analiza en las siguientes secciones.

3.2.2 Limitaciones Físicas/de Espacio

Como parte de la evaluación, se consideró el espacio disponible para la construcción de nuevas instalaciones de tratamiento. Se identificaron varias ubicaciones de instalación posibles, que incluyeron el área de tanques de tratamiento existente, el centro Ameresco desmantelado (proveedor de conversión de gas a energía en el sitio) y el área parcialmente excavada al noreste de las instalaciones de tratamiento actuales.

El sistema de tratamiento de H_2S existente ocupa un área de aproximadamente 93 pies por 36 pies (aproximadamente 3,350 pies cuadrados), sin incluir las áreas adicionales de acceso y acopio requeridas para actividades de mantenimiento. Incluyendo los requerimientos de acceso operativo, se estima que el área de tratamiento ocupa aproximadamente 4,000 a 5,000 pies cuadrados. Consulte en el Apéndice A los planos de diseño de este evento de construcción.

Las instalaciones de Ameresco desmanteladas ocupan un área de aproximadamente 26,000 pies cuadrados (0.62 acres) en base a las mediciones aéreas. El área corresponde a una huella de aproximadamente 370 pies por 70 pies y proporciona espacio sustancialmente mayor que el área de tratamiento de H_2S existente. Sin embargo, esta área no está disponible para CCL para ningún propósito, debido a las condiciones contractuales con Ameresco.

También se consideraron futuros planes de desarrollo en el sitio, que incluyen la posible instalación de remolques de empleados dentro de las áreas que actualmente están disponibles. Las tecnologías de tratamiento con huellas de equipos grandes, importantes requerimientos de tanques o amplios sistemas auxiliares podrán verse limitadas por el espacio disponible para la construcción.

En base a la información que hay disponible actualmente, el área de tratamiento existente y las áreas vacantes cercanas representan las ubicaciones primarias consideradas para la implementación de sistemas de tratamiento de azufre de reemplazo o alternativos.

3.2.3 Logística del Sitio y Consideraciones para el Tratamiento de Medios

Además de los requerimientos de huella del sistema de tratamiento, la implementación de cualquier tecnología de tratamiento de azufre deberá considerar los impactos operativos asociados a la instalación de equipos, entregas de medios, remoción de medios, almacenamiento temporal y actividades de mantenimiento de rutina. Varias de las tecnologías evaluadas dependen del reemplazo periódico de grandes cantidades de medios de tratamiento que requieren acceso de camiones, áreas de acopio de equipos y lugares de almacenamiento temporario tanto para medios nuevos como para medios posiblemente usados. Los sistemas de tratamiento que requieren el reemplazo frecuente de medios podrán aumentar el tráfico dentro del área de tratamiento y podrían crear conflictos operativos con las actividades en curso en el vertedero, las operaciones de mantenimiento y futuros planes de desarrollo del sitio. Las tecnologías con altos índices de consumo de medios previsto también podrán requerir una mayor planificación logística para acomodar el transporte de medios, descargas, almacenamiento y actividades de disposición.

3.2.4 Criterios para el Desempeño del Tratamiento

El objetivo primario de esta evaluación es identificar un sistema de tratamiento de azufre previo a la combustión, ya sea de reemplazo o alternativo, que reduzca las emisiones de azufre y al mismo tiempo trate problemas relacionados con eventos térmicos y que pueda operarse de forma segura y viable en el Sitio. Se consideraron los requerimientos de permisos existentes relacionados con el azufre y los objetivos de tratamiento como referencia para el desempeño, pero no se excluyó ninguna

alternativa únicamente porque pudiera no reducir de forma independiente las concentraciones totales de azufre a los niveles permitidos.

Los requerimientos operativos actuales incluyen un límite de concentración diaria promedio de azufre total de 80 ppmv y un límite de concentración mensual promedio de azufre total de 60 ppmv en la salida del sistema de tratamiento. Por lo tanto, la evaluación considera la reducción esperada de cada alternativa de H_2S, DMS y total de azufre, incluyendo sistemas que puedan proporcionar una importante reducción de azufre incremental o reemplazar de forma segura la función del tratamiento de H_2S existente, incluso si se necesitasen otros controles para lograr el cumplimiento completo.

El Permiso No. G55163 autoriza que el sistema de tratamiento de azufre centralizado incluya hasta seis depósitos de tratamiento de 12 pies de diámetro, aunque se instalaron cuatro depósitos en 2018. Se consideró esta configuración permitida, además de la posible necesidad de que se realicen modificaciones en el permiso para diferentes equipos o condiciones operativas, al evaluar la capacidad de construcción y la implementación de cada alternativa.

3.2.5 Composición del LFG y Resultados de las Muestras de Laboratorio

Se revisaron los datos de laboratorio disponibles y los resultados de los monitoreos de campo para desarrollar condiciones de diseño representativas para la evaluación. Además de las concentraciones elevadas de DMS, H_2S y otros compuestos de azufre reducido asociados al evento de reacción del vertedero en curso, los resultados analíticos tomados en la entrada de la antorcha FL-2009 indican la presencia de varios compuestos orgánicos volátiles (VOCs) que pueden influenciar el desempeño del tratamiento. Los compuestos más importantes identificados fueron acetona en 83.9 ppmv y 2-butanona en 37.8 ppmv. También se detectaron concentraciones más pequeñas de otros VOCs. Consulte en el Apéndice B los resultados completos de los análisis de laboratorio de los gases.

Estos compuestos son particularmente importantes al evaluar las tecnologías de tratamiento basadas en la adsorción porque pueden competir con el DMS en la capacidad de tratamiento disponible dentro del lecho de medios. A medida que van aumentando las concentraciones de VOC, una parte de la capacidad de los medios la consumen estos compuestos en lugar de remover el DMS, lo que puede reducir la vida de los medios y aumentar la frecuencia de reemplazo de medios. Los VOCs también pueden afectar los medios de adsorción de H_2S, aunque el alcance del efecto depende de la formulación de los medios y de las condiciones operativas.

Por este motivo, la evaluación consideró tanto concentraciones de compuestos de azufre como la presencia de VOCs que compiten, al evaluar el desempeño esperado, los requerimientos operativos y los costos a largo plazo de cada alternativa de tratamiento.

3.2.6 Índices de Flujo de LFG Actuales y Proyectados

Se evaluaron las alternativas de tratamiento utilizando las condiciones del flujo de LFG actuales, como también las futuras condiciones operativas proyectadas. Los índices actuales de extracción de LFG son de aproximadamente 18,000 pies cúbicos estándar por minuto (scfm) y se espera que los flujos futuros se acerquen a los 25,000 scfm. Se utilizó este rango operativo para evaluar los tamaños de los equipos, la capacidad de tratamiento, los costos operativos y los futuros requerimientos de expansión. Para alternativas de medios, la viabilidad además depende de la vida de servicio esperada de los medios y de la frecuencia y la duración de los cambios. Las alternativas que requieren reemplazo de medios tan frecuente que el sistema no pueda mantener un tratamiento significativo entre cambios o que no puedan mantener una capacidad de tratamiento adecuada durante actividades de cambios podrán no ser viables operativamente en el Sitio.

3.2.7 Parámetros para el Diseño del Sistema de Tratamiento

Las alternativas de tratamiento de azufre se evaluaron utilizando los criterios específicos del Sitio descritos en las Secciones 3.2.1 a 3.2.6, que incluyen la compatibilidad con la infraestructura existente, el espacio disponible, los requerimientos de tratamiento de medios, los objetivos del tratamiento, la composición del LFG y los índices de flujo actuales y proyectados. En conjunto, estos criterios definen las condiciones operativas y las restricciones prácticas que aplican a sistemas de tratamiento de azufre de reemplazo y alternativos en el Sitio.

Se evaluó cada alternativa para analizar si su implementación es segura y confiable; si proporciona una reducción importante de H_2S, DMS o total de azufre; si acomoda las condiciones operativas esperadas; y si mantiene una capacidad de tratamiento práctica entre eventos de mantenimiento o de cambio de medios. Estos parámetros forman la base de diseño común para la evaluación comparativa presentada en la Sección 4.

Tabla 1. Resultados del Análisis TO-15 de compuestos VOC notables en FL-2009 - 4 de abril de 2026

Compuesto	Concentración (ppm)
Acetona	83.5
2-Butanona	37.8
Tetrahidrofurano	32.4
Alcohol Isopropílico	28.0
Benceno	19.0

Consulte en el Apéndice B los resultados completos de los análisis TO-15 en la entrada de FL-2009.

En conjunto, estas condiciones específicas del Sitio, las restricciones operativas, los objetivos de tratamiento y los parámetros del diseño forman la base para evaluar y comparar las alternativas para el tratamiento de azufres presentadas en la Sección 4.

4.0 EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AZUFRE

Esta evaluación se basa principalmente en información, proyecciones de desempeño y representaciones técnicas proporcionadas por los proveedores. A menos que se indique otra cosa, no se han verificado las eficiencias de tratamiento informadas por los proveedores, el desempeño de los medios, la vida de servicio, los costos u otras afirmaciones de desempeño. Si se avanza alguna alternativa, se establecerían los requerimientos de desempeño y las garantías con el proveedor seleccionado y se evaluarían durante el posterior diseño, construcción, puesta en marcha y operación.

4.1 MODELO DE EVALUACIÓN Y CRITERIOS PARA LOS ESTUDIOS

Para iniciar la evaluación, SCS distribuyó una solicitud de información preliminar a varios proveedores de tratamiento que describía un flujo de LFG con índices de flujo previstos de 15,000 a 25,000 scfm, composición de gas de aproximadamente un 30% de metano, 22% de dióxido de carbono, 3% de oxígeno y 45% de nitrógeno, concentraciones de H_2S que varían de 150 a 200 ppmv y concentraciones de DMS que varían de 200 a 1,000 ppmv. Estos criterios de LFG se destacan en la Tabla 2 a continuación. Se les solicitó a los proveedores que proporcionaran información sobre las tecnologías de tratamiento disponibles con capacidad de tratar las concentraciones de H_2S y DMS informadas, identificar los constituyentes del LFG que podrían impactar el desempeño del tratamiento y analizar los requerimientos operativos y las limitaciones de tratamiento previstos.

A medida que los proveedores fueron respondiendo y fueron avanzando los análisis, SCS fue proporcionando más información específica del sitio para respaldar la evaluación, que incluyó los resultados analíticos de TO-15 tomados el 2 de abril de 2026 de la entrada de FL-2009 y otros datos de caracterización de LFG. La información adicional permitió que los proveedores evalúen mejor los efectos de los VOCs, la humedad, la concentración de oxígeno y otras condiciones operativas específicas del sitio sobre el desempeño esperado para sus tecnologías de tratamiento propuestas. A los proveedores también se les proporcionaron los requerimientos operativos actuales de un límite de concentración diaria promedio de azufre total de 80 ppmv y un límite de concentración mensual promedio de azufre total de 60 ppmv en la salida del sistema de tratamiento, como información.

Tabla 2. Criterios de Diseño para la Solicitud del Proveedor

Solicitud	LFG
Condiciones Operativas:	
Temperatura	~90 °F – 130 °F
Presión	-60 psig
Índice de Flujo	15,000 SCFM – 25,000 SCFM
R.H.	~80%
Composición del Gas:	
N2	45%
CH4	30%
O2	3%
CO2	22%
H_2S	150ppm – 200ppm
DMS	200ppm – 1000ppm

Solicitud	LFG
Objetivos del Tratamiento:	
Límite Diario de Azufre	80 ppmv
Límite Mensual de Azufre	60 ppmv

4.2 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

Además de evaluar nuevas tecnologías de tratamiento con capacidad de tratar tanto H_2S como DMS, también se consideró una alternativa que consiste en reemplazar la infraestructura de tratamiento de H_2S existente utilizando medios de carbono activado BG-1 de NORIT. Esta alternativa se enfocaría en la instalación de nuevos depósitos de tratamiento, el cambio de tuberías, controles y sistemas de monitoreo mejorados y al mismo tiempo en mantener un modelo de tratamiento convencional basado en la adsorción de H_2S.

En base a las respuestas de los proveedores, se identificaron cuatro (4) tecnologías que justificarían una mayor evaluación técnica: NORIT Activated Carbon, UNICAT Catalyst Technologies, Theia, LLC y Axens Group. Cada uno de estos proveedores indicó tener una posible capacidad de tratar tanto H_2S como DMS y posteriormente proporcionaron información técnica que sustenta una revisión más detallada del desempeño del tratamiento, de los requerimientos operativos, las consideraciones para la implementación y la posible aplicabilidad en CCL.

4.2.1 Reemplazo del Sistema de Tratamiento de H_2S

Existente

Evaluación de la Viabilidad

Mejorar el sistema de tratamiento de H_2S utilizando medios BG-1 de NORIT representa una posible alternativa que mantendría una propuesta de tratamiento de azufre convencional y al mismo tiempo reemplazaría la infraestructura antigua e incorporaría mejores capacidades de monitoreo. Esta alternativa consistiría enl reemplazo de depósitos de tratamiento, mejoras en las tuberías asociadas, controles, sistemas de monitoreo remoto y carbón activado BG-1 para la remoción de H_2S.

En base a los análisis realizados con NORIT, un sistema de tratamiento de H_2S específico que utilice depósitos de tratamiento más grandes podría proporcionar intervalos de reemplazo de medios que excedan el año y al mismo tiempo permanecer dentro de una estructura de trabajo de tratamiento basado en adsorción relativamente convencional. Como no se completó la ingeniería detallada, la información sobre los plazos, el costo, los servicios públicos y la instalación se basan en hipótesis de ingeniería y no en datos proporcionados por el proveedor.

Se asume que la implementación podría lograrse dentro o contigua a la zona de tratamiento existente y requeriría una infraestructura para el nuevo proceso sustancialmente menor que las alternativas de tratamiento de DMS evaluadas en este informe. Se esperaría que los requerimientos de servicios públicos continuarían siendo en general consistentes con las operaciones de tratamiento de azufre convencionales, con el agregado de equipos de monitoreo y comunicaciones.

Las actividades de mantenimiento consistirían principalmente de monitoreo de azufre, inspección de depósitos y reemplazo periódico de medios BG-1. Los requerimientos de tiempos de inactividad no pueden evaluarse totalmente, pero se asume que son mínimos debido al uso de una disposición de depósitos en secuencia, que permitiría que un depósito de tratamiento se mantenga en servicio mientras se realizan actividades de mantenimiento en el otro.

Durante las conversaciones de seguimiento, NORIT evaluó una configuración de tratamiento de H_2S

conceptual que consiste en dos depósitos de tratamiento con diámetro interior (I.D.) de 26 pies, operados en secuencia. NORIT indicó que los depósitos de este tamaño proporcionarían aproximadamente 12,000 pies cúbicos de volumen de medios por depósito y podrían tratar posiblemente los índices de flujo de biogás proyectados de hasta 25,000 scfm utilizando un solo tren de tratamiento de H_2S. En base a la evaluación de NORIT, la configuración de depósitos más grande podría proporcionar intervalos de servicio de medios de H_2S más largos mientras permiten simultáneamente que los otros cuatro depósitos se dediquen al tratamiento de DMS flujo abajo. SCS no ha verificado de forma independiente esta vida proyectada de los medios y el desempeño real dependería de la carga de azufre específica del sitio, de las condiciones operativas, la composición del gas y el diseño final del depósito.

La generación de desechos consistiría principalmente de medios BG-1 usados que requieren remoción y disposición periódica. Las consideraciones de seguridad en general serían consistentes con los sistemas de tratamiento de azufre de carbono activado convencionales y actividades de manipulación de medios asociadas. Pero la viabilidad de esta alternativa está limitada por los hallazgos forenses externos, que identificaron una exposición prolongada a temperaturas que exceden los límites de diseño de los depósitos de epoxi reforzado con fibra de vidrio como la causa más probable de la falla. La ruptura ocurrió en una sección del depósito que se había reparado previamente. En base a estos hallazgos, se requieren tanques de reemplazo y un sistema de monitoreo más robusto para el funcionamiento confiable del sistema.

4.2.2 Sistema de Tratamiento de H_2S y DMS de NORIT

Evaluación de la Viabilidad

El tratamiento propuesto por NORIT consistiría en tratamiento de H_2S, deshidratación de gases, tratamiento de condensados, recalentamiento de gases, remoción de VOCs y carbono activado RB-4 flujo abajo para el tratamiento de DMS. NORIT proporcionó plazos de entrega de medios de aproximadamente uno a dos meses para medios BG-1 y de aproximadamente seis meses para medios RB-4; sin embargo, no se proporcionó un programa completo sobre el diseño, la adquisición, la instalación y la puesta en marcha.

En base a la información del proveedor, el tren de tratamiento de H_2S propuesto requeriría aproximadamente entre 3,000 y 4,500 pies cuadrados de espacio. Se necesitaría más espacio para los equipos de deshidratación, tratamiento de VOC y tratamiento de DMS. Se asume que la huella total instalada sería sustancialmente mayor a la huella de tratamiento de H_2S sola. Los requerimientos de servicios públicos incluirían servicio eléctrico para los sistemas de refrigeración, equipos de recalentamiento, instrumentación, controles y el sistema de tratamiento de VOCs propuesto, aunque no se indicaron las demandas eléctricas específicas del proveedor.

Las actividades de mantenimiento requerirían el reemplazo periódico de medios, tratamiento de condensados y servicio de mantenimiento de los equipos de deshidratación y de tratamiento de VOCs. El proveedor no indicó los estimativos de los tiempos de inactividad; sin embargo, se asume que los tiempos de inactividad podrían minimizarse con configuraciones de depósitos en secuencia apropiados y programas de reemplazo de medios planeados. En base al diseño conceptual de Norit y a los posteriores análisis, las actividades de reemplazo de medios de H_2S ocurrirían en un intervalo más largo, mientras que las actividades de reemplazo de medios RB-4 para DMS ocurrirían aproximadamente cada 17 días bajo la situación operativa idealizada, presentada por el proveedor. Consulte en el Apéndice C más detalles sobre esta situación operativa.

La generación de desechos consistiría principalmente de medios de BG-1 usado, medios de RB-4 usado y condensados generados por el proceso de deshidratación. En base a los estimativos de consumo de RB-4 proporcionados por el proveedor, SCS estima que la generación de RB-4 usado anualmente es de aproximadamente 3,231 toneladas por año. Las cantidades de BG-1 usado no fueron indicadas por el proveedor; sin embargo, en base a la configuración del tratamiento conceptual de H_2S y a la vida proyectada de los medios que excede un año, SCS estima que los requerimientos de disposición de BG-1 anuales podrían variar de aproximadamente 120 a 360 toneladas por año.

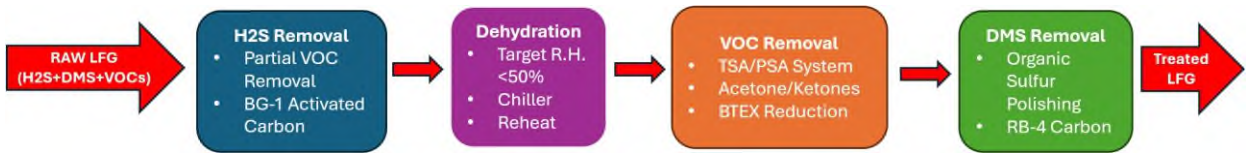
Las consideraciones de seguridad incluyen la operación de sistemas de refrigeración y de recalentamiento de gases, manejo de condensados y actividades de reemplazo de medios que contienen azufre. Aunque no se proporcionó un estimativo completo del costo de capital, se prevé que los costos de reemplazo de medios serán significativos en relación a las otras alternativas evaluadas, debido al consumo de medios RB-4 anual proyectado y a los requerimientos de infraestructura adicional.

Proceso

NORIT propone un proceso de adsorción en etapas diseñado para tratar el H_2S y el DMS de forma independiente utilizando medios seleccionados para cada contaminante. La remoción de H_2S se lograría utilizando carbono activado BG-1 flujo arriba del proceso de remoción de DMS. Durante los análisis de seguimiento, NORIT aclaró que el DMS se comporta de forma más similar a las cetonas, las acetonas y otros VOCs oxigenados que a los compuestos de azufre tradicionales y se ve impactado significativamente por la competencia de VOCs dentro del lecho de carbono.

Para maximizar la capacidad de adsorción del DMS, el modelo de tratamiento de preferencia de NORIT incluye remoción de H_2S, deshidratación, recalentamiento, remoción masiva de VOCs a través de un proceso de adsorción regenerativa Adsorción por Oscilación de Temperatura / Adsorción por Oscilación de Presión (TSA/PSA) y carbono activado RB-4 flujo abajo para la depuración de DMS. NORIT indicó que el control de humedad y la reducción de VOCs son los factores principales que afectan el desempeño de los medios de DMS y que la concentración de oxígeno no es un factor importante en la operación del RB-4. NORIT aclaró que el proceso propuesto utiliza condiciones operativas separadas para tratamiento de H_2S y de DMS. La remoción de H_2S BG-1 se realiza bajo condiciones de relativamente mucha humedad (60-100% de humedad relativa [RH]), mientras que el tratamiento de DMS RB-4 flujo abajo requiere el acondicionamiento del LFG a menos de aproximadamente el 50% de RH mediante enfriamiento, remoción de condensados y recalentamiento, antes de ingresar a los depósitos de tratamiento de DMS.

Figura 1. Diagrama del Proceso Propuesto por NORIT



Artículos de Consumo

Los consumibles primarios asociados al proceso de NORIT son carbono activado BG-1 para la remoción de H_2S y carbono activado RB-4 para la remoción de DMS. También se necesitaría electricidad para la deshidratación, el recalentamiento, la remoción de VOCs, la instrumentación y los sistemas de control. NORIT identificó la acetona, las cetonas y los compuestos de benceno, tolueno, etilbenceno y xileno (BTEX) como los principales VOCs que compiten en la capacidad de adsorción dentro de los lechos de tratamiento de DMS. Durante los análisis de seguimiento, NORIT proporcionó precios preliminares del RB-4 de $4.85 por libra para el volumen previsto para el proyecto e indicó que el inventario de medios sería abastecido y manejado desde su centro de Marshall, Texas.

NORIT no proporcionó suficiente información para estimar la demanda eléctrica, el costo operativo anual, los requerimientos de dotación de personal o la cantidad y clasificación de condensados y medios usados. Estos datos serían necesarios antes de que pueda evaluarse totalmente la tecnología o que pueda seleccionarse para su implementación.

Productos de Desechos

Se espera que el proceso genere medios de BG-1 y RB-4 usado, requiriendo su remoción y disposición periódica. Los compuestos de azufre, DMS, H_2S y VOCs que compiten se adsorben en los medios y finalmente son quitados de servicio cuando se agota la capacidad de adsorción. NORIT destacó que los requerimientos de disposición pueden variar, dependiendo de la carga de contaminantes final de los medios y que podría requerirse una caracterización de desechos peligrosos antes de la disposición, en particular donde haya concentraciones elevadas de benceno u otros compuestos regulados. Además de los medios BG-1 y RB-4 usados, se espera que el sistema de deshidratación genere condensados que requieran recolección y el tratamiento de líquidos. NORIT destacó que una parte de los VOCs solubles en agua también podría removerse durante el proceso de deshidratación y pasar al flujo de condensados. Para comparar, las operaciones actuales requieren aproximadamente dos días para completar el reemplazo de medios dentro de un solo depósito de tratamiento de 25 toneladas. La frecuencia de los futuros cambios de medios podría tener un impacto en los requerimientos de mantenimiento, en la logística operativa, en la disponibilidad de equipos y en las actividades del sitio en general.

Requerimientos de Operación y Mantenimiento (O&M)

Se espera que las actividades de operación y mantenimiento incluyan el monitoreo del desempeño del tratamiento de azufre, la operación de la deshidratación y de los sistemas de remoción de VOCs, el tratamiento de la generación de condensados y el reemplazo periódico de medios. NORIT enfatizó que el control de humedad es uno de los parámetros operativos más importantes porque la humedad elevada puede reducir significativamente la efectividad del tratamiento de DMS. Durante los análisis de seguimiento, NORIT identificó un sistema de monitoreo Camlin que está disponible a nivel comercial, con capacidad de proporcionar mediciones de DMS aproximadamente cada hora en bajas concentraciones de ppm e indicó que esta tecnología ha sido utilizada por otros clientes para optimizar los tiempos de reemplazo de medios.

Plazos

NORIT indicó un plazo estimativo de aproximadamente uno a dos meses para la entrega inicial de BG-1 y aproximadamente seis meses para la entrega inicial de RB-4. Una vez armado el inventario, NORIT estima que los medios de reemplazo en general podrían suministrarse en aproximadamente dos a tres semanas. Los medios BG-1 se enviarían desde Texarkana, Texas, mientras que los medios RB-4 se enviarían desde Marshall, Texas. Estos estimativos tratan únicamente la adquisición de medios y no representan el cronograma de implementación completo.

El tren de tratamiento propuesto requeriría el diseño y la construcción de un sistema sustancialmente nuevo, que incluya depósitos de tratamiento de H_2S y DMS específicos, equipos de deshidratación y de tratamiento de condensados, recalentamiento de gas, remoción de VOCs regenerativo, instrumentación para el monitoreo, controles, servicios públicos, interconexión de tuberías y mejoras civiles del Sitio. Antes de la adquisición, serían necesarias pruebas adicionales del proveedor y un mayor desarrollo del diseño para confirmar el desempeño del tratamiento, la vida de los medios, los tamaños de los depósitos, el despliegue de equipos, la demanda de servicios públicos, los controles de seguridad y los requerimientos de tratamiento de desechos bajo las condiciones específicas del Sitio.

El programa general también debería considerar pruebas piloto y de laboratorio, la solicitud de permisos, ingeniería detallada, fabricación de equipos, preparación del Sitio, mejoras en los servicios públicos, construcción, integración del sistema, puesta en marcha, pruebas de desempeño y capacitación de los operadores. Los equipos cuya entrega tardaría más incluyen depósitos de tratamiento, sistemas de deshidratación y de remoción de VOCs, controles y componentes eléctricos, además de los medios RB-4. Como NORIT no indicó las duraciones de estas actividades, todavía no puede establecerse un programa de implementación completo y requeriría un mayor desarrollo del diseño y coordinación con el proveedor y las agencias que emiten los permisos

Viabilidad

NORIT indicó que el tratamiento de DMS es técnicamente viable utilizando carbono activado RB-4; sin embargo, el desempeño del tratamiento y la vida de los medios dependen mucho del control de la humedad flujo arriba y de la reducción de VOCs. El proveedor llegó a la conclusión de que la remoción de DMS puede lograrse si se incorpora un acondicionamiento de gases adecuado al tren de tratamiento.

Lista de Equipos

- Depósitos de tratamiento de H_2S BG-1
- Depósitos de tratamiento de DMS RB-4
- Sistema de deshidratación/enfriamiento
- Sistema de recalentamiento de gases
- Sistema de remoción de VOCs regenerativo (tipo TSA/PSA)
- Instrumentación de monitoreo de DMS
- Sistema de recolección y tratamiento de condensados

El tren de tratamiento propuesto por NORIT requeriría un nuevo sistema en lugar de una conexión directa o la reutilización de los depósitos de tratamiento de azufre existentes. Aunque el sistema nuevo se integraría con la infraestructura de transporte de LFG flujo arriba y flujo abajo existente, la implementación requeriría una importante ingeniería para establecer la configuración final del proceso, los tamaños de los depósitos, la distribución de equipos, los requerimientos de servicios públicos, los controles de seguridad y el diseño de los puntos de conexión. También se necesitarían importantes esfuerzos de adquisición y construcción para los depósitos de tratamiento, los equipos de acondicionamiento de gases y de remoción de VOCs, los controles, sistemas eléctricos, tuberías de interconexión, mejoras civiles, emisión de permisos, arranque y puesta en marcha.

Información No Proporcionada

Aunque NORIT proporcionó mucha información sobre la configuración del proceso, los medios del tratamiento, los plazos y los requerimientos operativos conceptuales, no se proporcionó cierta información solicitada durante esta evaluación. Específicamente, NORIT no proporcionó estimativos detallados sobre la demanda eléctrica, sobre los requerimientos de consumibles del sistema de deshidratación, los índices de generación de condensados, los requerimientos de caracterización o disposición de desechos para medios usados, los requerimientos de mano de obra y de dotación de personal, los costos anuales de mantenimiento o un estimativo de costos operativos anuales integral. Como resultado, partes del costo operativo, de la demanda de servicios públicos, del tratamiento de desechos y de las evaluaciones de operaciones y mantenimiento se basaron en hipótesis y en la información disponible de los proveedores.

Consulte en el Apéndice C la documentación adicional suministrada por NORIT Activated Carbon.

4.2.3 Sistema de Tratamiento de

UNICAT

Evaluación de la Viabilidad

El modelo de tratamiento propuesto por UNICAT parece ser técnicamente viable y utiliza etapas de tratamiento específicas para la remoción de H_2S, la remoción de VOCs y el tratamiento de DMS. El proveedor proporcionó plazos estimativos que varían de aproximadamente 13 a 25 semanas para entregas de medios iniciales y aproximadamente 4 a 6 semanas para el reemplazo de medios, bajo un acuerdo de suministro; sin embargo, no se proporcionó un programa completo para la implementación.

El sistema propuesto consiste en seis depósitos de tratamiento con diámetro interior de 20 pies y requeriría espacio suficiente para el manejo de los medios y acceso para el mantenimiento. Como no se proporcionó un diseño final del sitio, los requerimientos de huella generales se basan en los diámetros de los depósitos propuestos. Se espera que los requerimientos de servicios públicos se limiten principalmente a sistemas de monitoreo, tratamiento de condensados y posible inyección de agua para mantener las condiciones operativas saturadas; sin embargo, el proveedor no cuantificó la demanda eléctrica.

Las actividades de mantenimiento consistirían principalmente en monitoreo de azufre, monitoreo de VOCs, tratamiento de condensados y reemplazo periódico de medios de tratamiento. No se indicaron los estimativos de los períodos de inactividad. Se asume que la configuración de varios depósitos permitiría que se realicen actividades de reemplazo de medios en etapas y se minimicen las interrupciones en las operaciones de tratamiento.

En base a los estimativos de la vida de los medios indicada por el proveedor, SCS asume que el reemplazo de SR-101D ocurriría aproximadamente cada 40 meses, mientras que el reemplazo de medios de HRU-CSP y de TSR-12SF ocurriría aproximadamente cada 1 o 2 meses. Se asume que estas actividades de reemplazo podrían realizarse en depósitos individuales sin necesidad de un corte completo del sistema de tratamiento.

La generación de desechos consistiría principalmente de medios de SR-101D, HRU-CSP y TSR-12SF usados. En base a los estimativos de la vida de servicio de los medios indicada por el proveedor y a la configuración propuesta para el tratamiento, SCS estima que las cantidades de disposición anuales de TSR-12SF podrán variar de aproximadamente 1,000 a 1,600 toneladas por año. Como referencia, la operación actual en el sitio generó 650 toneladas por año. El proveedor proyectó una vida de los medios SR-101D de aproximadamente 40 meses, indicando cantidades de disposición anuales comparativamente bajas para los medios de tratamiento de H_2S. Las cantidades anuales de disposición de HRU-CSP no se indicaron explícitamente; por lo tanto, el índice total de generación de desechos se basa parcialmente en hipótesis de ingeniería y probablemente variaría, dependiendo de la carga de VOCs y la frecuencia de reemplazo de medios reales.

Las consideraciones de seguridad incluyen el manejo de medios que contienen azufre, la operación bajo condiciones de gas saturado y el mantenimiento de sistemas de tratamiento de óxido de hierro. Mientras que no se proporcionó un costo del sistema instalado completo, los costos del inventario inicial de medios y las frecuencias de reemplazo proyectadas indican que los costos operativos a largo plazo se verán fuertemente influenciados por los requerimientos de reemplazo de medios.

Proceso

UNICAT recomienda un proceso de adsorción en etapas utilizando medios de tratamiento específicos para H_2S, VOCs y DMS. La configuración propuesta consiste en un adsorbente de óxido de hierro SR-101D flujo arriba para la remoción de H_2S seguido de carbono activado HRU-CSP de UNICARBON para la remoción de VOCs y carbono activado impregnado con bimetal TSR-12SF flujo abajo para la depuración de DMS.

UNICAT indicó que los VOCs oxigenados pueden reducir significativamente la vida de los medios de DMS mediante adsorción competitiva y por lo tanto recomienda una etapa específica de remoción de VOCs flujo arriba de los medios TSR-12SF. El proveedor prevé concentraciones de H_2S de salida por debajo de los 2 ppmv y concentraciones de DMS de salida por debajo de los 60 ppmv, permitiendo que el flujo de gases tratados cumpla con la especificación objetivo de menos de 60 ppmv de azufre total. También puede utilizarse una configuración de bypass del 25% opcional para reducir el consumo de medios y al mismo tiempo continuar cumpliendo con los requerimientos de azufre en la salida.

Figura 2. Diagrama del Proceso Propuesto por Unicat



Artículos de Consumo

Los consumibles primarios asociados al proceso de UNICAT incluyen medios de óxido de hierro SR-101D para la remoción de H_2S, carbono activado HRU-CSP de UNICARBON para la remoción de VOCs y medios TSR-12SF para la remoción de DMS. En base a la propuesta técnica, se proyecta que el medio SR-101D tendrá una vida de servicio de aproximadamente 40 meses, mientras que se proyecta que los medios tanto HRU-CSP como TSR-12SF deben reemplazarse cada uno o dos meses bajo las condiciones de diseño evaluadas. UNICAT también recomienda medios de soporte cerámico Densimax para la nivelación de los depósitos y la distribución del flujo. En base a la propuesta comercial, el inventario inicial de medios incluye aproximadamente 22,050 pies^3 de medios SR-101D, 10,045 pies^3 de medios de HRU-CSP y 11,998 pies^3 de medios TSR-12SF distribuidos en seis depósitos de tratamiento propuestos.

Productos de Desechos

Los flujos de desecho primarios generados por el proceso de UNICAT consisten en medios de óxido de hierro usado, carbono activado usado para la remoción de VOCs y medios usados para la remoción de DMS. Los compuestos de azufre, DMS y VOCs se retienen dentro de los adsorbentes y se quitan del servicio durante eventos de reemplazo. UNICAT además identificó tratamiento de condensados como una consideración en el diseño para el depósito de remoción de H_2S debido a que se operará bajo condiciones de gas saturado.

Requerimientos de O&M

Se espera que las actividades de O&M incluyan monitoreo de azufre, monitoreo de TOC, tratamiento de condensados, reemplazo periódico de medios e inspecciones de depósitos de rutina. UNICAT recomienda monitorear las concentraciones de azufre flujo abajo en cada tren de tratamiento y monitorear periódicamente la especiación de TOCs para optimizar la frecuencia de reemplazo de medios de VOC. El proveedor destacó que la capa de remoción de VOCs experimentará un perfil de ruptura cromatográfica y por lo tanto podrá requerir un ajuste periódico de los cronogramas de reemplazo en base al desempeño real en el campo. Debe continuar habiendo oxígeno presente dentro del depósito de tratamiento de H_2S durante la operación, para evitar la generación excesiva de calor asociada a la oxidación del sulfuro de hierro.

Plazos

UNICAT indicó plazos iniciales para los medios de aproximadamente 20 semanas para SR-101D, 13 semanas para HRU-CSP y 25 semanas para TSR-12SF. La carga inicial de medios en el sistema por lo tanto requeriría aproximadamente 25 semanas después de la emisión de la orden de compra. Las posteriores entregas de medios podrían reducirse a aproximadamente cuatro a seis semanas si se firma un acuerdo de suministro y un programa de abastecimiento de inventario. Estos estimativos tratan únicamente la adquisición de medios y no representan el cronograma de implementación completo.

El tren de tratamiento propuesto requeriría un nuevo sistema de seis depósitos con etapas de tratamiento específicas para H_2S, VOC y DMS en lugar de volver a usar los depósitos existentes. La implementación requeriría una mayor coordinación con el proveedor e ingeniería detallada para confirmar el desempeño del tratamiento, la vida de los medios,

los tamaños de los depósitos, la distribución de los equipos, los requerimientos de servicios públicos, las bases, los controles de seguridad, el monitoreo, el tratamiento de condensados, las disposiciones para el manejo de medios y las conexiones a la infraestructura de LFG existente flujo arriba y flujo abajo.

El programa general también deberá considerar la obtención de permisos, la adquisición y fabricación de los depósitos y de los equipos auxiliares, la preparación del Sitio, obra civil y eléctrica, construcción, entrega y carga de medios, integración del sistema, puesta en marcha, pruebas de rendimiento y capacitación de los operadores. Los elementos con plazos de entrega prolongados podrán incluir depósitos de tratamiento, equipos de monitoreo y control y medios TSR-12SF iniciales. Como UNICAT no indicó las duraciones de estas actividades, todavía no puede establecerse un programa completo desde el diseño hasta la puesta en marcha y requeriría otro desarrollo de ingeniería y coordinación con el proveedor y las agencias que emiten los permisos

Viabilidad

UNICAT indicó que el tren de tratamiento propuesto tiene la capacidad de reducir las concentraciones de H_2S en la salida por debajo de los 2 ppmv y las concentraciones de azufres totales por debajo de los 60 ppmv bajo las condiciones operativas evaluadas. El proveedor considera que el proceso es técnicamente viable siempre que la carga de VOCs y de azufres continúe dentro de la base del diseño utilizada durante el desarrollo de la propuesta

Lista de Equipos

- Depósitos de H_2S SR-101D
- Depósitos de remoción de VOCs HRU-CSP
- Depósitos de tratamiento de DMS TSR-12SF
- Medios de soporte cerámico Densimax
- Equipos de monitoreo de azufre
- Equipos de monitoreo de TOC/VOC
- Equipos de tratamiento de condensados
- Equipos de monitoreo de DMS
- Posible sistema de inyección de agua (si fuera necesario para mantener la saturación)

La alternativa de UNICAT requeriría una cantidad sustancial de equipos nuevos de tratamiento y de apoyo en lugar de volver a utilizar los depósitos de tratamiento de azufre existentes. Por lo tanto, se necesitaría una importante ingeniería para finalizar la configuración del proceso, los tamaños de los depósitos, la disposición de los equipos, las bases, los servicios públicos, los controles, los monitoreos, el tratamiento de condensados, los sistemas de manejo de medios y las conexiones a la infraestructura de LFG existente. La adquisición y fabricación de los depósitos, equipos auxiliares e inventario inicial de medios también requeriría plazos considerables; por lo tanto, la construcción, puesta en marcha y operación no podrían comenzar hasta que se hayan completado sustancialmente el diseño, la obtención de permisos y la adquisición necesaria.

Información No Proporcionada

UNICAT proporcionó descripciones del proceso, información sobre los tamaños de los medios, las vidas de servicio proyectadas de los medios y los plazos de los medios; sin embargo, no se proporcionaron varios detalles solicitados como parte de esta evaluación. Específicamente, el proveedor no proporcionó los requerimientos ni orientación sobre la clasificación de los desechos para los medios de tratamiento, requerimientos detallados sobre la mano de obra o la dotación de personal, las frecuencias de los mantenimientos, los costos anuales de los mantenimientos ni un estimativo completo del costo del sistema instalado. Por consiguiente, partes de las evaluaciones requeridas del tratamiento de los desechos y de las operaciones y el mantenimiento a largo plazo requirieron hipótesis basadas en la información que puso a disposición el proveedor.

Consulte en el Apéndice D la documentación adicional suministrada por UNICAT Catalyst Technologies.

4.2.4 Sistema de Tratamiento Biológico de

Theia

Evaluación de la Viabilidad

El tratamiento propuesto por Theia consistiría en un sistema de tratamiento biológico de varias etapas enfocado principalmente en la remoción de DMS y al mismo tiempo trataría el H_2S. El proveedor estimó un cronograma de fabricación y entregas de aproximadamente 20 a 22 semanas e indicó una huella estimada para el tratamiento de aproximadamente 50 pies por 120 pies. Se estimó que la demanda eléctrica era de aproximadamente 100 a 150 kVA, que sustentaría las bombas, los sopladores, los equipos de oxigenación, la instrumentación y los sistemas de manejo de lodos. Otros requerimientos de servicios públicos incluyen tratamiento de aguas del proceso y sistemas de apoyo para tratamiento biológico.

Las actividades de mantenimiento incluirían la inspección y el mantenimiento de reactores biológicos, bombas, sistemas de oxigenación, filtros biológicos, equipos escurridores de lodos y sistemas de entrega de medios Icarus. El proveedor no indicó estimativos de tiempos de inactividad específicos; sin embargo, se asume que la mayor parte de las actividades de mantenimiento podría realizarse mientras se mantiene la operación continua del sistema debido a la naturaleza distribuida del proceso del tratamiento. A diferencia de las alternativas basadas en adsorción, Theia no depende de un reemplazo periódico de lechos de tratamiento fijos. En base a la información del proveedor, los medios Icarus serían recargados continuamente durante la operación y no requerirían cortes específicos del sistema para cambiar los medios.

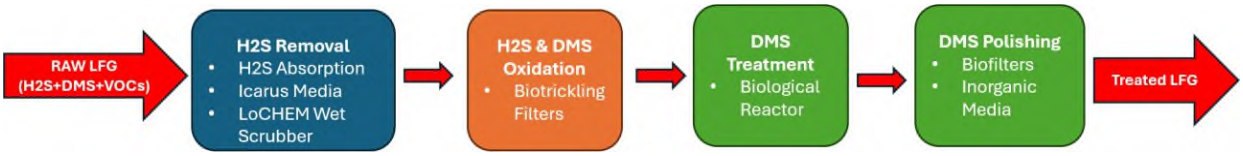
La generación de desechos incluiría lodos escurridos y medios Icarus usados que requieren remoción y disposición de rutina. En base a la información proporcionada por el proveedor, se estima que la generación de lodos es de aproximadamente 2 a 3 toneladas por día, que corresponde a aproximadamente 730 a 1,095 toneladas por año. Se estima que el consumo de medios Icarus es de aproximadamente 1.0 a 1.5 toneladas por día, que corresponde a aproximadamente 365 a 548 toneladas por año.

Las consideraciones de seguridad incluyen tratamiento de procesos biológicos, manipulación de lodos, sistemas de agua del proceso y requerimientos de entrada a espacios confinados asociados a los equipos de tratamiento. Theia proporcionó un estimativo de costos entre las alternativas evaluadas; sin embargo, ciertos costos operativos a largo plazo, que incluyen la disposición de lodos y el mantenimiento continuo de los equipos, requerirían un mayor refinamiento durante el diseño final.

Proceso

El proceso propuesto incluye un sistema de depuración húmeda LoCHEM inicial para la remoción de H_2S, seguido de un Oxigenador/Filtro de Goteo Biológico para la oxidación biológica de H_2S y la remoción parcial de DMS. El gas después pasa por varios filtros biológicos que contienen medios inorgánicos de larga vida para la oxidación primaria de los DMS y un tanque de proceso que contiene un biorreactor activo para proporcionar un mayor tratamiento a los compuestos de azufre residuales. Un sistema de Oxigenadores suministra oxígeno disuelto para ayudar en la actividad biológica y oxidar los sulfuros. El proceso utiliza medios Icarus de propiedad de Theia para proporcionar alcalinidad y tratamiento de azufres sin sistemas de alimentación química tradicionales. El sistema propuesto incluye cuatro torres de filtros de goteo biológico de 12 pies de diámetro, tres filtros biológicos modulares y cuatro tanques de acondicionamiento de aguas del proceso. Theia recomienda realizar pruebas piloto antes de implementar un sistema de escala completa. Consulte la Figura 3 para observar un diagrama que ilustra el funcionamiento del sistema propuesto.

Figura 3. Diagrama del Proceso Propuesto por Theia



Artículos de Consumo

La propuesta de Theia está prevista para minimizar el consumo químico, dependiendo principalmente de procesos de oxidación biológica. Los consumibles incluyen agua del proceso, medios Icarus para la alcalinidad y para ayudar en el proceso, electricidad para las bombas, sopladores, equipos de oxigenación, controles y sistemas de manejo de lodos y posiblemente medios secos BG1 si se utiliza el sistema de depuración. La propuesta indica que el agua del proceso se recicla continuamente para minimizar la demanda de agua nueva y la generación de aguas residuales y podrá generar exceso de agua al operar en flujos de LFG de mucha humedad. Theia estima que el consumo de medios Icarus será de aproximadamente 1.0 a 1.5 toneladas por día, con un costo operativo estimado de aproximadamente $100 a $150 por día. La demanda eléctrica estimada para el sistema es de aproximadamente 100 a 150 kVA.

Productos de Desechos

El flujo de desechos primario generado por el sistema es lodo de sulfato de calcio, además de cantidades más pequeñas de azufre elemental resultante de la oxidación biológica de los compuestos de azufre. Los sólidos se remueven del agua del proceso mediante asentamiento, filtración y equipos de manejo de lodos que posteriormente se escurren utilizando el sistema EZ-Sludge de Theia. La propuesta indica que el sistema generará aproximadamente entre 2 y 3 toneladas por día de lodo escurrido, que consistirá principalmente en azufre, sulfato de calcio y sólidos biológicos. Los sólidos escurridos podrán ser apropiados para su aplicación en la tierra o para ser utilizados como enmienda del suelo, sujeto a pruebas específicas del sitio y a la aceptación de los usuarios finales. También se espera que el proceso genere aproximadamente 0.8 a 1.0 toneladas por día de medios Icarus usados que consisten principalmente de material inerte con hierro. La propuesta indica que el agua del proceso se recicla a través del sistema, minimizando la generación de aguas residuales de rutina. Si se utilizan, los medios de depuración usados también requerirían un reemplazo y tratamiento periódico

Requerimientos de O&M

Se espera que las actividades de O&M incluyan monitoreo y operación del depurador húmedo, filtros por goteo biológico, filtros biológicos, biorreactor del tanque del proceso, sistema de oxigenación, bombas, filtros, equipos de manipulación de lodos y sistema de tratamiento de aguas del proceso. Es necesaria la remoción y el escurrimiento periódico de los lodos, aunque Theia indica que el sistema EZ-Sludge opera principalmente por gravedad y requiere una mínima atención del operador. El proceso además incluye equipos de filtración y de manejo de sólidos que requieren una supervisión de rutina. Se necesitaría una reposición de medios Icarus y el reemplazo periódico de filtros de escurrimiento de lodos durante el funcionamiento normal. El sistema incluye monitoreo y control continuo del pH, del potencial de óxido-reducción (ORP), del oxígeno disuelto, la presión y los niveles de líquido, utilizando un sistema de control basado en un controlador lógico programable (PLC) Allen-Bradley con capacidad de telemetría remota. La propuesta de Theia enfatiza el poco consumo de productos químicos y la intervención limitada del operador.

Plazos

Theia proporcionó un estimativo presupuestario del costo del sistema propuesto de aproximadamente $3.4 millones de dólares y los costos de envío estimados son de aproximadamente $50,000. El proveedor estima plazos de fabricación y entrega de aproximadamente 20 a 22 semanas después de recibir la autorización para proceder. Theia además recomienda que se complete una prueba piloto antes de la implementación y proporcionó un presupuesto estimativo de la prueba piloto de aproximadamente $75,000. Se estima que la huella del sistema propuesto será de aproximadamente 50 pies por 120 pies. El proveedor indicó que los plazos estimados se deben principalmente a la fabricación de los componentes del sistema de tratamiento y la adquisición del PLC y el sistema de control. Los medios Icarus son un material de abastecimiento fácilmente disponible, que actualmente se produce como un derivado de otro proceso industrial y no se prevé que haya restricciones en el suministro. Según Theia, una vez establecida la cadena de suministro, los medios Icarus podrán entregarse de forma rutinaria al igual que otros consumibles masivos del proceso, manteniendo un inventario en el sitio para ayudar al funcionamiento continuo. El proveedor destacó que podrán preferirse cajas de almacenamiento horizontales alternativas a la configuración de almacenamiento propuesta originalmente porque pueden cargarse y descargarse utilizando equipos convencionales del sitio, como una retroexcavadora, simplificando el manejo de los medios y las actividades de reposición.

Consideraciones adicionales

Durante el desarrollo de la propuesta, Theia indicó que está dispuesto a proporcionar ayuda en el diseño del proceso, recomendaciones técnicas y presupuestos de precios para el sistema de tratamiento propuesto. Sin embargo, la experiencia previa de Theia en otras instalaciones no fue amplia y un sistema de tratamiento a gran escala utilizado en otras instalaciones en años recientes no cumplió con los criterios de diseño ni con los objetivos de tratamiento previstos. En este momento, Chiquita ha optado por no considerar a Theia y no implementarlo en CCL.

Viabilidad

Theia indicó que puede utilizarse oxidación biológica para tratar tanto H_2S como DMS y propuso un sistema de escala completa desarrollado específicamente en base a las condiciones de LFG informadas. El proveedor considera la tecnología viable para grandes flujos de LFG pero recomienda que se realicen pruebas piloto antes de su implementación a gran escala. En base a los sustanciales requerimientos de espacio, a los posibles problemas con las características de los lodos, a los controles en curso de los procesos biológicos y a la complejidad de la implementación general, esta tecnología no parece ser una alternativa viable para la implementación.

Lista de Equipos

- Depurador húmedo LoCHem
- Torres de Oxigenadores/Filtros por Goteo Biológico
- Unidades de tratamiento con filtros biológicos
- Reactor biológico/tanque del proceso
- Tanques de acondicionamiento de agua del proceso
- Equipos de oxigenación
- Bombas de recirculación de agua del proceso
- Equipos de filtración de sólidos
- Sistema de escurrimiento EZ-Sludge
- Almacenamiento y sistema de alimentación de medios Icarus
- Equipos de monitoreo de DMS
- Controles de PLC y sistema de telemetría
- Tuberías, instrumentación y controles (PICs) asociados

La alternativa de Theia representa un cambio fundamental del sistema de tratamiento de azufre basado en medios existentes en el Sitio a un proceso de tratamiento biológico complejo. La implementación requeriría pruebas piloto

seguidas de amplios procesos de ingeniería civil, estructural, mecánica, eléctrica, de controles, de tratamiento de agua y de manejo de sólidos para demostrar el desempeño y desarrollar un diseño específico para el Sitio. También se deberían obtener varios permisos, y realizar varios esfuerzos de adquisición y fabricación para el depurador, los filtros de goteo biológico, los filtros biológicos, los reactores, los tanques del proceso, los sistemas de oxigenación, los equipos de escurrimiento de lodos, los controles y la infraestructura asociada. Por lo tanto, esta alternativa probablemente requeriría un largo período de desarrollo técnicamente desafiante antes de que pueda comenzar la construcción, seguido de la puesta en marcha, el arranque biológico, las pruebas de desempeño y la estabilización operativa, antes de que pueda establecerse un funcionamiento confiable a gran escala.

Información No Proporcionada

Theia proporcionó la respuesta más integral de un proveedor entre las tecnologías evaluadas, que incluyeron costos de capital presupuestados, requerimientos estimados de energía, índices de uso de consumibles, índices de generación de lodos previstos, huella del tratamiento y cronograma de implementación. Sin embargo, no se proporcionaron la información detallada sobre los costos de disposición de lodos a largo plazo, los requerimientos de mano de obra para el mantenimiento ni los costos operativos durante el ciclo de vida y esto requeriría un mayor refinamiento durante los posteriores trabajos de desarrollo del diseño y de la realización de pruebas piloto.

Consulte en el Apéndice E la documentación adicional suministrada por Theia, LLC.

4.2.5 Sistema de Tratamiento Catalítico por Calentamiento de Axens

Evaluación de la Viabilidad

El proceso de tratamiento catalítico de azufre de Axens parece ser técnicamente capaz de tratar DMS y otros compuestos de azufre orgánico pero requeriría bastante infraestructura de apoyo. El proveedor no proporcionó un plazo para la implementación ni un estimativo detallado de la huella, información sobre la vida de los medios o estimativo de costos. Por consiguiente, no pueden evaluarse completamente los programas de diseño, adquisición, instalación y puesta en marcha en base a la información disponible. El proceso propuesto requeriría equipos específicos para la remoción de H_2S, la reducción de oxígeno, el calentamiento de los gases, la adsorción de azufre y la inertización con nitrógeno.

Aunque se analizaron los requerimientos de servicios públicos cualitativamente, Axens no proporcionó estimativos de demanda eléctrica, requerimientos de consumo de combustible o datos detallados sobre el consumo de los servicios públicos. En base a la configuración propuesta, los requerimientos de servicios públicos probablemente excederían ampliamente los de otros métodos de tratamiento alternativos evaluados. A diferencia de los sistemas basados en adsorción de NORIT y UNICAT, el proceso de Axens requiere equipos específicos para la reducción de oxígeno y el calentamiento de gases a aproximadamente 300 °F a 350 °F antes del tratamiento de DMS. También se necesitarían sistemas de nitrógeno para la carga de medios, la inertización con nitrógeno, el arranque y las actividades de mantenimiento. Se necesitarían otras consideraciones para el posible enfriamiento de gases flujo abajo antes de los sistemas de antorchas existentes. Las actividades de mantenimiento requerirían acceso a depósitos de tratamiento de azufre, equipos de reducción de oxígeno, calentadores de gas, sistemas de monitoreo y áreas para el manejo de medios. Como no se proporcionó información sobre los tiempos de inactividad, se asume que las actividades de mantenimiento y reemplazo de medios requerirían cortes periódicos del proceso. El proveedor no proporcionó información sobre la vida de los medios; por lo tanto, no pueden estimarse las frecuencias de los reemplazos. Para propósitos de evaluación, SCS asume que los cortes para realizar los mantenimientos serían más complejos que los de los sistemas de adsorción convencionales debido a los requerimientos de reducción de oxígeno, operación a temperaturas elevadas, inertización con nitrógeno y procedimientos especializados para el manejo de medios de níquel.

La generación de desechos consistiría en medios de tratamiento de H_2S usado y medios de tratamiento de

azufre a base de níquel usado; sin embargo, no pudieron estimarse las cantidades de disposición anuales porque el proveedor no indicó la vida de los medios, los índices de consumo de medios ni las capacidades de carga de azufre. Por lo tanto, la generación de desechos continúa siendo incierta y requeriría más información del proveedor o un análisis detallado del diseño.

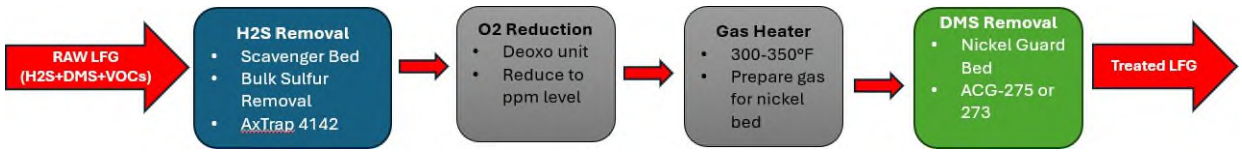
Las consideraciones de seguridad incluyen operación a temperaturas elevadas, gestión del oxígeno, inertización con nitrógeno y manipulación de medios que poseen níquel. El proveedor no indicó los costos de capital, los costos operativos ni información sobre la vida de los medios.

Proceso

Axens recomienda un proceso de tratamiento de azufre en etapas, que consiste en etapas de tratamiento específicas de H_2S y DMS. Para la remoción masiva de H_2S, Axens recomienda el uso de medios AxTrap 4142 e indicó que no se espera que el tratamiento de las concentraciones de H_2S previstas presente un desafío técnico importante. Después del tratamiento de H_2S, Axens propone reducir las concentraciones de oxígeno dentro del flujo de LFG y calentar el gas a aproximadamente 300 grados Fahrenheit (°F) a 350 °F antes del tratamiento con medios de protección de azufre a base de níquel ACG-275 o ACG-273 para la remoción de DMS y de azufre orgánico. Axens indicó que los medios a base de níquel tienen la capacidad de tratar una amplia variedad de compuestos que incluyen DMS, tiofenos y otras especies de azufre orgánico.

Sin embargo, el proveedor identificó la concentración de oxígeno del 3% actualmente presente dentro del flujo de LFG como desafío técnico primario porque el oxígeno puede desactivar los medios a base de níquel, generar calor excesivo dentro del lecho de tratamiento y reducir la vida de los medios. Como resultado, Axens no recomienda la aplicación directa de medios a base de níquel bajo las condiciones de LFG actuales sin tomar otras medidas de reducción de oxígeno. Axens además destacó que el control de azufres flujo arriba de cualquier catalizador de reducción de oxígeno sería crítico porque los compuestos de azufre pueden impactar negativamente el desempeño del catalizador.
SCS además destaca que podrían tener que evaluarse requerimientos de enfriamiento flujo abajo del proceso de tratamiento calentado antes de descargar en la tubería de LFG de HDPE existente y en la infraestructura de las antorchas. Consulte la Figura 4 para observar una ilustración del diagrama del funcionamiento del sistema propuesto.

Figura 4. Diagrama del Proceso Propuesto por Axens



Artículos de Consumo

Los consumibles primarios asociados al proceso de Axens incluirían medios AxTrap 4142 para la remoción de H_2S y medios a base de níquel ACG-275 o ACG-273 para el tratamiento de DMS. Otros consumibles podrán incluir nitrógeno necesario para la carga de medios, para el arranque, la inertización de los depósitos y las actividades de mantenimiento. Dependiendo de la configuración final del proceso, también se necesitaría combustible o energía eléctrica para calentar el flujo de LFG a las temperaturas operativas necesarias para la remoción de azufres a base de níquel. Axens indicó que los medios a base de níquel utilizados para el tratamiento de DMS actualmente cuestan aproximadamente $20 por libra

Productos de Desechos

Los flujos de desechos primarios generados por el proceso de Axens consistirían de medios de tratamiento de H_2S usado y medios de protección de azufre a base de níquel usado que contienen compuestos de azufre capturado. Axens

indicó que los medios a base de níquel usado podrían requerir una manipulación especializada durante la descarga porque los materiales de níquel cargados de azufre pueden volverse reactivos al ser expuestos al aire. El proveedor destacó que los medios usados generalmente se mojan y se mantienen bajo condiciones controladas durante la remoción y pueden tener valor para la recuperación y el reciclaje de metales. Sin embargo, los materiales cargados de níquel usado requerirían una caracterización apropiada antes de su disposición o reciclaje debido a la posible presencia de sulfuros de níquel y a otros contaminantes capturados.

Requerimientos de O&M

Se espera que los requerimientos de O&M sean más intensos que para los sistemas de medios a temperatura ambiente tradicionales, debido a la elevada temperatura operativa y a la sensibilidad de los medios a base de níquel. El proceso requeriría el monitoreo continuo de la concentración de oxígeno, temperatura, sistemas de calentamiento de gases y desempeño de la remoción de azufres. Los procedimientos de carga y puesta en marcha de los medios a base de níquel requerirían el manejo de gas inerte y un atento control de la exposición al oxígeno. En base a la orientación proporcionada por el proveedor, los depósitos de tratamiento se purgarían y se mantendrían bajo una atmósfera de nitrógeno durante la carga de medios, el cierre de los depósitos, el arranque y ciertas actividades de mantenimiento para evitar la oxidación de los medios y mantener el rendimiento del tratamiento. Otros requerimientos de mantenimiento estarían asociados a sistemas de calentamiento de gases, equipos de reducción de oxígeno y depósitos de tratamiento de azufre. Axens indicó que se proporcionaría soporte para el arranque y capacitación a los operadores si se avanzara con la tecnología.

Plazos

Axens no indicó plazos formales para los equipos ni para los medios, las duraciones de la fabricación ni un cronograma para implementar el proyecto. El proveedor indicó que el dimensionamiento de los depósitos podría comenzar después de haberse establecido las condiciones operativas finales; sin embargo, primero sería necesario un desarrollo técnico adicional para confirmar el desempeño en la reducción de oxígeno, los requerimientos de calentamiento y enfriamiento, la carga de azufre, la vida de los medios, la pérdida de presión, la demanda de servicios públicos, los controles de seguridad y la compatibilidad con la infraestructura de LFG y de antorchas existente.

El proceso propuesto representa un cambio fundamental del sistema de tratamiento de medios a temperatura ambiente existente en el Sitio a un tren de tratamiento catalítico calentado que requiere reducción de oxígeno, calentamiento de gases aproximadamente a 300 °F a 350 °F, depósitos de protección de azufre a base de níquel, inertización con nitrógeno y posiblemente enfriamiento de gases flujo abajo. Antes de que pueda comenzar la adquisición, la alternativa probablemente requeriría pruebas de laboratorio o piloto, revisión de los peligros del proceso, obtención de permisos y preparación de especificaciones de equipos y paquetes de licitaciones.

El programa de implementación completo también debería incluir la adquisición y fabricación de depósitos de tratamiento, equipos de reducción de oxígeno y calentamiento, sistemas de nitrógeno, equipos de enfriamiento, instrumentación y controles, mejoras eléctricas y de servicios públicos, mejoras civiles e interconexión de cañerías. La construcción sería seguida por la integración del sistema, puesta en marcha, carga controlada de medios, arranque en una atmósfera inerte, pruebas de desempeño y capacitación de los operadores. Como no están disponibles las duraciones de estas actividades, no pueden establecerse en este momento los plazos generales desde el diseño hasta la operación, pero se prevé que sean largos en relación a un sistema de reemplazo basado en medios convencional.

Viabilidad

Axens indicó que los medios de protección de azufre a base de níquel tienen la capacidad de remover DMS y otros compuestos de azufre orgánicos; sin embargo, la viabilidad del sistema depende de la exitosa reducción de oxígeno

y del funcionamiento a temperaturas elevadas. El proveedor identificó la concentración de oxígeno como la limitación técnica primaria que afecta la implementación en las condiciones de LFG existentes.

Lista de Equipos

- Depósitos de tratamiento de H_2S AxTrap 4142
- Sistema de reducción de oxígeno DeOxo
- Sistema de calentamiento de gases (operación a 300 °F-350 °F)
- Depósitos de protección de azufre de níquel ACG-275 o ACG-273
- Almacenamiento y sistema de inertización con nitrógeno
- Instrumentación de monitoreo de oxígeno
- Instrumentación de monitoreo de temperatura
- Equipos de monitoreo de azufre
- Posible sistema de enfriamiento de gases flujo abajo
- Equipos de monitoreo de DMS
- Tuberías, instrumentación y controles (PICs) asociados

La alternativa de Axens requeriría un sistema de tratamiento completamente nuevo altamente especializado en lugar de volver a utilizar los depósitos de tratamiento de azufre existentes. Los amplios requerimientos de equipos —que incluyen reducción de oxígeno, calentamiento de gases a alta temperatura, tratamiento catalítico, almacenamiento e inertización con nitrógeno, monitoreo y controles y posiblemente enfriamiento flujo abajo— requerirían una importante ingeniería del proceso, mecánica, estructural, civil, eléctrica, de controles y de seguridad. La adquisición y fabricación probablemente involucrarían varios proveedores especializados y componentes con largos períodos de entrega y la construcción no podría comenzar hasta que se hayan desarrollado lo suficiente la configuración del proceso, la distribución en el Sitio, la adquisición de permisos, las revisiones de seguridad, las mejoras en los servicios públicos y las especificaciones de los equipos. Después de la construcción, la complejidad del manejo de los medios inertes, el arranque a temperatura elevada, la puesta en marcha y las pruebas de desempeño extenderían aún más el período antes de que pueda establecerse una operación confiable.

Información No Proporcionada

Axens proporcionó información conceptual del proceso e identificó requerimientos operativos clave asociados a su tecnología de tratamiento catalítico del azufre; sin embargo, no se proporcionó información importante necesaria para realizar una evaluación comparativa integral. El proveedor no suministró proyecciones sobre la vida de los medios, índices de consumo de medios, estimativos de generación de desechos anuales, requerimientos de espacio para los equipos, estimativos de consumo eléctrico o de combustible, diseño detallado o programas de implementación, estimativos de costos de capital, estimativos de costos operativos, frecuencias de los mantenimientos, requerimientos de dotación de personal ni información sobre los costos de operaciones y mantenimientos anuales. Como resultado, continúa habiendo mucha incertidumbre sobre los requerimientos operativos a largo plazo, los costos del ciclo de vida y la viabilidad de la implementación del sistema de tratamiento propuesto en relación a las otras tecnologías evaluadas.

Consulte en el Apéndice F la documentación adicional suministrada por Axens Group.

4.3 OTRAS POSIBLES ALTERNATIVAS CONSIDERADAS

4.3.1 Alternativas que Requieren Más Información

Varios proveedores expresaron interés en la solicitud, pero no proporcionaron suficiente información como para confirmar que sus tecnologías podrían tratar las concentraciones de DMS informadas en las condiciones de LFG previstas. Por ejemplo:

- EcoVapor destacó inquietudes relacionadas con la composición de los gases, que incluyen metales volátiles, compuestos alcalinos, refrigerantes, compuestos de nitrógeno y contenido de oxígeno e indicó que necesitaría más información sobre el proceso para determinar la viabilidad. Aunque EcoVapor no confirmó las capacidades de tratamiento de DMS, las tecnologías de tratamiento de gases del proveedor generalmente están previstas para reducción de H_2S en aplicaciones de gases en vertederos, sugiriendo que el tratamiento de concentraciones de H_2S convencionales podría ser técnicamente viable realizando otras evaluaciones.

- Calgon Carbon evaluó la aplicación como un sistema de adsorción de carbono y solicitó datos analíticos de los VOCs para evaluar los efectos de los compuestos que compiten en la vida de los medios, pero no determinó si su sistema podría tratar DMS. Calgon Carbon ofrece productos de carbono disponibles a nivel comercial para la remoción de H_2S en aplicaciones de gas de vertedero. Por lo tanto, el tratamiento de las concentraciones de H_2S informadas generalmente es considerado viable utilizando propuestas convencionales basadas en la adsorción.

- MV Technologies solicitó información básica sobre el proceso, que incluyó temperatura de los gases, presión y uso de los gases flujo abajo, pero no proporcionó una posición sobre la remoción de DMS. MV Technologies comercializa tecnologías de remoción de azufre para aplicaciones de biogás y gases de vertederos. No se prevé que el tratamiento de las concentraciones de H_2S informadas sea un desafío, en base a las aplicaciones de su tecnología.

Los sistemas de tratamiento biológico de Biogas Clean se utilizan a nivel comercial para remoción de H_2S en flujos de biogás y el proveedor informa haber instalado más de 390 sistemas y que sus capacidades de tratamiento de H_2S varían de aproximadamente 250 a 35,000 ppm. El tratamiento de las concentraciones de H_2S informadas parece ser técnicamente viable; el proveedor no proporcionó información suficiente para evaluar el desempeño del tratamiento de DMS en las condiciones actuales en CCL. Como estos proveedores no confirmaron la capacidad de tratar DMS, no identificaron una estrategia específica para el tratamiento de DMS ni proporcionaron información técnica suficiente para realizar una evaluación detallada, no se avanzó con su consideración en este estudio. Sin embargo, en base a la información que hay disponible públicamente y a las aplicaciones previstas de las tecnologías, el tratamiento de las concentraciones de H_2S informadas puede ser técnicamente viable y podría justificar una mayor evaluación si los futuros trabajos se enfocan principalmente en reemplazar la función del tratamiento de H_2S existente en lugar de buscar un tratamiento de DMS integral.

4.3.2 Alternativas No Avanzadas para una Evaluación Detallada

En base a los comentarios de los proveedores, Interra Global y Paques indicaron explícitamente que sus tecnologías no eran apropiadas para remoción de DMS. Interra indicó que sus medios FerroSorp son efectivos para remoción de H_2S pero que actualmente no podía ofrecer una solución para remover DMS, mientras que Paques indicó que su tecnología THIOPAQ no es recomendable para tratamiento de DMS y sugirió en cambio alternativas basadas en carbono activado.

Merichem Technologies posteriormente confirmó que su proceso SULFURTRAP no puede remover DMS. Además, el proveedor destacó que el tratamiento de los índices de flujo de LFG informados requeriría múltiples trenes de tratamiento paralelos debido a la baja presión del flujo de gas, haciendo que el sistema probablemente sea prohibitivamente caro para aplicaciones en vertederos. Merichem también indicó que sería necesaria la compresión del LFG a aproximadamente 100 psig para que el tratamiento pueda realizarse en una sola configuración en secuencia y llegó a la conclusión de que la aplicación parece no ser un candidato viable para tratamiento utilizando la tecnología SULFURTRAP.

Como se mencionó en la Sección 4.2.3, Theia también fue descartada debido a deficiencias en aplicaciones de tratamiento previas. Mientras que la tecnología parece tener la capacidad de tratar azufres, existen dudas sobre importantes requerimientos de tratamiento de agua y generación de lodos. Los controles de los procesos biológicos, la complejidad operativa y las demandas de infraestructura asociados al sistema limitan que sea apropiado para su aplicación. Por consiguiente, estos proveedores no fueron incluidos en la evaluación detallada de posibles tecnologías de tratamiento.

4.4 EVALUACIÓN COMPARATIVA

4.4.1 Resumen de Ventajas y Desventajas por Proveedor

Tabla 3. Resumen de Ventajas y Desventajas por Proveedor

Alternativa	Ventajas	Desventajas y Consideraciones para la Implementación
NORIT Reemplazo Exclusivo de H_2S	• Utiliza una propuesta de adsorción de H_2S convencional, que está disponible a nivel comercial. • Podría proporcionar intervalos de servicio en los medios que exceden el año. • Reemplazaría los depósitos viejos y agregaría mejores controles y monitoreo remoto. • Se prevé que requerirá menos infraestructura nueva para el proceso y se adaptaría al área de tratamiento existente o contigua.	• No proporciona tratamiento específico para DMS ni llega de forma independiente al límite de azufre total mensual de 60 ppmv. • La viabilidad final depende de que se confirme que los materiales de los depósitos son seguros, su configuración, monitoreo y medidas de seguridad. • Se necesitaría también ingeniería, obtención de permisos, adquisición, construcción y arranque para cambiar los depósitos y las mejoras asociadas.
NORIT H_2S y DMS	• Proporciona etapas de tratamiento de H_2S, VOC y DMS separadas utilizando medios de adsorción disponibles a nivel comercial. • Incluye opciones de monitoreo de DMS disponibles a nivel comercial.	• Requiere un tren de tratamiento sustancialmente nuevo con deshidratación, tratamiento de condensados, recalentamiento, remoción de VOCs regenerativo, múltiples depósitos, controles, servicios públicos y mejoras civiles. • El reemplazo de RB-4 proyectado de aproximadamente cada 17 días y el uso de RB-4 anual de aproximadamente 3,231 toneladas

Alternativa	Ventajas	Desventajas y Consideraciones para la Implementación
		crean restricciones operativas, de almacenamiento, transporte y disposición importantes. • El desempeño depende mucho del control de la humedad y de los VOCs. • La demanda eléctrica, el costo instalado, la clasificación de los desechos y el programa de implementación completo continúan siendo indefinidos. • Probablemente requiere largas pruebas, ingeniería, permisos, adquisición, construcción, puesta en marcha y arranque.
UNICAT	• Proporciona etapas de tratamiento de H_2S, VOC y DMS específicas. • No requiere deshidratación, reducción de oxígeno ni operación a temperaturas elevadas. • El proveedor proyecta una vida del medio para H_2S de aproximadamente 40 meses y concentraciones de azufre de salida por debajo del objetivo del tratamiento.	• Requiere un nuevo sistema de seis depósitos, varios tipos de medios, tratamiento de condensados, monitoreo, posible inyección de agua y una importante integración en el Sitio. • Los medios para VOC y DMS podrán requerir reemplazo cada uno o dos meses, creando importantes demandas de manipulación de medios y tratamiento de desechos. • Solo se proporcionaron los costos de los medios y los plazos de entrega; continúan siendo indefinidos el costo del sistema instalado, los requerimientos de disposición y el programa completo desde el diseño hasta el arranque. • Requiere importante ingeniería, obtención de permisos, adquisición, fabricación, construcción, puesta en marcha y capacitación de los operadores antes de su funcionamiento.
Tratamiento Biológico de Theia	• Utiliza tratamiento biológico en lugar de grandes lechos de adsorción fijos. • Permite la reposición de medios Icarus continua, reduciendo grandes eventos de cambio de medios periódicos. • El proveedor proporcionó la información preliminar más completa sobre el costo del	• Representa un cambio de tecnología fundamental a un proceso de tratamiento biológico complejo y tiene la huella definida más grande. • Requiere pruebas piloto, mucha ingeniería multidisciplinaria, obtención de permisos, adquisición especializada, construcción, arranque biológico y estabilización operativa.

Alternativa	Ventajas	Desventajas y Consideraciones para la Implementación
	sistema, la demanda de energía, la huella y la fabricación.	• Genera mucho lodo y medios usados que requieren manipulación y disposición continua. • Requiere sistemas de procesos biológicos, agua, oxigenación y tratamiento de sólidos.
Tratamiento Catalítico por Calentamiento de Axens	• El proveedor indica que el proceso puede remover DMS y una amplia variedad de compuestos de azufre orgánico. • Utiliza etapas de tratamiento de H_2S y DMS específicas y medios de protección de azufre a base de níquel posiblemente de alta capacidad.	• Representa un sistema catalítico calentado completamente nuevo, altamente especializado que requiere reducción de oxígeno, calentamiento de gases aproximadamente a 300 °F – 350 °F, inertización con nitrógeno, manipulación especializada de medios de níquel y posiblemente enfriamiento flujo abajo. • Requiere bastante desarrollo técnico, ingeniería multidisciplinaria, revisión de seguridad, permisos, mejoras de los servicios públicos, adquisición especializada, construcción, puesta en marcha y arranque controlado. • La concentración de oxígeno es una limitación técnica primaria. • El proveedor no indicó la vida de los medios, los índices de consumo, la huella, los costos ni un programa de implementación. • Se espera que los plazos desde el diseño hasta la operación sean largos en relación a un sistema de reemplazo basado en medios convencionales.

4.4.2 Comparativo de Opciones de Tratamiento

La tabla a continuación compara las varias opciones de tratamiento de varios parámetros, como se muestra a continuación.

Tabla 4. Comparativo de Opciones de Tratamiento

Parámetro	NORIT (H_2S)	NORIT (H_2S y DMS)	UNICAT	THEIA	AXENS
Método de Tratamiento Primario	Adsorción de Carbono Activado; Acondicionamiento de Gas Flujo Arriba	Adsorción de Carbono Activado; Acondicionamiento de Gas Flujo Arriba	Adsorción de Óxido de Hierro + Carbono Activado	Oxidación Biológica	Extracción Catalítica de Azufre por Calentamiento
Método de tratamiento de H_2S	Carbono BG-1	Carbono BG-1	Óxido de Hierro SR-101D	Depurador Húmedo LoChem	AxTrap 4142
Método de Tratamiento de DMS	NA	Carbono RB-4	HRU-CSP (Medios para VOC) TSR-12SF (Medios para DMS)	Filtros de Goteo Biológico / Filtros Biológicos	Lecho de Protección de Níquel
Consumible Primario	BG-1	BG-1; RB-4	Medios SR-101D; HRU-CSP y TSR-12SF	Medios Icarus	AxTrap 4142; ACG-275/273 + Energía de Servicios Públicos
Frecuencia Aprox. de Reemplazo de Medios (H_2S)	>1 año (config. de depósito del concepto en secuencia de 26 pies de diámetro interior)	>1 año (config. de depósito del concepto en secuencia de 26 pies de diámetro interior)	~40 meses (con la config. del depósito existente de 16 pies de diámetro interior)	Reposición continua de Medios Icarus	No proporcionado
Frecuencia Aprox. de Reemplazo de Medios (DMS)	N/A	17 días por depósito	HRU-CSP y TSR-12SF: ~1-2 meses		No proporcionado
Índice de Consumo de Medios para H_2S	(1) 0.5 a 1 toneladas/día	(1) 0.5 a 1 toneladas/día	(1) 0.4 a 0.6 toneladas/día	1.0-1.5 toneladas/día de Medios Icarus	No proporcionado
Índice de Consumo de Medios para DMS	N/A	8.85 toneladas/día de Carbono Activado	2.7-4.3 toneladas/día		No proporcionado
Consumo Anual de Medios para H_2S	~360 toneladas/año	(1) ~360 toneladas/año	(1) ~150-200 toneladas/año	365-548 toneladas/año de Medios Icarus	No proporcionado
Consumo Anual de Medios para DMS	N/A	3,231 toneladas/año	1,000-1,600 toneladas/año		No proporcionado
Generación de Lodos	Ninguna	Ninguna	Ninguna	2-3 toneladas/día	Ninguna Prevista

Parámetro	NORIT (H_2S)	NORIT (H_2S y DMS)	UNICAT	THEIA	AXENS
Requerimiento de Agua	Ninguno previsto	Deshidratación Requerida	Requiere Gas Saturado; Podrá Requerirse Inyección de Agua	Agua de Reposición Mínima	Ninguna Prevista
Sensibilidad a la Humedad	Es necesario un 60-100% de humedad para BG-1	Es necesario un 60-100% de humedad para BG-1; se necesita deshidratación para RB-4	Se Requiere Humedad para el Desempeño de SR-101D	Se Requiere Humedad	No Identificada
Sensibilidad al Oxígeno	Baja	Baja	Requerida	Baja	Alta
Requerimientos de Servicios Públicos Adicionales	NA	Deshidratación, Recalentamiento y Sistema de Remoción de VOCs	Tratamiento de Condensados; Posible Inyección de Agua	Bombas, Sopladores, Oxigenación	Reducción de Oxígeno; Calentamiento de Gases; Uso de Nitrógeno
Demanda de Energía	(2) Mínima a Moderada	(2) Moderada a Alta	(2) Baja	100-150 kVA	(2) Alta
Huella Estimada	Huella del Tratamiento Existente (hasta seis depósitos de reemplazo)	Tren de H_2S 3,000-4,500 pies cuadrados más espacio adicional para equipos de deshidratación, remoción de VOCs y tratamiento de DMS	Seis depósitos de tratamiento con diámetro interior de 20 pies; la huella final depende de la disposición	~50 pies × 120 pies	No se indicó la huella; se prevé que excedería los sistemas de adsorción convencionales debido a los calentadores, equipos DeOxo, sistemas de nitrógeno y depósitos de protección de azufre
(2) Acceso Necesario para Mantenimiento	Moderado Se requiere para el cambio de medios, inspección de depósitos y equipos de monitoreo	Alto Acceso a equipos de deshidratación, tratamiento de condensados, equipos de tratamiento de VOCs, depósitos de DMS y cambios frecuentes de medios	Moderado a Alto Acceso a seis depósitos de tratamiento para el reemplazo de medios	Alto Acceso a bombas, sopladores, manejo de lodos, sistemas de agua del proceso, filtros biológicos y almacenamiento de medios	Alto Acceso a los calentadores, sistemas de reducción de oxígeno, sistemas de nitrógeno y lechos de protección de azufre

Parámetro	NORIT (H_2S)	NORIT (H_2S y DMS)	UNICAT	THEIA	AXENS
(2) Tiempos de Inactividad del Sistema para Mantenimiento	Mínimo	Bajo a Moderado	Bajo a Moderado	Bajo	Moderado
(3) Costo de Capital Inicial	(2) Menor que las alternativas para DMS	No proporcionado	(1) ~$8.50M (solo medios)	~$3.4M (sistema)	No proporcionado
Costo Estimado Anual de los Medios	No evaluado	(1) $31.3M (Solo RB-4)	(1) ~$29M-$57M (todos los medios)	(1) ~$36,500-$54,750	No proporcionado
Prueba Piloto	NA	1 año	1 año	1 año	1 año
Plazos Proporcionados	BG-1: 1-2 meses	BG-1: 1-2 meses RB-4: 6 meses	13-25 semanas (medios iniciales) 4-6 semanas (cambios)	20-22 Semanas (sistema completo)	No proporcionado
Duración del Diseño (estimada)	8 meses	1 año	No proporcionado	No proporcionado	No proporcionado
Fabricación del Fabricante (estimada)	1 año	1 año	13-25 semanas para la adquisición de los medios; fabricación de los depósitos por parte de un tercero	20-22 semanas	No proporcionado
Instalación (estimada)	8 meses	8 meses	(2) ~6-8 meses	(2) ~6-8 meses	(2) ~8-12 meses
Permiso (estimado)	Más de 2 años	Más de 2 años	No proporcionado	No proporcionado	No proporcionado
Seguridad	Operaciones estándar de los depósitos de carbono activado; actividades de reemplazo de medios.	Reemplazo frecuente de medios, manejo de condensados, enfriamiento y recalentamiento de flujos de gas, equipos de tratamiento de VOCs	Reemplazo frecuente de medios; manipulación de medios que contienen azufre; operación de gas saturado.	Operación de procesos biológicos; manipulación de lodos; tratamiento de aguas del proceso.	Operación a temperaturas elevadas; reducción de oxígeno; inertización con nitrógeno; manejo de medios con níquel.

Notas:

(1) Calculado en base al índice de consumo de medios propuesto. El consumo de medios real y los costos de reemplazo pueden variar.

(2) Estimativos de SCS a nivel de planificación proporcionados únicamente para propósitos de evaluación comparativa. Los cronogramas específicos de los proveedores para el diseño, la manufactura, la instalación y la obtención de permisos en general no se proporcionaron y los plazos reales del

proyecto pueden variar sustancialmente en base al diseño final y a los requerimientos reglamentarios.
(3) Los proveedores no proporcionaron la información sobre los costos de capital de forma consistente y por lo tanto los valores no deben compararse directamente

5.0 CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones y recomendaciones presentadas en esta sección son preliminares y reflejan la información que estaba disponible a la fecha de este informe, que incluyen el estado actual de la investigación de los depósitos en curso y la información proporcionada por los proveedores evaluada en la Sección 4. La investigación todavía no desarrolló un entendimiento completo de todas las condiciones que pueden haber contribuido al evento térmico previo. Además, varias alternativas de tratamiento requieren otras pruebas específicas en el Sitio, información técnica de los proveedores, pruebas y desarrollo del diseño y de la ingeniería antes de que pueda determinarse su viabilidad práctica en CCL.

Por lo tanto, los hallazgos comparativos, las alternativas preferidas y los pasos a seguir recomendados podrán modificarse a medida que se vaya completando la investigación de los depósitos, haya disponibles más datos específicos del Sitio y los proveedores vayan proporcionando más información sobre el desempeño, la seguridad, los requerimientos de equipos, los costos y los programas de implementación. Por lo tanto, toda decisión de avanzar una alternativa de tratamiento debería basarse en el registro completo de la investigación y en una posterior evaluación de la ingeniería y no únicamente en los hallazgos preliminares presentados en este informe

5.1 CONCLUSIONES

Esta evaluación identificó varias tecnologías que presentaron los proveedores como posiblemente capaces técnicamente de reducir concentraciones de H_2S y DMS y por lo tanto concentraciones de óxido de azufre, en el flujo de LFG a niveles necesarios para poder cumplir con los objetivos de tratamiento de azufre del Sitio. Después de haber contactado a varios proveedores de tecnología, finalmente cuatro (4) proveedores presentaron propuestas de tratamiento que justifican esta evaluación, que incluyen NORIT Activated Carbon, UNICAT Catalyst Technologies, Theia, LLC y Axens Group. Cada proveedor propuso una estrategia de tratamiento diferente e indicó que la remoción de DMS técnicamente puede lograrse utilizando tecnologías que hay disponibles a nivel comercial. Aunque se incluye en este comparativo, Theia ha sido eliminado de mayor consideración por CCL debido a problemas de desempeño en tratamientos previos. Sin embargo, las proyecciones de los proveedores no han sido demostradas en condiciones operativas sostenidas específicas del Sitio y se necesitaría más ingeniería y, en algunos casos, pruebas de laboratorio o piloto, antes de que pueda establecerse una eficiencia de control que sea confiable y su viabilidad práctica.

Un hallazgo consistente en toda la evaluación fue que el DMS, y no el H_2S, representa el desafío principal para tratamiento en CCL. Varios proveedores indicaron que la remoción de las concentraciones de H_2S informadas puede lograrse utilizando propuestas de tratamiento convencionales e intervalos de servicio de medios relativamente largos, mientras que la remoción de DMS cambia la complejidad del sistema, el consumo de medios, los costos operativos y la viabilidad del tratamiento en general. Los proveedores además identificaron la adsorción competitiva de los VOCs, en particular de la acetona, cetonas y compuestos BTEX como un factor importante que impacta el desempeño del tratamiento de DMS y la vida de los medios. En varios casos, los proveedores modificaron sus propuestas de tratamiento para incluir estrategias de tratamiento de VOCs específicas previstas para mejorar la eficiencia de la remoción de DMS y extender la vida de servicio de los medios.

La evaluación además indicó que el contenido de humedad, la carga de VOCs, las concentraciones de oxígeno, los índices de flujo de LFG y los requerimientos de monitoreo pueden influenciar sustancialmente el desempeño del tratamiento y los costos operativos. Mientras que varias tecnologías parecen ser técnicamente viables, la complejidad de la implementación varía considerablemente. Los sistemas de tratamiento propuestos variaron desde propuestas relativamente convencionales basadas en la adsorción, utilizando medios reemplazables, hasta sistemas de tratamiento biológico y procesos de tratamiento catalítico que requieren reducción de oxígeno, temperaturas elevadas, procedimientos de manipulación de medios especializados o infraestructura adicional para el proceso.

Un segundo hallazgo consistente fue la disponibilidad limitada de sistemas de tratamiento de LFG documentados a gran escala diseñados específicamente para la remoción de DMS en condiciones comparables con las observadas actualmente en CCL. Mientras que los proveedores proporcionaron evaluaciones técnicas, diseños conceptuales y desempeño proyectado del tratamiento, se identificaron relativamente pocos estudios de casos operativos que involucran flujos de LFG con concentraciones de DMS, carga de VOCs e índices de flujo similarmente elevados. Por consiguiente, continúa habiendo incertidumbre sobre el desempeño de los medios a largo plazo, la frecuencia de los reemplazos, los costos operativos y la efectividad del tratamiento en condiciones operativas sostenidas en el sitio.

Las alternativas evaluadas varían sustancialmente en requerimientos de espacio y en la complejidad de la implementación en general. La alternativa de mejorar el sistema de tratamiento de H_2S existente requeriría la huella más pequeña y podría utilizar en gran medida la zona de tratamiento existente. Las alternativas integradas, basadas en la adsorción, propuestas por NORIT y por UNICAT requerirían la instalación de varios depósitos de tratamiento y equipos asociados y la propuesta de tratamiento de DMS de NORIT requiere mayor espacio para la infraestructura para la deshidratación, remoción de VOCs y recalentamiento de gases. El sistema de tratamiento biológico de Theia requeriría una huella estimada de aproximadamente 50 pies por 120 pies. Axens no proporcionó un estimativo de espacio; sin embargo, en base a los equipos de reducción de oxígeno propuestos, sistemas de calentamiento de gases, depósitos de protección de azufre e infraestructura de soporte, se esperaría que la huella general excediera la huella de un sistema de tratamiento convencional basado en la adsorción.

Los programas de implementación también varían significativamente entre las alternativas. La mejora del sistema de tratamiento de H_2S existente involucraría principalmente el reemplazo de depósitos e infraestructura asociada y, por lo tanto, representa una de las propuestas de implementación menos complejas. NORIT informó plazos de entrega de medios que varían de aproximadamente 4 a 24 semanas, mientras que UNICAT informó plazos de entrega de medios iniciales que varían de aproximadamente 13 a 25 semanas. Theia proporcionó el programa de implementación más completo, estimando aproximadamente 20 a 22 semanas para la fabricación y entrega del sistema de tratamiento propuesto. Axens no proporcionó programas de implementación y adquisición, dando como resultado una mayor incertidumbre sobre la planificación y ejecución del proyecto.

En el caso de varios proveedores, no se indicaron las duraciones del diseño, la obtención de permisos y la instalación, por lo que fueron estimadas por SCS únicamente para propósitos de evaluación comparativa. Además de los requerimientos de desempeño y huella del tratamiento, debería considerarse la logística operativa durante la futura selección de alternativas. Las tecnologías que requieren el reemplazo frecuente de medios pueden dar como resultado un mayor tráfico de camiones, actividades de manipulación de medios y requerimientos de almacenamiento temporal, comparado con las alternativas que utilizan tratamiento biológico o medios de tratamiento con mayor tiempo entre cambios de medios.

En base a la información disponible al momento de esta evaluación, varios proveedores han identificado tecnologías que, según ellos, son teórica y técnicamente capaces de reducir concentraciones de azufre dentro del flujo de LFG; sin embargo, cada alternativa presenta ventajas, limitaciones y desafíos de implementación únicos y no se ha demostrado el desempeño proyectado por los proveedores en las condiciones operativas sostenidas, específicas del Sitio.

En base a la información que hay disponible actualmente, mejorar el sistema de tratamiento de H_2S existente parece ofrecer la alternativa que puede implementarse más fácilmente. Aunque no proporcionaría un tratamiento específico para DMS. Las propuestas de NORIT y de UNICAT basadas en la adsorción utilizan medios de tratamiento que están disponibles comercialmente y equipos de tratamiento convencionales, pero implicarían importantes requerimientos de cambio de medios y costos operativos, y su viabilidad práctica en CCL no ha sido establecida. El sistema de tratamiento biológico de Theia reduciría la dependencia del cambio de medios frecuente, pero no se recomienda el sistema para mayor evaluación debido a sus controles de proceso biológico, requerimientos para el manejo de lodos, mayor huella de los equipos y otras

consideraciones de implementación. La viabilidad práctica de la alternativa de Axens también continúa siendo incierta porque presenta la propuesta de tratamiento evaluada que es operativamente más compleja debido a la necesidad de reducción de oxígeno, a su operación a temperaturas elevadas, a los procedimientos de inertización con nitrógeno y al manejo especializado de medios de azufre.

Como resultado, la selección de la futura alternativa debería considerar no solo el desempeño para la remoción de azufres, sino también la disponibilidad de espacio, el programa de adquisición e implementación, los requerimientos de servicios públicos, los requerimientos de mantenimiento, la generación de desechos, los costos operativos a largo plazo y la complejidad operativa general. Podrá justificarse un mayor desarrollo del diseño, participación de los proveedores, pruebas piloto y planificación de la implementación antes de la selección de una estrategia de tratamiento final.

5.2 PASOS SIGUIENTES RECOMENDADOS

En base a la información que hay actualmente disponible, CCL debería avanzar una evaluación en etapas y no seleccionar inmediatamente un sistema de tratamiento a escala completa. Dados los hallazgos iniciales en la investigación de depósitos de la Condición 3(b), CCL debería avanzar con la alternativa de reemplazo convencional solo de H_2S a la ingeniería preliminar, porque es la que restaura más directamente la función del sistema de tratamiento existente y parece requerir menos infraestructura nueva para el proceso que las alternativas para H_2S y DMS combinados y además trata los criterios de seguridad y diseño de cualquier sistema de reemplazo o alternativo.

La ingeniería preliminar para la alternativa de reemplazo solo de H_2S debería confirmar el material y la configuración de los depósitos, el monitoreo térmico y las medidas de seguridad, capacidad del tratamiento, vida de los medios, disposición de los equipos, conexiones a la infraestructura de LFG existente, servicios públicos, requerimientos de permisos, procedimientos para los cambios de medios, requerimientos de tratamiento de desechos, costo y un programa desde el diseño hasta el arranque. La base del diseño resultante debería revisarse a la luz de la investigación de los depósitos completada antes de que CCL autorice el diseño detallado o la adquisición de equipos.

Para alternativas previstas para tratar DMS o azufre total, CCL debería solicitar información complementaria enfocada a NORIT, UNICAT y Axens que sea suficiente para resolver las importantes brechas de datos identificadas en la Sección 4, que incluyen desempeño garantizado del tratamiento, consumo y duración de los cambios de medios, demanda de servicios públicos, huella de los equipos, caracterización y disposición de los desechos, costos instalados y operativos, requerimientos de seguridad y programas de la implementación completa. Deberían requerirse pruebas de laboratorio o piloto antes de la selección a escala completa donde no se ha demostrado el desempeño del proveedor bajo condiciones de LFG representativas del Sitio. Todo programa de pruebas debería establecer criterios definidos de desempeño, seguridad, vida de los medios, generación de desechos y operabilidad antes de comenzar.

Después de completar la investigación sobre los depósitos, la ingeniería preliminar, la evaluación complementaria de los proveedores y cualquier prueba requerida, CCL debería actualizar la evaluación comparativa y seleccionar una alternativa o combinación de alternativas en etapas que cumpla mejor con las consideraciones de seguridad, viabilidad, reducción de azufres, operativas, obtención de permisos, cronograma y costos del Sitio. El diseño detallado, los permisos, la adquisición, la construcción, la puesta en marcha y las pruebas de desempeño deberían proceder únicamente después de ese punto de decisión. Estos pasos recomendados son preliminares y pueden ser modificados a medida que se disponga de más información de las investigaciones y de los proveedores.

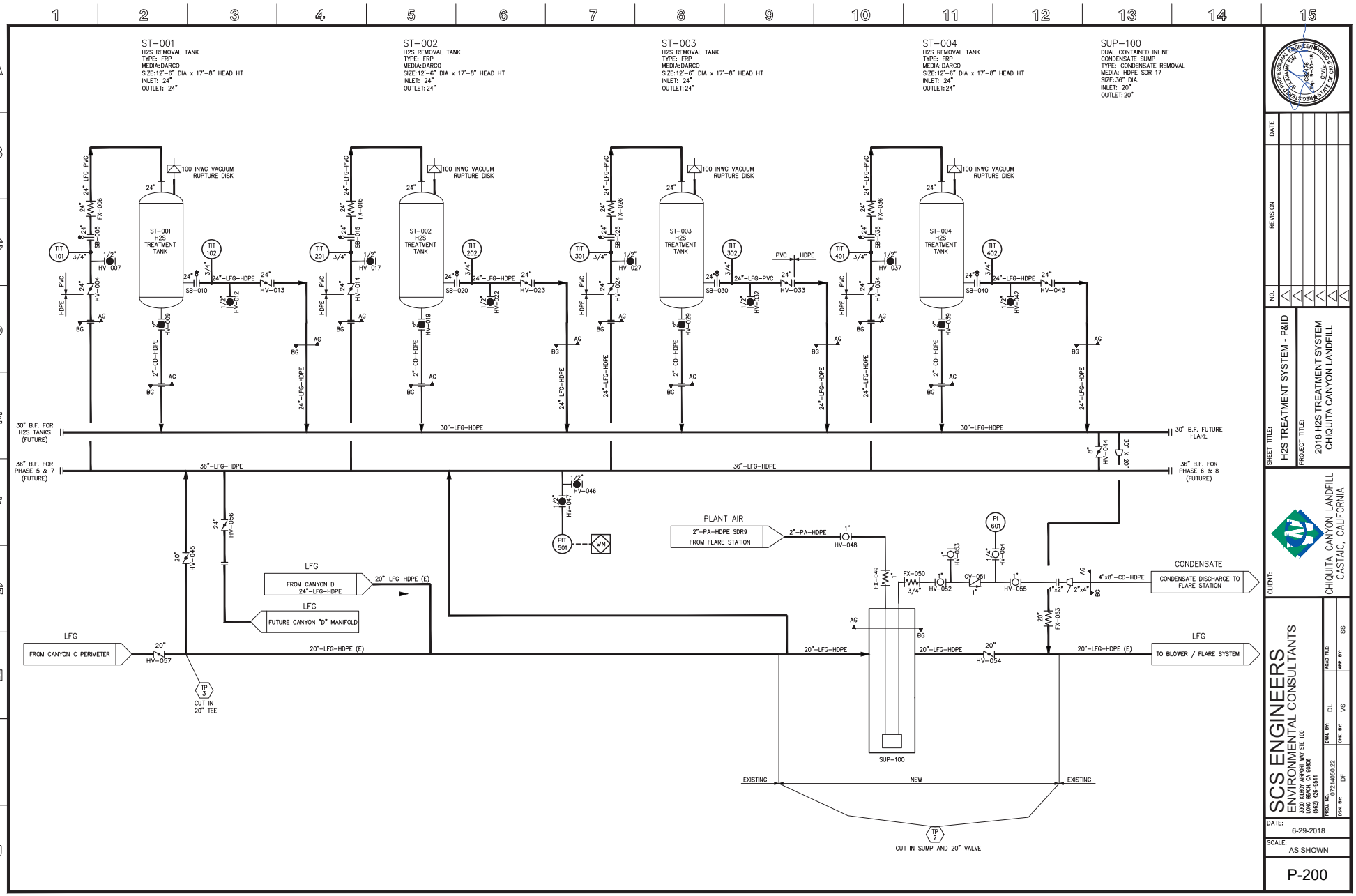
5.3 TABLA RESUMIDA DE LAS RESPUESTAS DE LOS PROVEEDORES

Tabla 5. Resumen de Respuestas de los Proveedores

Proveedor	Respuesta a H2S ¿Remoción?	Respuesta a DMS ¿Remoción?	Notas:
NORIT Activated Carbon	Sí	Sí	Propuso medios BG-1 para la remoción de H_2S, deshidratación y medios RB-4 específicamente para la remoción de DMS. Analizó aplicaciones previas en vertederos que involucraron tratamiento de DMS
UNICAT Catalyst Technologies	Sí	Sí	Confirmó que tienen opciones adsorbentes capaces de tratar las concentraciones de DMS informadas y desarrollaron una propuesta de tratamiento específica para DMS TSR-12SF.
Theia, LLC	Sí	Sí	Investigaron la aplicación de DMS y proporcionaron un sistema de tratamiento biológico conceptual diseñado específicamente para tratar tanto H_2S como DMS.
Axens Group	Sí	Sí	Confirmó que la remoción de DMS es técnicamente posible utilizando medios de níquel ACG-275/ACG-273, aunque probablemente se requeriría reducción de oxígeno y calentamiento.
Biogas	Sí	Inconcluso	Indicó que se necesitarían más evaluaciones y pruebas. No confirmó la capacidad de tratamiento de DMS.
EcoVapor	Sí	Inconcluso	Creyó que el tratamiento podría ser posible, pero solicitó mucha más información sobre la composición de los gases antes de determinar la viabilidad
Calgon Carbon	Sí	Inconcluso	Solicitó los datos de TO-15 y analizó los impactos de los VOCs en la vida de los medios, pero nunca confirmó la capacidad de tratamiento de DMS.
MV Technologies	Sí	Inconcluso	Solicitó información sobre la temperatura, la presión y el proceso, pero nunca proporcionó una posición sobre el tratamiento de DMS.
Interra Global	Sí	No	Indicó explícitamente que el FerroSorp remueve H_2S pero no DMS. Recomendó en cambio UNICAT TSR-12SF.
Paques	Sí	No	Indicó explícitamente que THIOPAQ no es recomendable para la remoción de DMS y sugirió en cambio tecnologías de carbono activado. Confirmó que el SULFURTRAP no puede remover DMS y llegó a la conclusión de que la aplicación no es viable para su tecnología
Merichem	Sí	No	Confirmó que el SULFURTRAP no puede remover DMS y llegó a la conclusión de que la aplicación no es viable para su tecnología.
Streamline Innovations	Sí	No	Existe un trabajo histórico con DMS a través del estudio del Comité de la Reacción de SCS, pero no se proporcionó ninguna propuesta de tratamiento de DMS actual en 2026 durante este esfuerzo de contacto con proveedores.
SLB	Sin Respuesta	Sin Respuesta	
DMT Clear Gas Solutions	Sin Respuesta	Sin Respuesta	
CECO Environmental	Sin Respuesta	Sin Respuesta	

Appendix A

2018 H2S Treatment System Design Drawings



N:\FieldService\JOBS by Client\Waste Connections\Chiquita Canyon Landfill\072140S0.22 WC, 2017 Centralized H2S\Deliverables\Drawings\P-200.dwg Sep 12, 2018 - 4:20pm By: 448ahk

NO.	REVISION	DATE

SHEET TITLE: H2S TREATMENT SYSTEM - P&ID

PROJECT TITLE: 2018 H2S TREATMENT SYSTEM CHIQUITA CANYON LANDFILL

CLIENT: CHIQUITA CANYON LANDFILL CASTAIC, CALIFORNIA

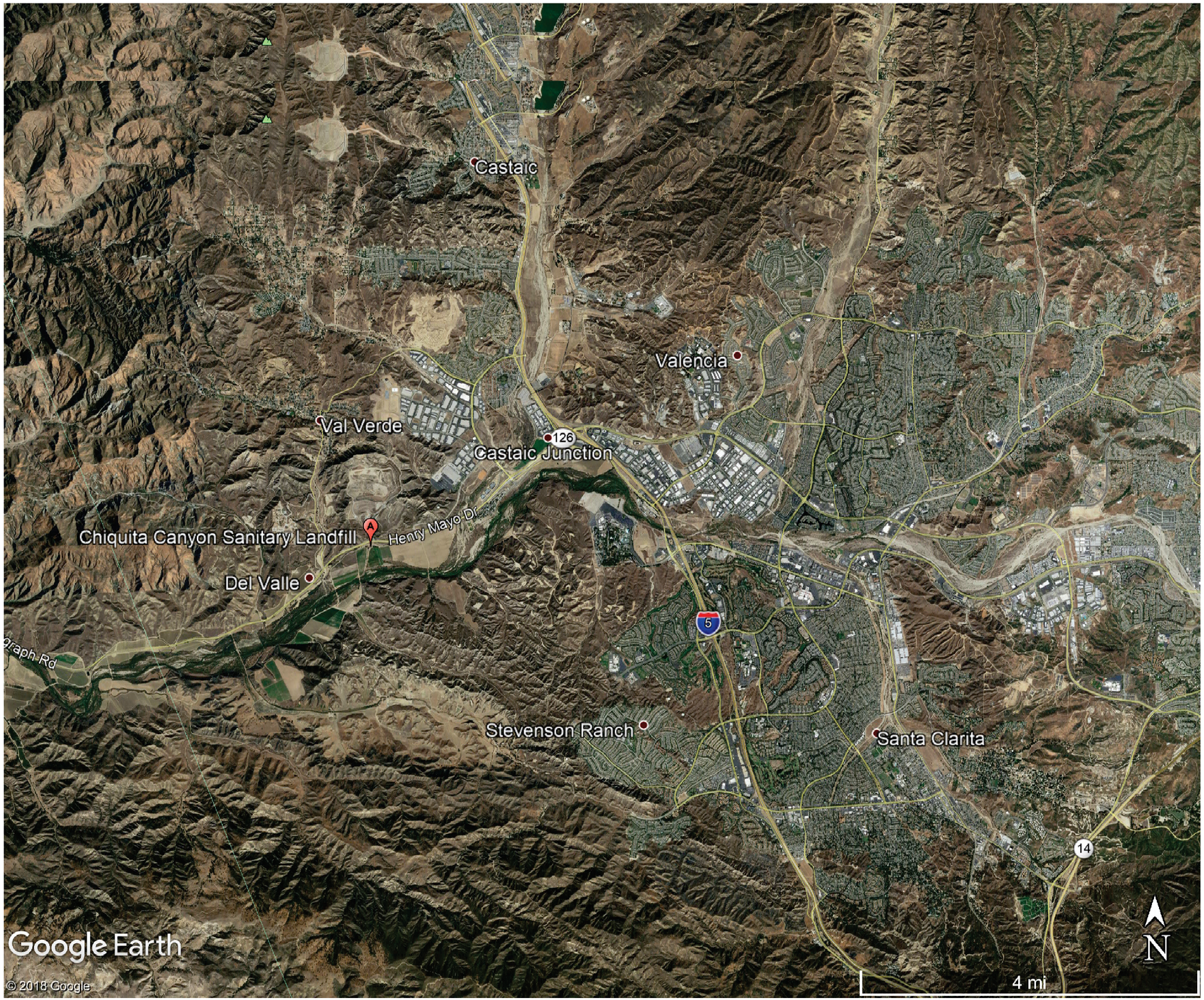
SCS ENGINEERS
ENVIRONMENTAL CONSULTANTS
3900 KILROY AIRPORT WAY STE 100
LONG BEACH, CA 90806
(562) 426-9544

PROJ. NO: 072140S0.22 | DSN. BY: DF | DRN. BY: DL | CHK. BY: VS | APP. BY: SS | ACAD FILE:

DATE: 6-29-2018

SCALE: AS SHOWN

P-200



NO.	REVISION	DATE
A	ISSUED FOR PERMIT	3/29/18
B		
C		
D		
E		

SHEET TITLE: **SITE LOCATION MAP**

PROJECT TITLE: **H2S TREATMENT SYSTEM CHIQUITA CANYON LANDFILL CASTAIC, CALIFORNIA**

CLIENT: **CHIQUITA CANYON LANDFILL CASTAIC, CALIFORNIA**

SCS ENGINEERS
ENVIRONMENTAL CONSULTANTS
3900 KILROY AIRPORT WAY STE 100
LONG BEACH, CA 90806
(562) 426-9544

PROJ. NO.	DWN. BY:	ACAD FILE:
07214050.22	DL	FIGURE 1
DSN. BY:	CHK. BY:	APP. BY:
DF	SS	SS

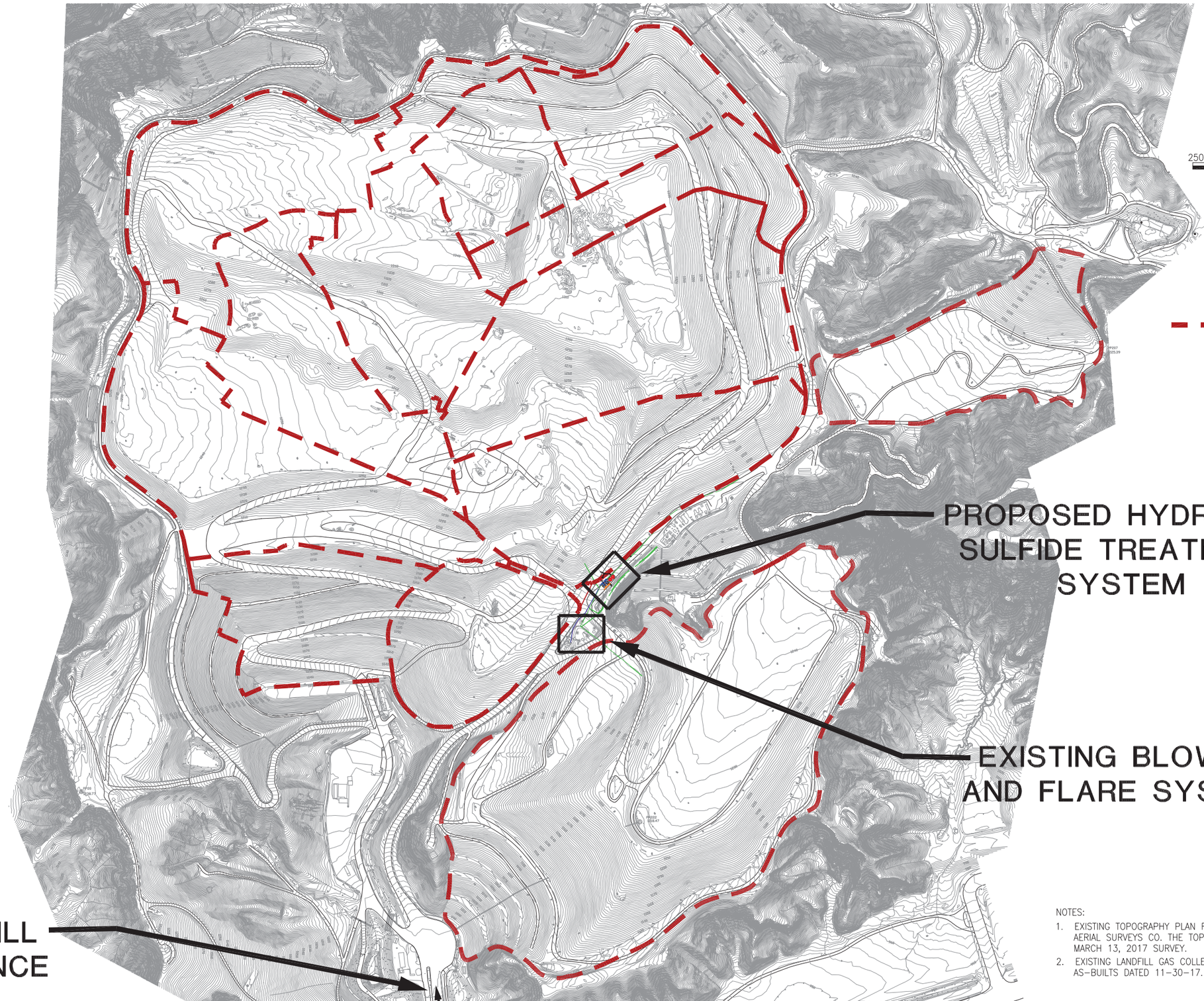
DATE: **2-1-2018**

SCALE: **AS SHOWN**

Figure 1

1 of 4

N:\FieldService\JOBS by Client\Waste Connections\Chiquita Canyon Landfill\07214050.22 WC, 2017 Centralized H2S\Deliverables\Drawings\FIGURE 1.dwg Apr 04, 2018 - 9:38am By: dlacarra



NOTES:

1. EXISTING TOPOGRAPHY PLAN FURNISHED BY COOPER AERIAL SURVEYS CO. THE TOPOGRAPHY DATA IS BASED ON MARCH 13, 2017 SURVEY.
2. EXISTING LANDFILL GAS COLLECTION SYSTEM BASED ON AS-BUILTS DATED 11-30-17.

NO.	REVISION	DATE
1	ISSUED FOR PERMIT	3/29/18

SHEET TITLE: PROJECT LOCATION MAP

PROJECT TITLE: H2S TREATMENT SYSTEM
CHIQUITA CANYON LANDFILL
CASTAIC, CALIFORNIA

CLIENT: CHIQUITA CANYON LANDFILL
CASTAIC, CALIFORNIA

SCS ENGINEERS
ENVIRONMENTAL CONSULTANTS
3900 KILROY AIRPORT WAY STE 100
LONG BEACH, CA 90806
(562) 426-9544

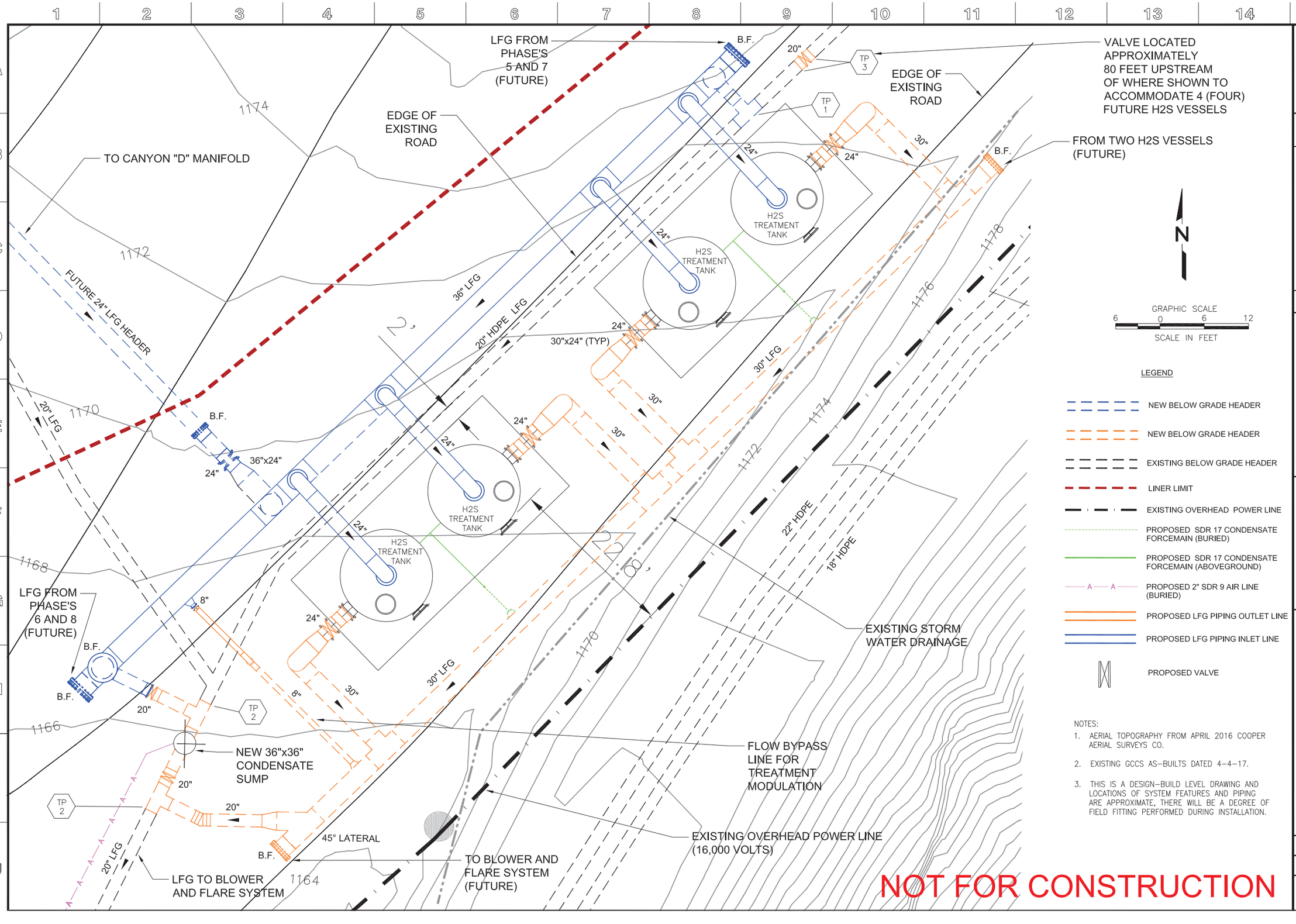
PROJ. NO: 07214050.22 | DWN. BY: DL | ACAD FILE: FIGURE 2 | APP. BY: SS
DSN. BY: DF | CHK. BY: SS

DATE: 2-1-2018

SCALE: 1"=500'

Figure 2
2 of 4

N:\FieldService\JOBS by Client\Waste Connections\Chiquita Canyon Landfill\07214050.22 WC, 2017 Centralized H2S\Deliverables\Drawings\FIGURE 2.dwg Apr 04, 2018 - 9:53am By: dlacorra



NOTES:

1. AERIAL TOPOGRAPHY FROM APRIL 2016 COOPER AERIAL SURVEYS CO.
2. EXISTING GCCS AS-BUILTS DATED 4-4-17.
3. THIS IS A DESIGN-BUILD LEVEL DRAWING AND LOCATIONS OF SYSTEM FEATURES AND PIPING ARE APPROXIMATE, THERE WILL BE A DEGREE OF FIELD FITTING PERFORMED DURING INSTALLATION.

NOT FOR CONSTRUCTION

NO.	REVISION	DATE
1	ISSUED FOR PERMIT	3/29/18

SHEET TITLE: **H2S SYSTEM AND PIPING**

PROJECT TITLE: **H2S TREATMENT SYSTEM CHIQUITA CANYON LANDFILL CASTAIC, CALIFORNIA**

CLIENT: **CHIQUITA CANYON LANDFILL CASTAIC, CALIFORNIA**

SCS ENGINEERS
ENVIRONMENTAL CONSULTANTS
3900 KILROY AIRPORT WAY STE 100
LONG BEACH, CA 90806
(562) 426-9544

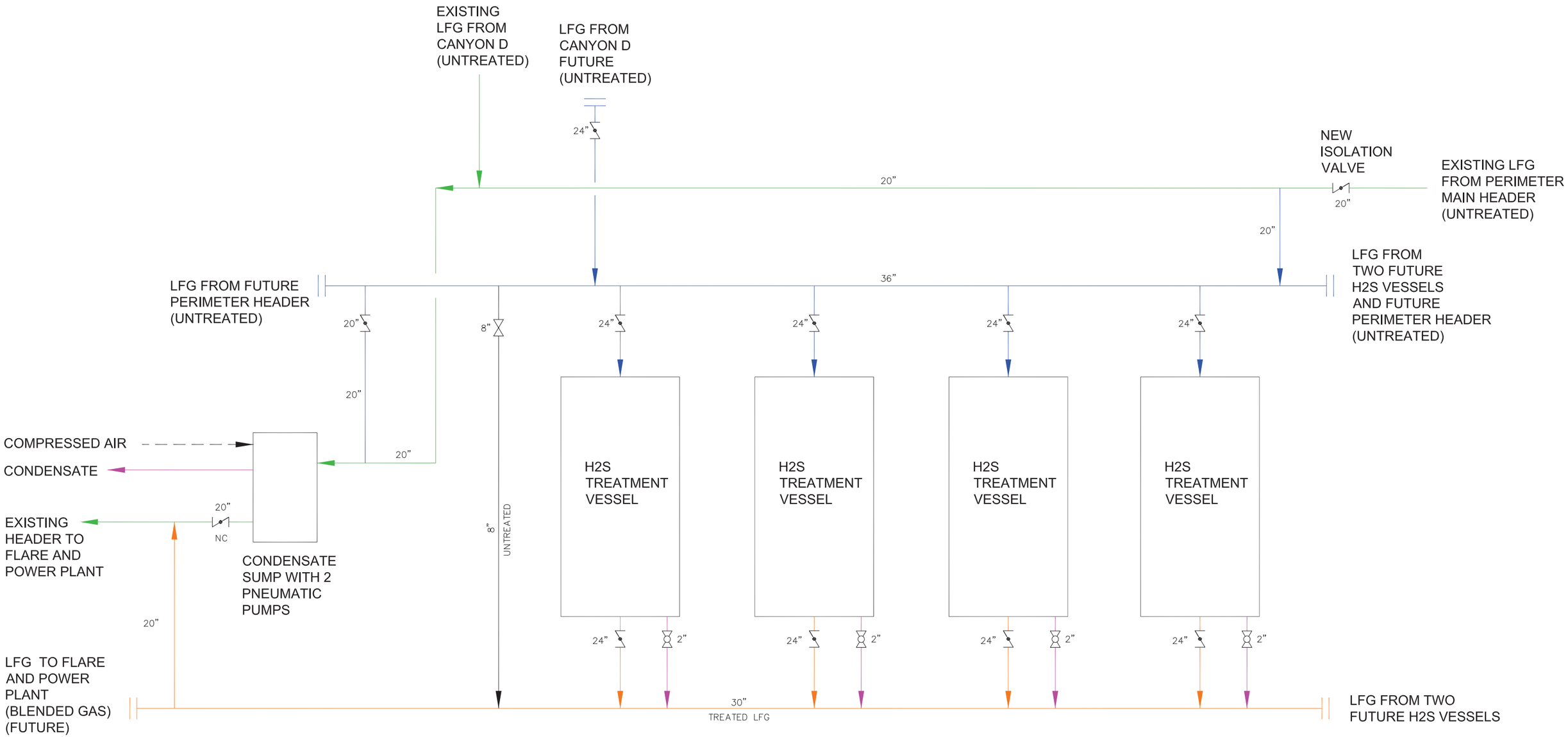
ACAD FILE: FIGURE 3
DWN. BY: DL
CHK. BY: SS
APP. BY: SS
PROJ. NO. 07214050.22
DSN. BY: DF

DATE: 2-1-2018

SCALE: AS SHOWN

Figure 3
3 of 4

N:\FieldService\JOBS by Client\Waste Connections\Chiquita Canyon Landfill\07214050.22 WC, 2017 Centralized H2S\Deliverables\Drawings\FIGURE 3.dwg Apr 04, 2018 - 9:46am By: dlacarra



LEGEND

- EXISTING HEADER
- PROPOSED LFG PIPING INLET LINE
- PROPOSED LFG PIPING OUTLET LINE
- PROPOSED CONDENSATE LINE
- PROPOSED COMPRESSED AIR LINE
- PROPOSED BYPASS LINE
- BUTTERFLY VALVE
- BALL VALVE
- V-PORT GATE VALVE
- BLIND FLANGE FOR FUTURE SYSTEM EXPANSION
- NC — NORMALLY CLOSED

SCS ENGINEERS
ENVIRONMENTAL CONSULTANTS
3900 KILROY AIRPORT WAY, SUITE 100
LONG BEACH, CALIFORNIA 90806
PH. (562) 426-9544

PROJ. NO.	DWN. BY:	ACAD FILE:
07214050.22	DL	FIGURE 4
DSN. BY:	CHK. BY:	APP. BY:
DF	SS	SS

CLIENT:
CHIQUITA CANYON LANDFILL
CASTAIC, CALIFORNIA

SHEET TITLE:
PROCESS FLOW DIAGRAM

PROJECT TITLE:
H2S TREATMENT SYSTEM
CHIQUITA CANYON LANDFILL
CASTAIC, CALIFORNIA

DATE: 03/28/2018
SCALE: NTS
FIGURE:
FIGURE 4
4 of 4

Appendix B

Chiquita Canyon Landfill – Landfill Gas Sample Results

TO-15 – FL-2009

CHIQUITA CANYON LANDFILL
LANDFILL GAS SAMPLE RESULTS
TO-15 - FL-2009

CLIENT_SAMPLE_NUMBER	DATE_COLLECTED	METHOD	CAS_NUMBER	COMPOUND_NAME	CONCENTRATION	UNITS	DILUTION_FACTOR
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	75-71-8	Freon 12	<1.50	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	74-87-3	Chloromethane	2.20	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	76-14-2	Freon 114	<1.10	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	75-01-04	Vinyl Chloride	<1.50	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	106-99-0	1,3-Butadiene	<1.80	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	74-83-9	Bromomethane	<1.90	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	75-00-3	Chloroethane	<1.50	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	67-64-1	Acetone	83.90	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	75-69-4	Freon 11	<1.40	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	67-63-0	Isopropyl Alcohol	28.00	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	75-35-4	1,1-Dichloroethene	<1.90	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	75-09-2	Methylene Chloride	<2.20	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	75-15-0	Carbon Disulfide	<1.30	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	76-13-1	Freon 113	<1.00	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	156-60-5	trans-1,2-Dichloroethene	<1.90	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	75-34-3	1,1-Dichloroethane	<1.90	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	1634-04-4	MTBE	<2.10	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	108-05-4	Vinyl Acetate	<2.60	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	78-93-3	2-Butanone	37.80	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	156-59-2	cis-1,2-Dichloroethene	<1.90	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	110-54-3	n-Hexane	<2.20	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	67-66-3	Chloroform	<1.60	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	141-78-6	Ethyl Acetate	4.25	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	109-99-9	Tetrahydrofuran	32.40	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	107-06-2	1,2-Dichloroethane	<1.90	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	71-55-6	1,1,1-Trichloroethane	<1.40	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	71-43-2	Benzene	19.00	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	56-23-5	Carbon Tetrachloride	<1.20	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	110-82-7	Cyclohexane	<2.20	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	78-87-5	1,2-Dichloropropane	<1.70	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	75-27-4	Bromodichloromethane	<1.20	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	79-01-6	Trichloroethene	<1.40	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	123-91-1	1,4-Dioxane	<2.10	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	142-82-5	n-Heptane	<1.90	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	10061-01-5	cis-1,3-Dichloropropene	<1.70	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	108-10-1	4-Methyl-2-pentanone	<1.85	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	10061-02-6	trans-1,3-Dichloropropene	<1.70	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	79-00-5	1,1-2-Trichloroethane	<1.40	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	108-88-3	Toluene	<2.00	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	591-78-6	2-Hexanone	<1.90	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	124-48-1	Dibromochloromethane	<0.90	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	106-93-4	1,2-Dibromoethane	<1.00	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	127-18-4	Tetrachloroethene	<1.10	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	108-90-7	Chlorobenzene	<1.70	ppmv	300

CLIENT_SAMPLE_NUMBER	DATE_COLLECTED	METHOD	CAS_NUMBER	COMPOUND_NAME	CONCENTRATION	UNITS	DILUTION_FACTOR
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	100-41-4	Ethylbenzene	<1.75	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	1330-20-7	m,p-Xylene	<1.75	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	75-25-2	Bromoform	<0.80	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	100-42-5	Styrene	<1.80	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	79-34-5	1,1,2,2-Tetrachloroethane	<1.10	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	95-47-6	o-Xylene	<1.80	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	100-44-7	Benzyl Chloride	<1.40	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	622-96-8	4-Ethyl Toluene	<1.60	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	108-67-8	1,3,5-Trimethyl Benzene	<1.60	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	95-63-6	1,2,4-Trimethyl Benzene	<1.60	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	541-73-1	1,3-Dichlorobenzene	<1.30	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	106-46-7	1,4-Dichlorobenzene	<1.30	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	95-50-1	1,2-Dichlorobenzene	<1.30	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	120-82-1	1,2,4-Trichlorobenzene	<4.10	ppmv	300
FL-2009 Inlet	4/2/2026	TO15	87-68-3	Hexachlorobutadiene	<2.90	ppmv	300

Appendix C

NORIT Activated Carbon – Vendor Documentation

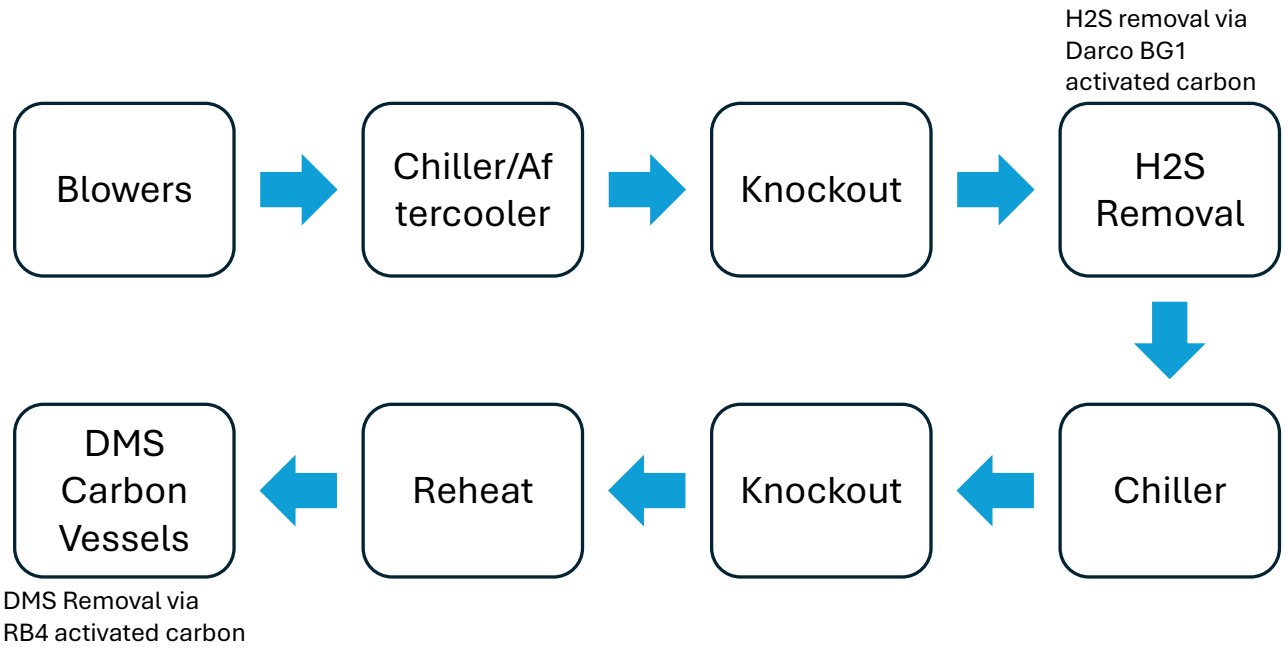
Norit Activated Carbon

H2S/DMS Removal

SCS Engineers Southern CA Project

August 2026

Process Flow



- For H2S removal via Darco BG1, gas RH% at 60-100%
- For VOC/DMS removal via Norit RB4, gas RH% at <50%

NORIT ACTIVATED CARBON

Norit Activated Carbon Pricing/Lead time

Darco BG1 (H2S removal)

- Packaging: 1000lb bulk bags
- Ships from: Texarkana, TX

- Price: $1.98/lb + freight
- Lead time:
  - First fill: 1-2 months
  - Changeouts: 2-3 weeks

Norit RB4 (VOC/DMS removal)

- Packaging: 450kg/992.08 lb bulk bags
- Ships from: Marshall, TX

- Price: $4.85/lb + freight
- Lead time:
  - First fill: 6 months
  - Changeouts: 2-3 week

NORIT ACTIVATED CARBON

H2S Management

Darco BG1 Activated Carbon for H2S Removal

- This summary shows a 2-vessel system, single train lead/lag. By doing so 4 of the 6-vessel limit can be allocated to VOC/DMS removal.
- 3,000 to 4,500 sq ft estimated footprint of this 2-vessel system
- There are numerous possible configuration/vessel options

Total Flowrate:	20,000 SCFM	Trains:	1
Train Flowrate:	20,000 SCFM	Total Vessels:	2

Gas Conditions and Assumptions:

Pressure:	10.0 psig	Relative Humidity:	90 %
Temperature:	80 F	Oxygen:	0.10 %

Target Contaminate: **Hydrogen Sulfide (H2S)**

Concentration of Contaminate: 175 ppm
Pounds of Sulfur (approximate): 452.1 pounds per day
165,006 pounds per year

Recommended Product: **DARCO BG1**

Media Vessels:

Number of Vessels: 2
Vessel Diamter: 26 ft
Vessel Cross-Section: 531 ft2

Media Bed Depth: 22.6 feet
Media Capacity per Bed (volume): 12,000 ft3
Recommended Media Capacity per Bed (weight): 300,000 pounds

Key Gas Properties:

Flow Velocity (feet per minute): 23.3 feet per minute
Empty Bed Contact Time (EBCT): 58.3 seconds
Estimated Pressure Drop (media only): 2.0 inches WC per ft of bed depth
Total Estimated Pressure Drop for Carbon (media only): 45.2 inches WC

Darco BG1 ($/lb): $ 1.96
Flowrate (scfm): 20,000 SCFM
Concentration of Target Contaminate: 175 ppm
Recommended Media Capacity per Bed (weight): 300,000 pounds

Site Annual Sulfur (lbs)	Loading (wt %)	Site Annual DARCO BG1 (lbs)	Vessel Media Bed Life (Days)	Site Annual Changeouts	$/lb H2S Removed
165,006	75%	220,008	498	0.7	$ 2.61
165,006	85%	194,125	564	0.6	$ 2.31
165,006	95%	173,691	630	0.6	$ 2.06

Disclaimer: The performance estimates provided are solely for informational purposes. Actual field performance is dependent on gas and operating conditions. These estimates do not constitute a warranty or performance guarantee.

NORIT ACTIVATED CARBON

VOC/DMS Management

- **Norit RB4 for VOC/DMS Management**
- Scenario 1: assumed that some type of additional VOC removal occurs ahead of this system, so that the carbon is left addressing primarily DMS

Total Flowrate:	20,000 SCFM	Trains:	2	
Train Flowrate:	10,000 SCFM			
Gas Conditions and Assumptions:				
Pressure:	8.0 psig	Relative Humidity:	50 %	(maximum limit)
Temperature:	100 F	Oxygen:	0 %	
Target Contaminate:	**DMS**			
Concentration of Contaminate:		500 ppm		
Est. Contaminant Load to Vessels:		1180 pounds per day		
Recommended Product:	**NORIT RB4**			
Vessel Properties:				
Number of Vessels: 4		Vessel Diameter: 26.0 ft		
Vessel Configuration: Single Vessel		Carbon Bed Depth: 23.9 ft		
Media Capacity per Bed (volume): 12,672 ft3		Bulk Bags (Qty): 350		
Media Capacity per Bed (weight): 347,213 pounds				

Performance Estimates:

Flow Velocity (feet per minute): 13 feet per minute
Empty Bed Contact Time (EBCT): 109 seconds
Estimated Time to Contaminant Breakthrough: 29 days
Total Estimated Pressure Drop for Carbon (media only): 6.0 inches WC
Est. Carbon Consumption Rate: 4,307,489 pounds per year

NORIT ACTIVATED CARBON

VOC/DMS Management

- **Norit RB4 for VOC/DMS Management**
- Scenario 2: No upstream removal of VOC's, the carbon beds are left to address the full contaminant load of the gas, including DMS.

Total Flowrate:	20,000 SCFM	Trains:	2
Train Flowrate:	10,000 SCFM		
Gas Conditions and Assumptions:			
Pressure:	8.0 psig	Relative Humidity:	<50%
Temperature:	100 F	Oxygen:	0 %
Target Contaminate:	**DMS**		
Concentration of Contaminate:		500 ppm	
Est. Contaminant Load to Vessels:		1180 pounds per day	
Recommended Product:	**NORIT RB4**		
Vessel Properties:			
Number of Vessels: 4		Vessel Diameter: 26.0 ft	
Vessel Configuration: Single Vessel		Carbon Bed Depth: 23.9 ft	
Media Capacity per Bed (volume): 12,672 ft3		Bulk Bags (Qty): 350	
Media Capacity per Bed (weight): 347,200 pounds			
Performance Estimates:			
Flow Velocity (feet per minute): 13 feet per minute			
Empty Bed Contact Time (EBCT): 109 seconds			
Estimated Time to Contaminant Breakthrough: 1 days			
Total Estimated Pressure Drop for Carbon (media only): 6.0 inches WC			
Est. Carbon Consumption Rate: 86,149,787 pounds per year			

NORIT ACTIVATED CARBON

Estimate Prepared by:
Omar Hasnain,
Sr. Applications Engineer
M +1-978-821-4529 E omar.hasnain@norit.com

July 31, 2026

Prepared For:	**SCS DMS - Exp. Chiquita - Ideal Case**	Revision: 1	
Total Flowrate:	15,000 SCFM	Trains:	6
Train Flowrate:	2,500 SCFM		

Gas Conditions and Assumptions:

Pressure:	- 1.3 psig	Relative Humidity:	50 % (maximum limit)
Temperature:	80 F	Oxygen:	0 %

Target Contaminate:	**DMS**	
Concentration of Contaminate:		500 ppm
Est. Contaminant Load to Vessels:		295 pounds per day

Recommended Product: **NORIT RB4**

Vessel Properties:

Number of Vessels: 6	Vessel Diameter: 12.0 ft
Vessel Configuration: Single Vessel	Carbon Bed Depth: 16.0 ft
Media Capacity per Bed (volume): 1,810 ft3	Bulk Bags (Qty): 50
Media Capacity per Bed (weight): 49,600 pounds	

Performance Estimates:

Flow Velocity (feet per minute): 25 feet per minute
Empty Bed Contact Time (EBCT): 38 seconds
Estimated Time to Contaminant Breakthrough: 17 days
Total Estimated Pressure Drop for Carbon (media only): 4.0 inches WC
Est. Carbon Consumption Rate: 1,076,872 pounds per year

Notes

1. Assumes moisture dehydration occurs upstream of ACT vessels
2. Assumes relative humidity does not exceed 50% RH
3. Assumes all VOCs are removed upstream of ACT vessels
4. DMS achieves maximum loading suggested under ideal conditions

Appendix D

UNICAT Catalyst Technologies – Vendor Documentation

UNICAT
CATALYST TECHNOLOGIES, LLC

COMMERCIAL PROPOSAL

SCS ENGINEERS

Catalyst & Process Technology Partner

INNOVATIVE | COLLABORATIVE | ROI-FOCUSED

WWW.UNICATCATALYST.COM

COMMERCIAL PROPOSAL

SCS Engineers

SR-101D, TSR-12SF & UNICARBON-HRU-CSP

August 21st, 2026

Unicat Reference No.: 3111

For any further information, please contact

Natalie Hamel

Regional Sales Manager, Americas

C: +1 (502) 860-1308

E: natalie.hamel@unicatcatalyst.com

Dear Chris,

We would like to thank you for inviting our company to bid on the catalyst requirements at SCS Engineers.

At UNICAT we are committed to delivering innovative catalyst solutions that enhance efficiency and drive performance. With decades of expertise and a strong commitment to quality, our products have been designed to optimize operational output while maintaining cost-effectiveness.

In line with your request on July 31st, please find the commercial proposal for the following products:

- **SR-101D:** Recommended replacement for the current activated carbon in the lead vessels. Based on two (2) vessels with a 20' ID and ~33.4' active bed height, plus 5% spillage, the required quantity is 22,050 ft^3, equivalent to 3,150 drums (7 ft^3/drum).

- **UNICARBON-HRU-CSP:** Recommended replacement for the current activated carbon in the top layer of the lag vessels. Based on two (2) vessels with a 20' ID and ~15.3' active bed height, plus 5% spillage, the required quantity is 10,045 ft^3, equivalent to 287 supersacks (35 ft^3/supersack).

- **TSR-12SF**: Recommended replacement for the current activated carbon in the bottom layer of the lag vessels. Based on two (2) vessels with a 20' ID and ~18.2' active bed height, plus 5% spillage, the required quantity is 11,998 ft^3, equivalent to 1714 drums (7 ft^3/drum).

This proposal outlines our customized pricing structure for SCS Engineers ensuring a competitive offer while fostering collaboration and innovation. By partnering with us, SCS Engineers will gain access to premium catalyst technology, expert support, and valuable insights for long-term success.

We look forward to working together and providing solutions tailored to your needs.

Yours sincerely,

Natalie Hamel
Regional Sales Manager, Americas
UNICAT Catalyst Technologies, LLC

c: +1 (502) 860-1308
e: natalie.hamel@unicatcatalyst.com
w: **www.unicatcatalyst.com**

Natalie Hamel

1. Commercial Proposal

Pricing Table

Product	Volume (ft^3)	Lead Time	Packaging	Unit Price ($/ft^3$)	Price ($)
UNICAT SR-101D-4E	22,050	20 weeks	3150 - Drums	$173.90	$3,834,495.00
UNICAT UNICARBON-HRU-CSP-4G	10,045	13 weeks	287 - Supersack	$136.62	$1,372,347.90
UNICAT TSR-12SF-4E	11,998	25 weeks	1714 - Drums	$274.26	$3,290,571.48
				Total	**$8,497,414.38**

Optional Support:

Product	Volume (ft^3)	Lead Time	Packaging	Unit Price ($/ft^3$)	Price ($)
Densimax-1/4”	1,330	13 weeks	38 - Supersack	$51.45	$68,428.50
Densimax-1/2”	665	13 weeks	19 - Supersack	$51.45	$34,214.25
Densimax-3/4”	5,600	13 weeks	160 - Supersack	$51.45	$288,120.00
				Total	**$390,762.75**

Terms

- **Lead time:** Initial fill: 25 weeks from purchase order (PO) confirmation. Refills: With a supply agreement in place, additional inventory can be stocked at a Unicat warehouse in the U.S., reducing overall lead times to 4-6 weeks.
- **Contingency:** The quoted quantities are as per vessel’s requirements, including 5% contingency as a precautionary measure to address any potential issues during the loading process, and rounded to the nearest whole container.
- **Payment Terms:** Net 30 days
- **Tariffs/Duties/Taxes:** The prices quoted are based on current tariffs, duties, and taxes. If there are any changes to these before the order is confirmed, the quoted prices may change, and this quotation will no longer be valid

- **Incoterms:** FCA – Alvin, TX.
- **Offer Validity:** The offer is valid for acceptance for 30 days from the date of this offer.
- **Packing:** 7 ft^3 drums. 35 ft^3 supersacks.
- **Return Policy**: UNICAT will authorize the return of any unopened product within 60 days of receipt of shipment at a 20% restocking fee subject to inspection upon arrival in our warehouse. All freight charges are at the expense of SCS Engineers.
- **Standard UNICAT per diem rate:** USD 2,000/shift (specialized engineer, for any extra service not included and or delays in loading outside of Unicat control).
- **End User Declaration:** An End User Declaration Form must be signed by the customer before any order can be acknowledged and processed. This form confirms that: (1) the products will be used solely for their original, declared scope by the customer and (2) the products will not be re-exported, resold, or diverted to other uses without prior written authorization from UNICAT.
- **Terms and Conditions:** UNICAT's standard terms and conditions of sale will apply, but we are amenable to review and agree reasonable mutual T&Cs with SCS Engineers.

This quote/proposal and fulfilment of any purchase order is subject to seller's ability to comply with all applicable UK, U.S., and other laws and regulations, including all prohibitions on exports or re-exports of the goods, services, or technology to countries or regions subject to UK, U.S., or other applicable sanctions or embargoes and all prohibitions on exports, re-exports, or in-country transfers to any person or entity listed on a UK, U.S., or other applicable restricted parties list or to any other restricted person or entity. If such laws change or otherwise make it unlawful to proceed, this quote/proposal becomes null and void. Acceptance of this quote/proposal obligates buyer to comply with all applicable laws, rules, and regulations in connection with the sale.

Confidentiality: The Content, Terms and Conditions of this Proposal are confidential between the parties – SCS Engineers & UNICAT and shall not be disclosed to anyone else. Any disclosure in violation of this section shall be deemed a material breach.

2. General Information about UNICAT Catalyst Technologies

Company Overview

UNICAT Catalyst Technologies, LLC is an innovative catalyst and process technology partner that collaborates with businesses to find effective solutions to increase efficiency and sustainability. Our technical expertise is demonstrated through high-quality, award-winning solutions and continuous investment in product development.

Global Presence

Headquartered in the United States, and manufacturing in USA, UK, Vietnam, and China. UNICAT operates with a global footprint, serving clients across the world. Our regional teams provide localized support and technical expertise to ensure seamless integration and performance of our catalyst solutions.

Core Products

- Syngas Production Catalysts – Full range of catalysts for syngas production using Steam Reforming or Gasification.
- Purification Catalysts – The broadest range of purification catalyst products available today is driven by an innovative approach.
- Hydroprocessing Applications – key focus on optimized bed grading and Purification Guard Technologies.
- Advanced Top Grading Systems – AFS technology.
- Specialty Markets – SPA catalysts, Bender Catalysts, etc.

Mission Statement

Proactively partner customers in achieving their goals (efficiency, profit, sustainability) by understanding their problems and needs and innovating solutions.

Vision

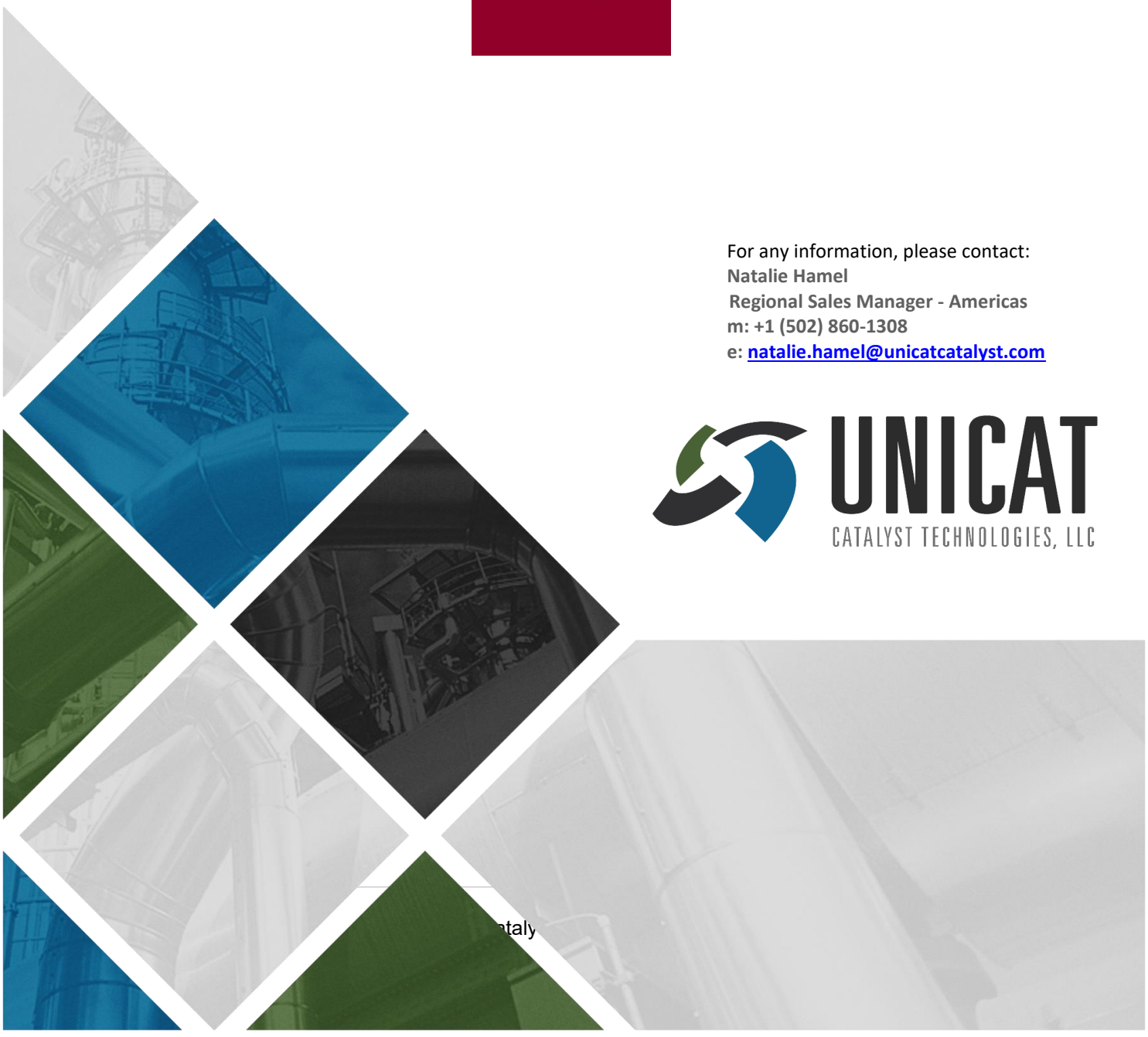
Optimizing performance through strategic partnerships with cutting-edge catalyst and process technology:

- Innovation.
- Flexible Manufacturing.
- Supply Chain Stability and Broad Product Range.

UNICAT Catalyst Technologies, LLC
5918 S. Highway 35
Alvin, TX 77511
USA
O: 281.331.2231
WWW.UNICATCATALYST.COM

SCS Engineers

Sulfur Removal from Landfill Gas
Technical Proposal



For any information, please contact:
Natalie Hamel
Regional Sales Manager - Americas
m: +1 (502) 860-1308
e: natalie.hamel@unicatcatalyst.com

UNICAT Catalyst Technologies, LLC
5918 S. Highway 35
Alvin, TX 77511
USA
O: 281.331.2231
WWW.UNICATCATALYST.COM

SCS Engineers

August 14, 2026

Attn: Chris Woloszyn, PE
E-Mail: cwoloszyn@scsengineers.com
Subject: H2S-DMS Treatment

Chris,

We would like to thank you for inviting UNICAT to bid for the SCS Landfill gas sulfur removal absorbent supply. We appreciate your consideration and welcome any follow-up questions.

UNICAT specializes in the manufacturing and application of a wide variety of sulfur removal catalysts and technologies for a broad spectrum of industries including refining, petrochemical, gas processing/production, and syngas production. This is important because it allows us to make recommendations on what is best for your specific application, not just a selection of variations of only one product type. We have technically evaluated the feed stream supplying the pretreatment unit and appreciate your consideration of the proposed solution.

Our proposed solution includes:

A new multi-bed approach including an iron oxide adsorbent to remove H_2S, a coconut carbon pretreatment step to remove VOC compounds, and UNICAT's polishing absorbent TSR-12SF to remove DMS:

Sulfur Removal Beds:	**UNICAT SR-101D-4E**
	UNICAT UNICARBON-HRU-CSP-4G
	UNICAT TSR-12SF-4E

A 5% contingency is recommended for all products and is included in the commercial quote below.

We do remain at your full disposal for any further information or clarification.

Yours sincerely,

Natalie Hamel

Natalie Hamel
Regional Sales Manager, Americas
UNICAT Catalyst Technologies, LLC
c: +1 (502) 860-1308
e: natalie.hamel@unicatcatalyst.com
w: **www.unicatcatalyst.com**

UNICAT Catalyst Technologies, LLC
5918 S. Highway 35
Alvin, TX 77511
USA
O: 281.331.2231
WWW.UNICATCATALYST.COM

Contents

1. General information about UNICAT Catalyst and Technologies 3

2. Technical Background.....4

3. Technical Proposal – H_2S and DMS removal 5

Proposed Sorbent for H_2S Removal: UNICAT SR-101D..... 8

Proposed Sorbent for VOC Removal: UNICARBON HRU-CSP..... 9

Proposed Sorbent for DMS Removal: UNICAT TSR-12SF 10

Proposed Support Media: UNICAT Densimax 11

Loading Diagrams: H_2S Removal Bed 12

Loading Diagrams: DMS Removal Bed..... 13

Performance Projections..... 14

4. Technical Support 15

5. Terms and Conditions 16

UNICAT Catalyst Technologies, LLC
5918 S. Highway 35
Alvin, TX 77511
USA
O: 281.331.2231
WWW.UNICATCATALYST.COM

1. General information about UNICAT Catalyst and Technologies

UNICAT is a privately-owned company headquartered in Houston, Texas, USA. Since our founding in 2000, we have specialized in delivering high-performance catalyst products and services to the refining, petrochemical, and gas processing industries.

Today, UNICAT is a globally recognized supplier of catalysts and adsorbents, with deep expertise across the following key application areas:

- **SYNGAS** Products for modern syngas plants include absorbents and catalysts for hydrogen, methanol, ammonia, town gas, and coal gasification.
- **PSA** We use premium-range adsorbents and a deep technical understanding of engineering PSA systems to lead our customers to the best PSA performance possible.
- **AFS** (Advanced Filtration System) represents today's most advanced and comprehensive line of catalyst bed grading products.
- **POLYCAT** is a robust, solid phosphoric acid catalyst portfolio for multiple SPA polymerisation reactors (chamber and tubular) applications.
- **PURIFICATION** We offer Purification catalysts and adsorbents to meet customers' specific needs. Our products can focus on and remove Sulphur (All Types), Silicon, Arsine and Phosphate, Chloride and halogen, Mercury, Oxygen, and Reducing Gases.

With thousands of industrial references worldwide, UNICAT has established a strong track record across diverse application domains. We offer global sales and service support, with production facilities strategically located in China, the UK, the USA, India, and Vietnam—each equipped with associated storage facilities to ensure efficient supply chain operations.

Research and development are central to our innovation strategy, with core R&D operations based in Houston and supported by teams in the UK and at each production site.

UNICAT is committed to the highest standards of product quality. In addition to ISO protocols, every production lot undergoes rigorous quality control and verification against agreed specifications, including third-party testing to ensure consistency and reliability.

UNICAT Catalyst Technologies, LLC
5918 S. Highway 35
Alvin, TX 77511
USA
O: 281.331.2231
WWW.UNICATCATALYST.COM

2. Technical Background

SCS Engineers is evaluating treatment alternatives for hydrogen sulfide (H_2S) and dimethyl sulfide (DMS) removal from landfill gas (LFG) at a client site located on the west coast, situated on the vacuum side of the well field. The site currently operates a dry solid scavenger system for H_2S treatment. Based on discussions with multiple vendors, effective treatment of DMS and H_2S is expected to require separate treatment stages rather than a single combined media system. Process conditions and gas compositions for the feed cases are shown in Table 1 below.

Table 1. Process Conditions and Gas Composition

Parameter	Current Case	Future Case
Pressure, psig	-2.0	-2.0
Temperature, °F	90 - 135	90 - 135
Flowrate, scfm	15,000	20,000
Relative humidity, RH	80%	80%

Gas Composition

Component	Design Case, %-v
N_2	45
CO_2	22
O_2	2.5 - 3.9
CH_4	30
Total	**100**

Contaminants

Contaminant	Units	Design	Maximum
DMS	ppmv	232	1,000
H_2S	ppmv	175	200
TOC	ppmv	208	208

UNICAT Catalyst Technologies, LLC
5918 S. Highway 35
Alvin, TX 77511
USA
O: 281.331.2231
WWW.UNICATCATALYST.COM

The function of the adsorbent bed(s) is to reduce sulfur below the air permit specification shown in Table 2.

Table 2. Required Purity for Treated Gas

(Product Specification – Effluent Requirement)

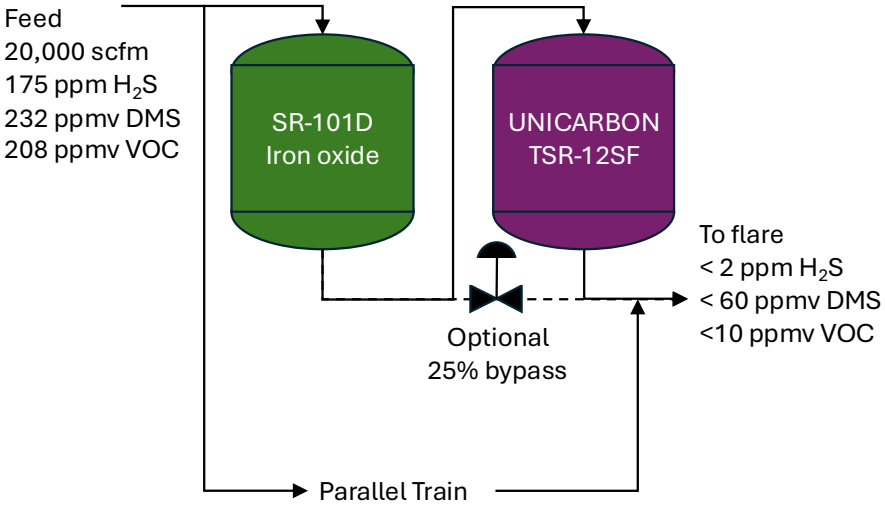
Component	**Composition**
Total S	< 60 ppmv

The current system consists of 4 vessels, with an option to expand to 6, each sized approximately 144 in x 180 in. The existing vessels are currently fiberglass but can be upgraded to stainless steel. Existing media (activated carbon) is undergoing replacement approximately every 4–6 weeks.
Site constraints include limited real estate due to the mountainous terrain. Some LFG flows are currently sent to flare due to questionable gas quality; other thermal oxidizer (TOX) units on-site are handling gas of worse quality, and these flows are expected to eventually be routed to the treatment system under evaluation.

As requested by SCS Engineers, we have provided the overall performance estimates for the Sulfur Removal beds under the current operating conditions. This technical proposal has been developed based on the data and documentation provided in the email exchange and telecon from July 2026.

3. Technical Proposal – H_2S and DMS removal

The scope of supply is to remove H_2S and DMS from the feed stream. However, the feed gas contains a significant concentration of oxygen-containing VOCs, which can compete with sulfur species for active adsorption sites and reduce the effective life of the adsorbents. Based on UNICAT technical review, VOCs are not expected to be removed in the upstream iron oxide SR-101D bed and should be assumed to pass through to the downstream carbon layer. A sequential sorbent configuration is recommended.



The sorbent is housed in two parallel trains containing two vessels each. Within each train, the H_2S removal adsorbent SR-101D-4E is installed first in a single vessel operating in a downflow configuration. The vessel contains 10,500 ft³ of sorbent and is designed to reduce H_2S in the feed stream from an average of 175 ppmv to < 2 ppmv. The expected service life is approximately 40 months of continuous operation before replacement. Please note, the relative humidity of the feed into the SR-101D vessel must be saturated and may require water injection to achieve this condition. Condensate management should also be considered in the vessel design (e.g., a separator, high efficiency demister pad, and automatic drains). The expected temperature rise given the inlet oxygen concentration of 2.5 - 3.9%-v is minimal and is not expected to exceed 20°F. However, oxygen to the bed must **always** be present. If for some reason, oxygen levels drop off temporarily, a build-up of FeS will occur, and this will react with the oxygen when it comes back, creating a very hot exotherm. The vessel should be insulated to ensure there is less than a 5°F temperature drop in gas temperature in the coldest environment. Please note, the vessel size is dictated by required contact time, not uptake capacity.

The second vessel in series contains two layers beginning with a 4,788 ft³ layer of sacrificial hydrocarbon removal adsorbent, UNICARBON-HRU-CSP, designed to reduce VOCs in the feed stream from 208 ppmv to <10 ppmv. The purpose of this layer is to remove as many reactive hydrocarbon species as possible prior to entering the targeted DMS-removal layer to prevent competition and premature deactivation. Because there is a spectrum of oxygenated contaminants, this bed will break through “chromatographically” as stronger adsorbates displace weaker ones at

UNICAT Catalyst Technologies, LLC
5918 S. Highway 35
Alvin, TX 77511
USA
O: 281.331.2231
WWW.UNICATCATALYST.COM

the exit end of the bed. It is recommended to periodically monitor TOC speciation at the exit of the system to ensure that the changeout frequency is appropriate.

The second layer consists of 5,712 ft^3 of TSR-12SF to remove DMS from the feed stream. An optional 25% bypass may be used to treat only the fraction of the feed needed to meet the outlet specification of < 60 ppmv total sulfur, extending bed life. Sulfur monitoring is recommended at the outlet of each train. The expected service life for this vessel is approximately 1–2 months of continuous operation.

UNICAT Catalyst Technologies, LLC
5918 S. Highway 35
Alvin, TX 77511
USA
O: 281.331.2231
WWW.UNICATCATALYST.COM

Proposed Sorbent for H_2S Removal: UNICAT SR-101D



UNICAT's SR-101D is the next generation of iron-based hydrogen sulfide removal absorbent. SR-101D is a blend of iron oxides and promotors with a proprietary binder for the removal of hydrogen sulfide from natural gas, wet off-gas, air, or landfill gas. SR-101D is supplied in extrudate form.

Technical Information		
Composition	Fe_2O_3	
Product	2E	4E
Shape	Extrudate	
Size (mm)	2.5	4
Loading Density kg/m^3 lbs/ft^3	 900 56	
Radial crush strength	≥7.0 N / mm ≥15 lb_f / mm	

UNICAT Catalyst Technologies, LLC
5918 S. Highway 35
Alvin, TX 77511
USA
O: 281.331.2231
WWW.UNICATCATALYST.COM

Proposed Sorbent for VOC Removal: UNICARBON HRU-CSP



UNICAT's UNICARBON-HRU-CSP is an activated carbon manufactured from selected-grade coconut shells and steam-activated at high temperature for use in vapor- and liquid-phase applications. The carbon exhibits a highly microporous structure and excellent mechanical hardness. UNICARBON-HRU-CSP provides strong performance in the removal of light hydrocarbons (C_1–C_4) and bulk CO_2 in hydrogen purification pressure swing adsorption (H_2 PSA) applications. Coconut-shell-based activated carbons are widely used in adsorption service due to their high microporosity, superior hardness, and low attrition. The product is particularly effective for removing weakly adsorbed compounds and for reducing emissions to trace concentration levels.

Technical Information		
Composition	Activated Carbon (coconut-shell based)	
Product	4G	6G
Shape	Granular	
Size (mm)	4x8 Mesh	6x12 Mesh
Sock Loaded Density kg/m^3 lbs/ft^3	 495 31.0	 510 32.0
Dense Loading Density (estimate) kg/m^3 lbs/ft^3	 594 37.1	 612 38.2
Ash (wt %)	< 3	<4

UNICAT Catalyst Technologies, LLC
5918 S. Highway 35
Alvin, TX 77511
USA
O: 281.331.2231
WWW.UNICATCATALYST.COM

Proposed Sorbent for DMS Removal: UNICAT TSR-12SF



UNICAT's TSR-12SF is a specialty bi-metal promoted sulfur absorbent engineered for the removal of trace H_2S, COS, and light organic sulfur species. Designed to meet the most stringent outlet sulfur specifications, TSR-12SF performs effectively in both gas and liquid-phase applications at ambient temperature. It is supplied in extrudate form for ease of use and consistent performance.

Technical Information		
Composition	Activated Carbon, CuO, FeO_3	
Product	3E	4E
Shape	Extrudate	
Size (mm)	3	4
Loading Density kg/m^3 lbs/ft^3	 560 35	
Radial crush strength	> 1 kg_f / mm > 2.2 lb_f / mm	

UNICAT Catalyst Technologies, LLC
5918 S. Highway 35
Alvin, TX 77511
USA
O: 281.331.2231
WWW.UNICATCATALYST.COM

Proposed Support Media: UNICAT Densimax



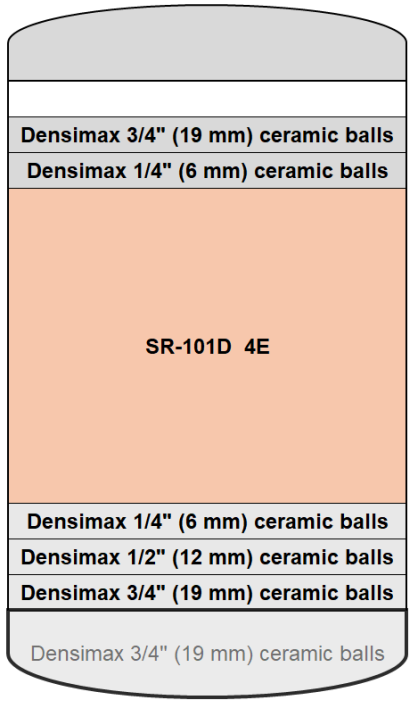
UNICAT's **Densimax** ceramic support series are inert support balls for general purpose grading applications in the top and bottom of reactor vessels at refineries, chemical facilities, and SynGas plants. Densimax is available in six standard sizes with specialty sizes produced upon request. Densimax has high crush strength due to its chemistry and its uniform spherical shape which permits a high stress distribution.

Technical Information						
Product Name		1/8"	1/4"	1/2"	3/4"	1"
Diameter	mm (±0.5)	3	6	12	19	25
Density	kg/m^3 (±5%)	1375	1375	1375	1375	1375
Density	lb/ft^3 (±5%)	85.8	85.8	85.8	85.8	85.8
Water Absorption	%	<1	<1	<1	<1	<1
Nominal Surface Area	m2/g	≥0.02	≥0.02	≥0.02	≥0.02	≥0.02
Crush Strength	kg-f	≥50	≥80	≥100	≥300	≥300

Composition [wt%]							
Al_2O_3	SiO_2	K_2O	Fe_2O_3	Na_2O	MgO	TiO_2	CaO
≥17	≥72	≤4	≤1.5	≤1.0	≤0.5	≤0.5	≤0.5

Loading Diagrams: H_2S Removal Bed

Vessel Tag No.H2S Removal
Flow direction:Downflow
Loading Method:Sock
Bed Int. Dia.= 20 ft

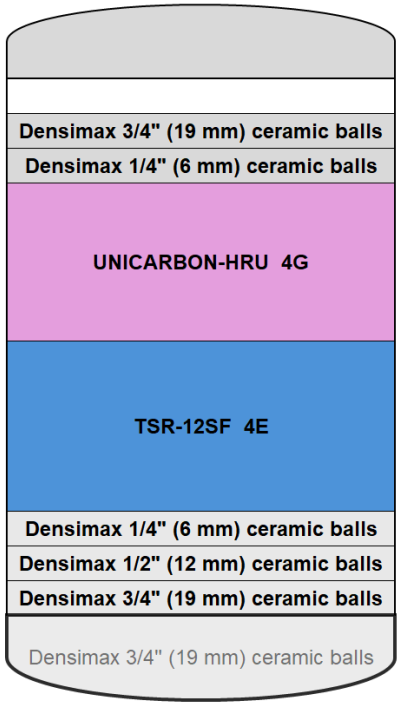


UNICAT CATALYST TECHNOLOGIES, LLC
UNICAT Catalyst Technologies, LLC
5918 S. Highway 35
Alvin, TX 77511
USA
O: 281.331.2231
WWW.UNICATCATALYST.COM

Loaded Height	Catalyst/Absorbent/Adsorbent	Volume	Typical density	Loaded weight
in		*ft3*	*lb/ft3*	*lb*
6	Densimax 3/4" (19 mm) ceramic balls	157	86	13,483
6	Densimax 1/4" (6 mm) ceramic balls	157	86	13,483
401.08	SR-101D 4E	10500	56	589,958
6	Densimax 1/4" (6 mm) ceramic balls	157	86	13,483
6	Densimax 1/2" (12 mm) ceramic balls	157	86	13,483
4	Densimax 3/4" (19 mm) ceramic balls	105	86	8,989
Bottom of Head	Densimax 3/4" (19 mm) ceramic balls	1047	86	89,890

Loading Diagrams: DMS Removal Bed

Vessel Tag No.DMS Removal
Flow direction:Downflow
Loading Method:Sock
Bed Int. Dia.= 20 ft



UNICAT
CATALYST TECHNOLOGIES, LLC
UNICAT Catalyst Technologies, LLC
5918 S. Highway 35
Alvin, TX 77511
USA
O: 281.331.2231
WWW.UNICATCATALYST.COM

Loaded Height	Catalyst/Absorbent/Adsorbent	Volume	Typical density	Loaded weight
in		*ft3*	*lb/ft3*	*lb*
6	Densimax 3/4" (19 mm) ceramic balls	157	86	13,483
6	Densimax 1/4" (6 mm) ceramic balls	157	86	13,483
183	UNICARBON-HRU 4G	4788	30	143,484
218	TSR-12SF 4E	5712	35	201,470
6	Densimax 1/4" (6 mm) ceramic balls	157	86	13,483
6	Densimax 1/2" (12 mm) ceramic balls	157	86	13,483
4	Densimax 3/4" (19 mm) ceramic balls	105	86	8,989
Bottom of Head	Densimax 3/4" (19 mm) ceramic balls	1047	86	89,890

Performance Projections

We have made performance predictions based on the Design Case in Table 1.

The expected performance of sorbents is summarized below in Table 3:

Table 3. Performance summary

Variable	Unit	**Bed** 1 **SR-101D** **H_2S Removal**	**Bed** 2 Layer 1 **UNICARBON** **VOC Removal**	**Bed** 2 Layer 2 **TSR-12SF** **DMS Removal**
H_2S (outlet)	ppmv	< 2	<2	< 2
DMS (outlet)	ppmv	232	232	< 60
Capacity	%-w	35% H_2S	11% VOCs	3% DMS
Vessels		2	2	
Sorbent Volume	ft^3/vessel	10,500	4,788	5,712
Service life	months	40	1-2	1-2
Pressure drop SOR	psi	1.36	0.25	0.10
Minimum L/D	L/D	1.5	1.5	1.5
Temperature range	°F	Ambient – 200	Ambient – 175	

The proposed layered treatment approach is designed to achieve the required outlet sulfur specification while providing dedicated removal capacity for H_2S and DMS. The oxygenated VOC constituents are not expected to be removed in the upstream iron oxide SR-101D bed and should be assumed to pass through that vessel. VOC removal is assigned to the downstream UNICARBON-HRU-CSP layer, which protects the TSR-12SF DMS-removal layer from competitive adsorption and premature deactivation. Actual operating life will depend on feed composition variability, moisture control, flow distribution, and routine monitoring of sulfur and TOC breakthrough. UNICAT recommends continued field sampling and operating data review to confirm changeout timing and optimize long-term system performance.

UNICAT Catalyst Technologies, LLC
5918 S. Highway 35
Alvin, TX 77511
USA
O: 281.331.2231
WWW.UNICATCATALYST.COM

4. Technical Support

Below is listed the technical support that UNICAT can provide:

- Assistance, remote and on-site, for loading, start-up, and process troubleshooting as required.
- In case of emergency, UNICAT Catalyst personnel can provide immediate assistance by telephone or e-mail.
- UNICAT will review and provide input on start-up and shutdown procedures required for catalyst change-out.

UNICAT Catalyst Technologies, LLC
5918 S. Highway 35
Alvin, TX 77511
USA
O: 281.331.2231
WWW.UNICATCATALYST.COM

5. Terms and Conditions

UNICAT
Terms and Conditions of Sale
These terms and conditions of sale ("Terms") and the accompanying quotation or order acknowledgement ("Quotation" collectively with Terms, this “Agreement”) are the only terms that govern the sale of the goods identified in the Quotation ("Goods") by Unicat Catalyst Technologies, LLC ("Seller") to the buyer named therein ("Buyer"). Seller and Buyer may each be referred to as a "Party" or collectively as the "Parties." This Agreement supersedes all prior or contemporaneous understandings, agreements, negotiations, representations and warranties, and communications, both written and oral. Buyer’s issuance of a purchase order in response to Seller’s Quotation shall conclusively evidence Buyer's unconditional acceptance of these Terms, and Seller hereby rejects and shall not be bound by any terms or conditions in Buyer’s purchase order or other written communications that differ from, add to, or modify these Terms.

1. Delivery.

1.1. The Goods will be delivered within a reasonable time after the receipt of Buyer's purchase order, subject to availability of the Goods. Delivery dates given by Seller are estimates only and are subject to shipping variations and requirements. Time shall not be of the essence, and Buyer cannot reject the Goods or terminate the Agreement due to delivery delays. This condition remains in effect regardless of any notices served.

1.2. Unless otherwise agreed in writing by the Parties, Seller shall deliver the Goods FCA (Incoterms 2020) Alvin, TX using Seller's standard methods for packaging and shipping such Goods.

1.3. Seller may, in its sole discretion, without liability or penalty, make partial shipments of Goods to Buyer. Each shipment will constitute a separate sale, and Buyer shall pay for the units shipped whether such shipment is in whole or partial fulfillment of Buyer's purchase order.

1.4. If Seller requests the return of pallets or special packaging, Buyer must return them in good condition within 30 days of receipt at Buyer’s expense, or Seller will charge Buyer for their cost.

2. Acceptance of Order. Seller's acceptance of a purchase order shall be effective only where such acceptance is in writing and signed by an authorized representative of the Seller. A Quotation does not constitute an offer and Seller reserves the right to withdraw or revise a Quotation at any time before it accepts a purchase order.

3. Buyer Cancellation. In the event that Buyer cancels all or any portion of an accepted purchase order, Buyer shall reimburse Seller for all reasonable costs and expenses incurred by Seller or on Seller's behalf in connection with the cancelled order up to the date of cancellation. Such costs and expenses shall include, but are not limited to: (a) The cost of raw materials procured for the order; (b) Manufacturing costs incurred to date; (c) Labor costs directly attributable to the order; (d) Any non-cancellable commitments made by Seller to its suppliers or subcontractors in furtherance of the order; and (e) Any other direct costs reasonably incurred by Seller in reliance on the purchase order. Upon Buyer's request and at Buyer's expense, Seller shall deliver to Buyer any partially manufactured goods related to the cancelled order, provided that such delivery does not violate any applicable laws, regulations, or Seller's contractual obligations to third parties.

4. Safety Documentation. Seller maintains product literature and safety information detailing the necessary conditions for safe and proper use of the Goods. If Buyer does not already possess this safety literature or requires additional information or advice regarding the safe use of the Goods, Buyer should contact Seller's customer support department. Seller may periodically update safety information. Buyer is encouraged to check for the most current safety information before each use of the Goods.

5. Title and Risk of Loss. Risk of loss passes to Buyer upon delivery of Goods to the carrier. Seller shall not be liable for any loss of or damage to material in transit. Title to the Goods shall remain with Seller until Seller has received full payment of the purchase price. As collateral security for the payment of the purchase price of the Goods, Buyer hereby grants to Seller a lien on and security interest in and to all of the right, title, and interest of Buyer in, to, and under the Goods, wherever located, and whether now existing or hereafter arising or acquired from time to time, and in all accessions thereto and replacements or modifications thereof, as well as all proceeds (including insurance proceeds) of the foregoing. The security interest granted under this provision constitutes a purchase money security interest under the Texas Uniform Commercial Code. Upon receipt of full payment, Seller shall release its security interest, and title shall automatically pass to Buyer.

6. Amendment and Modification. These Terms may only be amended or modified in a writing which specifically states that it amends these Terms and is signed by an authorized representative of each Party.

7. Payment Terms.

7.1. Invoicing and Payment. Buyer shall pay Seller all invoiced amounts due within 7 days after the date of Seller's invoice. All payments hereunder shall be in U.S. dollars. Seller reserves the right to require pre-payment in its sole discretion.

7.2. Late Payment. Buyer shall pay interest on all delinquent payments at the lesser of the rate of 1.5% per month or the highest rate permissible under applicable law. Buyer shall reimburse Seller for all costs incurred in collecting any delinquent payments, including, without limitation, attorneys' fees. In addition to all other remedies available under this Agreement or at law (which Seller does not waive by the exercise of any rights hereunder), Seller shall be entitled to suspend the delivery of any Goods if Buyer fails to pay any amounts when due hereunder and such failure continues for 30 days following written notice thereof.

7.3. No Setoff. Buyer shall not withhold payment of any amounts due and payable by reason of any set-off of any claim or dispute with Seller, whether relating to Seller's breach, bankruptcy, or otherwise.

7.4. Taxes. All prices are exclusive of all sales, use, and excise taxes, and any other similar taxes, duties, and charges of any kind imposed by any governmental authority on any amounts payable by Buyer. Buyer shall be responsible for all such charges, costs, and taxes; provided, that, Buyer shall not be responsible for any taxes imposed on, or with respect to, Seller's income, revenues, gross receipts, personnel, or real or personal property or other assets.

8. Acceptance. Buyer shall inspect the Goods upon receipt and will be deemed to have accepted them unless, within 14 days of receipt, Buyer notifies Seller in writing that the Goods do not conform to the Quotation. If Buyer fails to provide such notice within this period, the Goods will be conclusively deemed to conform to the Quotation in all respects, and Buyer shall be bound to accept and pay for them as agreed. Quality or dimensional defects in a single delivery do not entitle Buyer to cancel the remainder of the order specified in the Quotation.

9. Limited Warranty. The Seller warrants to Buyer that upon receipt the Goods will materially conform to Seller’s specifications set forth in the applicable Quotation (the “Specifications”). Seller can change and improve the Specifications provided they are of the same or better quality than that given in the Quotation. The warranties under this section do not apply where the Goods have been: (a) subjected to abuse, misuse, neglect, negligence, accident, abnormal physical stress or environmental conditions, use contrary to any instructions issued by Seller, or improper testing, installation, storage, handling, repair, or maintenance; (b) reconstructed or altered by anyone other than Seller or its authorized representative; or (c) used with any third-party product, or product that has not been previously approved in writing by Seller. Buyer assumes risk and liability for the results of the use of the Goods including use in accordance with Seller’s recommendations.

10. Exclusive Remedy. Buyer shall notify Seller, in writing, of any alleged warranty claim within 14 days from the date Buyer discovers, or upon reasonable inspection should have discovered, such alleged claim. Buyer shall ship the relevant Goods at its expense and risk of loss to Seller's facility located in Alvin, Texas for inspection and testing by Seller. If Seller's inspection and testing reveals, to Seller's satisfaction, that such Goods do not conform with the limited warranty set forth herein, Seller shall in its sole discretion, and at its expense either (a) replace such Goods, or (b) credit or refund the price of such Goods less any applicable discounts, rebates, or credits. THIS SECTION 10 SETS FORTH THE BUYER'S SOLE AND EXCLUSIVE REMEDY AND SELLER'S ENTIRE LIABILITY FOR ANY BREACH OF THE LIMITED WARRANTY SET FORTH IN SECTION 9.

11. WARRANTIES DISCLAIMER. EXCEPT FOR THE EXPRESS WARRANTIES SET FORTH IN SECTION 9, SELLER MAKES NO EXPRESS OR IMPLIED WARRANTY WHATSOEVER WITH RESPECT TO THE GOODS, INCLUDING ANY (A) WARRANTY OF MERCHANTABILITY; (B) WARRANTY OF FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE; OR (C) WARRANTY AGAINST INFRINGEMENT OF INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS OF A THIRD PARTY; WHETHER ARISING BY LAW, COURSE OF DEALING, COURSE OF PERFORMANCE, USAGE OF TRADE, OR OTHERWISE. BUYER ACKNOWLEDGES THAT IT HAS NOT RELIED UPON ANY REPRESENTATION OR WARRANTY MADE BY SELLER, OR ANY OTHER INDIVIDUAL OR ENTITY ON SELLER'S BEHALF, EXCEPT AS SPECIFICALLY PROVIDED IN SECTION 9 OF THESE TERMS.

12. LIMITATION OF LIABILITY.

12.1. IN NO EVENT SHALL SELLER OR ANY OF ITS REPRESENTATIVES BE LIABLE FOR CONSEQUENTIAL, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, PUNITIVE, OR ENHANCED DAMAGES, LOST PROFITS OR REVENUES OR DIMINUTION IN VALUE, ARISING OUT OF OR RELATING TO THIS AGREEMENT, REGARDLESS OF (A) WHETHER SUCH DAMAGES WERE FORESEEABLE, (B) WHETHER SELLER WAS ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES, AND (C) THE LEGAL OR EQUITABLE THEORY (CONTRACT, TORT, OR OTHERWISE) UPON WHICH THE CLAIM IS BASED.

UNICAT Catalyst Technologies, LLC
5918 S. Highway 35
Alvin, TX 77511
USA
O: 281.331.2231
WWW.UNICATCATALYST.COM

12.2. SELLER'S AGGREGATE LIABILITY ARISING OUT OF OR RELATED TO THIS AGREEMENT, WHETHER ARISING OUT OF OR RELATED TO BREACH OF CONTRACT, TORT (INCLUDING NEGLIGENCE) OR OTHERWISE, SHALL NOT EXCEED THE TOTAL OF THE AMOUNTS PAID BY BUYER FOR SUCH ORDER.

12.3. BUYER ACKNOWLEDGES AND AGREES THAT THE PARTIES ENTERED INTO THE AGREEMENT IN RELIANCE UPON THE LIMITATIONS OF LIABILITY SET FORTH IN THIS SECTION 12, THAT THE SAME REFLECT AN ALLOCATION OF RISK BETWEEN THE PARTIES (INCLUDING THE RISK THAT A CONTRACT REMEDY MAY FAIL OF ITS ESSENTIAL PURPOSE AND CAUSE CONSEQUENTIAL LOSS), AND THAT THE SAME FORM AN ESSENTIAL BASIS OF THE BARGAIN BETWEEN THE PARTIES.

13. Legal Compliance. Buyer shall comply with all applicable laws, rules, and regulations in connection with this sale, and in particular all laws governing the import and export of goods, all trade sanctions, and all laws prohibiting bribery. Buyer acknowledges that goods supplied by Seller are subject to the export control and sanctions laws of the United States, United Kingdom, the country from which they are exported, and perhaps other countries as well. Buyer shall not export, reexport, sell, or otherwise transfer goods supplied by Seller without the required authorization. Buyer further represents that it is not listed on any of the various denied parties lists established by the U.S., the U.K. and the EU, or any other applicable jurisdiction, including without limitation, the U.S. Department of the Treasury's Specially Designated Nationals and Blocked Persons List, HM Treasury's Office of Financial Sanctions Implementation's Consolidated List or the EU Consolidated Sanctions List. Further, Buyer certifies that it is not owned in the aggregate, directly or indirectly, 50 percent or more, by any individual that is included on any of the various denied parties' lists described above.

14. Confidentiality. All non-public, confidential, or proprietary information of Seller, including but not limited to specifications, samples, designs, drawings, documents, data, business operations, customer lists, pricing, or discounts, disclosed by Seller to Buyer, whether disclosed orally or disclosed or accessed in written, electronic, or other form or media, and whether or not marked, designated, or otherwise identified as "confidential" in connection with this Agreement, shall be considered confidential, solely for the use of performing this Agreement, and may not be disclosed or copied unless authorized in advance by Seller in writing. Upon Seller's request, Buyer shall promptly return all documents and other materials received from Seller. Seller shall be entitled to injunctive relief for any violation of this Section. This Section does not apply to information that is: (a) in the public domain; (b) known to Buyer at the time of disclosure; or (c) rightfully obtained by Buyer on a non-confidential basis from a third party.

15. Intellectual Property. All intellectual property rights, including but not limited to patents, trademarks, copyrights, trade secrets, proprietary information, and other rights ("Intellectual Property Rights") in and to the Goods and any related documentation, software, or technology, are and shall remain the exclusive property of Seller or its licensors. The sale of Goods to Buyer does not constitute a transfer, assignment, or license of any Intellectual Property Rights to Buyer.

16. Force Majeure. Neither Party shall be liable or responsible to the other Party, nor be deemed to have defaulted under or breached this Agreement, for any failure or delay in fulfilling or performing any term of this Agreement (except for any obligations to make payments to the other Party hereunder), when and to the extent such failure or delay is caused by or results from acts beyond the impacted Party's ("Impacted Party") reasonable control, including, the following force majeure events ("Force Majeure Events"): (a) acts of God; (b) flood, fire, earthquake, epidemics, pandemics, or explosion; (c) war, invasion, hostilities (whether war is declared or not), terrorist threats or acts, riot or other civil unrest; (d) order or action by any governmental authority or requirements of law; (e) embargoes or blockades in effect on or after the date of this Agreement; (f) national or regional emergency; (g) strikes, delays by suppliers, accidents, lock outs, material shortages, damage to machines plant or stock, labor stoppages or slowdowns, or other industrial disturbances; (h) telecommunication breakdowns, power outages or shortages, lack of warehouse or storage space, inadequate transportation services, or inability or delay in obtaining supplies of adequate or suitable materials; and (i) other events beyond the reasonable control of the Impacted Party.

17. Assignment. Buyer's rights, interests, or obligations hereunder may not be assigned, transferred, or delegated by Buyer without the prior written consent of Seller. Any purported assignment or delegation in violation of this Section is null and void. No assignment or delegation relieves Buyer of any of its obligations under this Agreement.

18. Relationship of the Parties. The relationship between the Parties is that of independent contractors. Nothing contained in this Agreement shall be construed as creating any agency, partnership, joint venture, or other form of joint enterprise, employment, or fiduciary relationship between the parties, and neither Party shall have authority to contract for or bind the other Party in any manner whatsoever.

UNICAT Catalyst Technologies, LLC
5918 S. Highway 35
Alvin, TX 77511
USA
O: 281.331.2231
WWW.UNICATCATALYST.COM

19. No Third-Party Beneficiaries. This Agreement benefits solely the Parties to this Agreement. Nothing in this Agreement, express or implied, confers on any other person any legal or equitable right, benefit, or remedy of any nature whatsoever under or by reason of this Agreement.
20. Governing Law; Jurisdiction. This Agreement is governed by and construed in accordance with the laws of the State of Texas without giving effect to any conflict of laws provisions thereof. All legal proceedings shall be instituted in the state or federal courts of the State of Texas. Each Party irrevocably and unconditionally submits to the exclusive jurisdiction of such courts. The parties agree that the United Nations Convention on Contracts for the International Sale of Goods does not apply to this Agreement.
21. Attorney Fees. In the event that any Party institutes any legal suit, action, or proceeding, including arbitration, against the other Party arising out of or relating to this Agreement, the prevailing Party in the suit, action, or proceeding shall be entitled to receive, in addition to all other damages to which it may be entitled, the costs incurred by such Party in conducting the suit, action, or proceeding, including reasonable attorneys' fees and expenses and court costs.
22. Notices. All notices shall be in writing and addressed to the parties at the addresses set forth on the face of the Quotation or to such other address for either Party as that Party may designate by written notice. All notices must be delivered by nationally recognized overnight courier, or certified or registered mail (in each case, return receipt requested).
23. Severability. If any term or provision of this Agreement is determined to be invalid, illegal, or unenforceable in any jurisdiction, such invalidity, illegality, or unenforceability shall not affect any other term or provision of this Agreement or invalidate or render unenforceable such term or provision in any other jurisdiction.
24. Waiver. No waiver by Seller of any of the provisions of this Agreement is effective unless explicitly set forth in writing and signed by Seller. No failure to exercise, or delay in exercising, any right, remedy, power, or privilege arising from this Agreement by Seller operates or may be construed, as a waiver thereof. No single or partial exercise of any right, remedy, power, or privilege hereunder by Seller precludes any other or further exercise thereof or the exercise of any other right, remedy, power, or privilege by Seller.

UNICAT
Terms and Conditions of Sale

1. These terms and conditions of sale ("Terms") and the accompanying quotation or order acknowledgement (respectively, "Quotation" or "Order Acknowledgement," and collectively with Terms, this "Agreement") are the only terms that govern the sale of the goods identified therein ("Goods") by Unicat Catalyst Technologies, LLC ("Seller") to the buyer named therein ("Buyer"). Seller and Buyer may each be referred to as a "Party" or collectively as the "Parties." This Agreement supersedes all prior or contemporaneous understandings, agreements, negotiations, representations and warranties, and communications, both written and oral. Buyer's issuance of a purchase order in response to Seller's Quotation, or Buyer's acceptance of an Order Acknowledgement, shall conclusively evidence Buyer's unconditional acceptance of these Terms, and Seller hereby rejects and shall not be bound by any terms or conditions in Buyer's purchase order or other written communications that differ from, add to, or modify these Terms.
2. **Delivery.**
   - 2.1. The Goods will be delivered within a reasonable time after receipt of Buyer's purchase order, subject to availability of the Goods. Delivery dates given by Seller are estimates only and are subject to shipping variations and requirements. Time shall not be of the essence, and Buyer cannot reject the Goods or terminate the Agreement due to delivery delays. This condition remains in effect regardless of any notices served.
   - 2.2. Unless otherwise agreed in writing by the Parties, Seller shall deliver the Goods FCA (Incoterms 2020) Alvin, TX using Seller's standard methods for packaging and shipping such Goods.
   - 2.3. Seller may, in its sole discretion, without liability or penalty, make partial shipments of Goods to Buyer. Each shipment will constitute a separate sale, and Buyer shall pay for the units shipped whether such shipment is in whole or partial fulfillment of Buyer's purchase order.
   - 2.4. If Seller requests the return of pallets or special packaging, Buyer must return them in good condition within 30 days of receipt at Buyer's expense, or Seller will charge Buyer for their cost.
3. **Acceptance of Order.** Seller's acceptance of a purchase order shall be effective only where such acceptance is in writing and signed by an authorized representative of the Seller. A Quotation does not constitute an offer and Seller reserves the right to withdraw or revise a Quotation at any time before it accepts a purchase order.
4. **Buyer Cancellation**. In the event that Buyer cancels all or any portion of an accepted purchase order, Buyer shall reimburse Seller for all reasonable costs and expenses incurred by Seller or on Seller's behalf in connection with the cancelled order up to the date of cancellation. Such costs and expenses shall include, but are not limited to: (a) The cost of raw materials procured for the order; (b) Manufacturing costs incurred to date; (c) Labor costs directly attributable to the order; (d) Any non-cancellable commitments made by Seller to its suppliers or subcontractors in furtherance of the order; and (e) Any other direct costs reasonably incurred by Seller in reliance on the purchase order. Upon Buyer's request and at Buyer's expense, Seller shall deliver to Buyer any partially manufactured goods related to the cancelled order, provided that such delivery does not violate any applicable laws, regulations, or Seller's contractual obligations to third parties.
5. **Safety Documentation**. Seller maintains product literature and safety information detailing the necessary conditions for safe and proper use of the Goods. If Buyer does not already possess this safety literature or requires additional information or advice regarding the safe use of the Goods, Buyer should contact Seller's customer support department. Seller may periodically update safety information. Buyer is encouraged to check for the most current safety information before each use of the Goods.
6. **Title and Risk of Loss.** Risk of loss passes to Buyer upon delivery of Goods to the carrier. Seller shall not be liable for any loss of or damage to material in transit. Title to the Goods shall remain with Seller until Seller has received full payment of the purchase price. As collateral security for the payment of the purchase price of the Goods, Buyer hereby grants to Seller a lien on and security interest in and to all of the right, title, and interest of Buyer in, to, and under the Goods, wherever located, and whether now existing or hereafter arising or acquired from time to time, and in all accessions thereto and replacements or modifications thereof, as well as all proceeds (including insurance proceeds) of the foregoing. The security interest granted under this provision constitutes a purchase money security interest under the Texas Uniform Commercial Code. Upon receipt of full payment, Seller shall release its security interest, and title shall automatically pass to Buyer.
7. **Amendment and Modification.** These Terms may only be amended or modified in a writing which specifically states that it amends these Terms and is signed by an authorized representative of each Party.
8. **Payment Terms.**
   - 8.1. **Invoicing and Payment.** Buyer shall pay Seller all invoiced amounts due within 30 days after the date of Seller's invoice. All payments hereunder shall be in U.S. dollars. Seller reserves the right to require pre-payment in its sole discretion.
   - 8.2. **Late Payment**. Buyer shall pay interest on all delinquent payments at the lesser of the rate of 1.5% per month or the highest rate permissible under applicable law. Buyer shall reimburse Seller for all costs incurred in collecting any delinquent payments, including, without limitation, attorneys' fees. In addition to all other remedies available under this Agreement or at law (which Seller does not waive by the exercise of any rights hereunder), Seller shall be entitled to suspend the delivery of any Goods if Buyer fails to pay any amounts when due hereunder and such failure continues for 30 days following written notice thereof.
   - 8.3. **No Setoff**. Buyer shall not withhold payment of any amounts due and payable by reason of any set-off of any claim or dispute with Seller, whether relating to Seller's breach, bankruptcy, or otherwise.
   - 8.4. **Taxes**. All prices are exclusive of all sales, use, and excise taxes, and any other similar taxes, duties, and charges of any kind imposed by any governmental authority on any amounts payable by Buyer, unless stated otherwise in writing. For the avoidance of doubt, any customs duties, tariffs, import fees, or retaliatory duties (including any new, increased, or reinterpreted measures) imposed or increased at any time, whether before or after acceptance of Quotation, order placement, shipment, delivery, or invoicing, shall be solely for Buyer's account and shall be charged to and payable by Buyer in addition to the invoiced price. Seller shall bear no obligation to absorb, rebate, credit, or otherwise compensate Buyer for any reduction, removal, or non-application of such duties or tariffs, and no price adjustment or refund shall be made once an order is accepted or invoiced. Buyer shall be responsible for all such charges, costs, and taxes; provided, that, Buyer shall not be responsible for any taxes imposed on, or with respect to, Seller's income, revenues, gross receipts, personnel, or real or personal property or other assets.
9. **Acceptance.** Buyer shall inspect the Goods upon receipt and will be deemed to have accepted them unless, within 14 days of receipt, Buyer notifies Seller in writing that the Goods do not conform to the Quotation. If Buyer fails to provide such notice within this period, the Goods will be conclusively deemed to conform to the Quotation in all respects, and Buyer shall be bound to accept and pay for them as agreed. Quality or dimensional defects in a single delivery do not entitle Buyer to cancel the remainder of the order specified in the Quotation.
10. **Limited Warranty.** The Seller warrants to Buyer that upon receipt the Goods will materially conform to Seller's specifications set forth in the applicable Quotation (the "**Specifications**"). Seller can change and improve the Specifications provided they are of the same or better quality than that given in the Quotation. The warranties under this section do not apply where the Goods have been: (a) subjected to abuse, misuse, neglect, negligence, accident, abnormal physical stress or environmental conditions, use contrary to any instructions issued by Seller, or improper testing, installation, storage, handling, repair, or maintenance; (b) reconstructed or altered by anyone other than Seller or its authorized representative; or (c) used with any third-party product, or product that has not been previously approved in writing by Seller. Buyer assumes risk and liability for the results of the use of the Goods including use in accordance with Seller's recommendations.
11. **Exclusive Remedy**. Buyer shall notify Seller, in writing, of any alleged warranty claim within 14 days from the date Buyer discovers, or upon reasonable inspection should have discovered, such alleged claim. Buyer shall ship the relevant Goods at its expense and risk of loss to Seller's facility located in Alvin, Texas for inspection and testing by Seller. If Seller's inspection and testing reveals, to Seller's satisfaction, that such Goods do not conform with the limited warranty set forth herein, Seller shall in its sole discretion, and at its expense either (a) replace such Goods, or (b) credit or refund the price of such Goods less any applicable discounts, rebates, or credits. THIS SECTION 10 SETS FORTH THE BUYER'S SOLE AND EXCLUSIVE REMEDY AND SELLER'S ENTIRE LIABILITY FOR ANY BREACH OF THE LIMITED WARRANTY SET FORTH IN SECTION 9.
12. **WARRANTIES DISCLAIMER. EXCEPT FOR THE EXPRESS WARRANTIES SET FORTH IN SECTION 9, SELLER MAKES NO EXPRESS OR IMPLIED WARRANTY WHATSOEVER WITH RESPECT TO THE GOODS, INCLUDING ANY (A) WARRANTY OF MERCHANTABILITY; (B) WARRANTY OF FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE; OR (C) WARRANTY AGAINST INFRINGEMENT OF INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS OF A THIRD PARTY; WHETHER ARISING BY LAW, COURSE OF DEALING, COURSE OF PERFORMANCE, USAGE OF TRADE, OR OTHERWISE. BUYER ACKNOWLEDGES THAT IT HAS NOT RELIED UPON ANY REPRESENTATION OR WARRANTY MADE BY SELLER, OR ANY OTHER INDIVIDUAL OR ENTITY ON SELLER'S BEHALF, EXCEPT AS SPECIFICALLY PROVIDED IN SECTION 9 OF THESE TERMS.**
13. **LIMITATION OF LIABILITY.**
   - 13.1. **IN NO EVENT SHALL SELLER OR ANY OF ITS REPRESENTATIVES BE LIABLE FOR CONSEQUENTIAL, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, PUNITIVE, OR ENHANCED DAMAGES, LOST PROFITS OR REVENUES OR DIMINUTION IN VALUE, ARISING OUT OF OR RELATING TO THIS AGREEMENT, REGARDLESS OF (A) WHETHER SUCH**

DAMAGES WERE FORESEEABLE, (B) WHETHER SELLER WAS ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES, AND (C) THE LEGAL OR EQUITABLE THEORY (CONTRACT, TORT, OR OTHERWISE) UPON WHICH THE CLAIM IS BASED.

13.2. **SELLER'S AGGREGATE LIABILITY ARISING OUT OF OR RELATED TO THIS AGREEMENT, WHETHER ARISING OUT OF OR RELATED TO BREACH OF CONTRACT, TORT (INCLUDING NEGLIGENCE) OR OTHERWISE, SHALL NOT EXCEED THE TOTAL OF THE AMOUNTS PAID BY BUYER FOR SUCH ORDER.**

13.3. **BUYER ACKNOWLEDGES AND AGREES THAT THE PARTIES ENTERED INTO THE AGREEMENT IN RELIANCE UPON THE LIMITATIONS OF LIABILITY SET FORTH IN THIS SECTION 12, THAT THE SAME REFLECT AN ALLOCATION OF RISK BETWEEN THE PARTIES (INCLUDING THE RISK THAT A CONTRACT REMEDY MAY FAIL OF ITS ESSENTIAL PURPOSE AND CAUSE CONSEQUENTIAL LOSS), AND THAT THE SAME FORM AN ESSENTIAL BASIS OF THE BARGAIN BETWEEN THE PARTIES.**

14. **Legal Compliance.** Buyer shall comply with all applicable laws, rules, and regulations in connection with this sale, and in particular all laws governing the import and export of goods, all trade sanctions, and all laws prohibiting bribery. Buyer acknowledges that goods supplied by Seller are subject to the export control and sanctions laws of the United States, United Kingdom, the country from which they are exported, and perhaps other countries as well. Buyer shall not export, reexport, sell, or otherwise transfer goods supplied by Seller without the required authorization. Buyer further represents that it is not listed on any of the various denied parties lists established by the U.S., the U.K. and the EU, or any other applicable jurisdiction, including without limitation, the U.S. Department of the Treasury's Specially Designated Nationals and Blocked Persons List, HM Treasury's Office of Financial Sanctions Implementation's Consolidated List or the EU Consolidated Sanctions List. Further, Buyer certifies that it is not owned in the aggregate, directly or indirectly, 50 percent or more, by any individual that is included on any of the various denied parties' lists described above.

15. **Confidentiality.** All non-public, confidential, or proprietary information of Seller, including but not limited to specifications, samples, designs, drawings, documents, data, business operations, customer lists, pricing, or discounts, disclosed by Seller to Buyer, whether disclosed orally or disclosed or accessed in written, electronic, or other form or media, and whether or not marked, designated, or otherwise identified as "confidential" in connection with this Agreement, shall be considered confidential, solely for the use of performing this Agreement, and may not be disclosed or copied unless authorized in advance by Seller in writing. Upon Seller's request, Buyer shall promptly return all documents and other materials received from Seller. Seller shall be entitled to injunctive relief for any violation of this Section. This Section does not apply to information that is:
(a) in the public domain; (b) known to Buyer at the time of disclosure; or (c) rightfully obtained by Buyer on a non-confidential basis from a third party.

16. **Intellectual Property**. All intellectual property rights, including but not limited to patents, trademarks, copyrights, trade secrets, proprietary information, and other rights ("**Intellectual Property Rights**") in and to the Goods and any related documentation, software, or technology, are and shall remain the exclusive property of Seller or its licensors. The sale of Goods to Buyer does not constitute a transfer, assignment, or license of any Intellectual Property Rights to Buyer.

17. **Force Majeure.** Neither Party shall be liable or responsible to the other Party, nor be deemed to have defaulted under or breached this Agreement, for any failure or delay in fulfilling or performing any term of this Agreement (except for any obligations to make payments to the other Party hereunder), when and to the extent such failure or delay is caused by or results from acts beyond the impacted Party's ("**Impacted Party**") reasonable control, including, the following force majeure events ("**Force Majeure Events**"): (a) acts of God; (b) flood, fire, earthquake, epidemics, pandemics, or explosion; (c) war, invasion, hostilities (whether war is declared or not), terrorist threats or acts, riot or other civil unrest; (d) order or action by any governmental authority or requirements of law; (e) embargoes or blockades in effect on or after the date of this Agreement; (f) national or regional emergency; (g) strikes, delays by suppliers, accidents, lock outs, material shortages, damage to machines plant or stock, labor stoppages or slowdowns, or other industrial disturbances; (h) telecommunication breakdowns, power outages or shortages, lack of warehouse or storage space, inadequate transportation services, or inability or delay in obtaining supplies of adequate or suitable materials; and (i) other events beyond the reasonable control of the Impacted Party.

18. **Assignment.** Buyer's rights, interests, or obligations hereunder may not be assigned, transferred, or delegated by Buyer without the prior written consent of Seller. Any purported assignment or delegation in violation of this Section is null and void. No assignment or delegation relieves Buyer of any of its obligations under this Agreement.

19. **Relationship of the Parties.** The relationship between the Parties is that of independent contractors. Nothing contained in this Agreement shall be construed as creating any agency, partnership, joint venture, or other form of joint enterprise, employment, or fiduciary relationship between the parties, and neither Party shall have authority to contract for or bind the other Party in any manner whatsoever.

20. **No Third-Party Beneficiaries.** This Agreement benefits solely the Parties to this Agreement. Nothing in this Agreement, express or implied, confers on any other person any legal or equitable right, benefit, or remedy of any nature whatsoever under or by reason of this Agreement.

21. **Governing Law; Jurisdiction.** This Agreement is governed by and construed in accordance with the laws of the State of Texas without giving effect to any conflict of laws provisions thereof. All legal proceedings shall be instituted in the state or federal courts of the State of Texas. Each Party irrevocably and unconditionally submits to the exclusive jurisdiction of such courts. The parties agree that the United Nations Convention on Contracts for the International Sale of Goods does not apply to this Agreement.

22. **Attorney Fees**. In the event that any Party institutes any legal suit, action, or proceeding, including arbitration, against the other Party arising out of or relating to this Agreement, the prevailing Party in the suit, action, or proceeding shall be entitled to receive, in addition to all other damages to which it may be entitled, the costs incurred by such Party in conducting the suit, action, or proceeding, including reasonable attorneys' fees and expenses and court costs.

23. **Notices.** All notices shall be in writing and addressed to the parties at the addresses set forth on the face of the Quotation or to such other address for either Party as that Party may designate by written notice. All notices must be delivered by nationally recognized overnight courier, or certified or registered mail (in each case, return receipt requested).

24. **Severability.** If any term or provision of this Agreement is determined to be invalid, illegal, or unenforceable in any jurisdiction, such invalidity, illegality, or unenforceability shall not affect any other term or provision of this Agreement or invalidate or render unenforceable such term or provision in any other jurisdiction.

25. **Waiver.** No waiver by Seller of any of the provisions of this Agreement is effective unless explicitly set forth in writing and signed by Seller. No failure to exercise, or delay in exercising, any right, remedy, power, or privilege arising from this Agreement by Seller operates or may be construed, as a waiver thereof. No single or partial exercise of any right, remedy, power, or privilege hereunder by Seller precludes any other or further exercise thereof or the exercise of any other right, remedy, power, or privilege by Seller.

Appendix E

Theia, LLC – Vendor Documentation

Matthew Keller
Project Professional
SCS ENGINEERS

Reference: H2S& DMS treatment System for a West Coast Landfill
Our reference: 72726GF1

We are pleased to provide the following budgetary estimate and preliminary proposal for the above referenced site.

Discussion: SCS Engineers is looking for a solution for this site to remove the majority of H2S and DMS from a large flow of landfill gas.

Inlet landfill gas flow rate = 15,000 to 20,000 CFM
Inlet landfill gas pressure = -70" WC (12.16 PSIA)
Inlet landfill gas temperature = 90-130 °F
Inlet landfill gas composition:

- CH4 = 30 %
- CO2 = 22%
- N2 = 45 %
- O2 = 3%

H2S Inlet: 150-200 ppmv
DMS Inlet 200-1000 ppmv

Required discharge: 80 ppmv total sulfur

Discussion: removal of H2S from Landfill Gas can be achieved using a number of technologies. Removing DMS is a bit more involved depending on what technology you utilize.

*NOTE: the gas can likely be treated to remove sufficient CO2 to allow the gas to be used for power generation or combustio*n

The two simplest technologies also represent the smallest capital costs.

- Activated carbon will remove both compounds with high efficiency. Capital cost would be roughly $ 300,000.00. Operating costs will be $ 3000-11,000 per day in media replacement cost (includes the replacement service).
  - Sourcing vapor phase carbon media in the US is the most expensive it has been in many years
  - While carbon is efficient on both, the high humidity in the gas will greatly reduce the efficiency of removal for DMS as it is adsorbed directly.
- Chemical scrubbing. Capital costs will be $ 600,000-800,000 with high chemical and water use.

Solution: the following system design is a combination of proven technologies assembled in a somewhat unique manner. That is, we have utilized each of these technologies in the past. We have included a number of stages in the design. It is entirely possible that not all of them will be required. We strongly recommend that some pilot testing be conducted should you decide to proceed/

Solution: TDM and its team offers a variety of solutions for removal and treatment of Hydrogen Sulfide (H2S) that is present in landfill and digester gas.

Discussion: The EOS system offers cost effective removal and treatment of Hydrogen Sulfide as well as other sulfide compounds. While this solution is a combination of proven technologies, the system itself has been only been tested in pilot tests to date.

Proposed Solution: TDM would like to offer the following proposed solution. One Eos multi-stage sulfide reduction system. System includes the following stages/components. The system is designed to treat the average flow and concentrations but will have the capacity to treat the maximum flow rate or the maximum contaminant loading.

Stage 1: LoCHem H_2S wet scrubbing System designed to treat 15,000 to 20,000 cfm of gas. System is designed to treat a steady flow of gas with some mild fluctuations. Larger fluctuations of the flow rate will be accommodated through simple manual adjustments to the system. System utilizes basic scrubber mechanics but operates very close to a 7.0 pH and uses the pH to solubilize the H2S only. It is not chemically oxidized.

- System generates a fine spray using a high velocity non-clog nozzle array.
- H2S is converted to S2 or SO4 using the Oxygenator nozzle. This unique technology utilizes ambient air to directly oxidize H2S.
- Any H2S which is converted to a water soluble version like HS- will be biologically oxidized later in the system.
- The oxidation occurs in a separate tank so that no air is introduced into the gas.
- Water is kept at a pH as close to 7.0 as possible using Icarus calcium media. This step ,minimizes the amount of calcium used to remove CO2. This media imparts calcium compounds into the water passing through it, providing the chemical properties and cost effectiveness of lime while providing the ease of use and automation characteristics of caustic while being safer and easier to handle than either.
- This process will include a prefilter and Mist eliminator on the discharged to remove any foreign matter as well as to reduce the also remove entrained water and return it to the sump.

Stage two: gas will enter multiple biotrickling filter units. These units utilize a high efficiency vertical media which maximizes contact area while minimizing any biofouling and reduces water use and pressure drop. The system will feature four(4) 12 foot diameter towers. Gas will enter the bottom and exit the top. Water will enter at the top.

Water will contain dissolved oxygen sufficient to allow the bacteria to fully oxidize the DMS that is solubilized in the water film on the media.

Water will drain into a secondary biological reactor which will allow for more time for the bacteria to break down any remaining DMS. This will be a high efficiency reactor which will be aerated but kept at an optimum oxygen content.

Stage Three: Biofilters: The systems will include three(3) rectangular biofilters. These are conventional rectangular modular units. Each unit will be 40 feet long x 8 feet wide with a 7-8 foot bed depth. Biofilters will be downflow models with removable covers and will utilize a specialized inorganic media. The biofilters will take in the off-gas directly from the biotrickling filters and will act as a polishing step.

Water: the system will include four(4) water stabilization and conditioning tanks. These tanks will serve as a reactors as well as to allow for the conditioning of the water for its task by removing some compounds and adding others.

Icarus: Two Polyethylene cone bottom mini-silos will holed sufficient media for 30 days of operations each. Once spent the media will be dumped and then will need to be replace by being loaded into the silos using supersacs.

Solids: there will be two sources of solids in the system.

- the Icarus system will generate spent media which will consist of inert substrate-mostly iron. The spent media will be dumped via gravity into dewatering boxes.
- Sludge from the reactions referenced above including sulfur, calcium sulfate, and dead bacteria, etc. These solids will be withdrawn and pumped into EZ Sludge dewatering boxes.
    - EZ Sludge system utilizes large geotextile sludge filters which are placed into specially designed tanks. Sludge is automatically pumped into the filters as needed. Water drains from the filter and is captured. The system automatically re-directs the solids as a filter gets filled.
    - The dewatering boxes are hauled off as is or the filters can be removed from the boxes.

Controls: the system will include a full set of controls including level control, pressure monitoring, pH, ORP and DO measurement and balancing. Control system will be powered by an Allen Bradley PLC with remote telemetry capability.

Packaging: the system will include multiple components which will need to be assembled in the field. It will be designed to “snap together” with interconnecting pieces being provided or designed such that it can be assembled quickly in the field.

- **System cost . . . $ 3,400,000.00 (estimated)**
- **Shipping to the site . . . $ 50,000.00**
- **Delivery 20-22 weeks from release for fabrication**

Pilot test . . . $ 75,000.00 (most of which would be recoverable with the purchase of the full scale system)

Operating costs, etc

- Water use – little or no water use. If the RH is 80% or above, the system will actually generate some water. The system will require an initial charge and may need clean water periodically but not on a daily basis and the extra water may be enough to prevent this from
- **Icarus media.** Roughly 1 to 1.5 tons per day of media which equates to $ ***100.00 to $ 150.00 a day.*** There will be 0.8 to 1.0 tons per day of inert material (spent media) which is DOT certified for use as fill or roadway material. It can be used for a number of purposes and is similar to gravel.
- **Sludge:** the system will generate 2-3 tons of dewatered sludge per day. Sludge will consist mostly of sulfur and calcium sulfate. This will likely qualify as a soil amendment. We place no commercial value on this as yet but it is possible that it would represent a zero cost disposal
    - Disposal will utilize Sludge filters which will need to be replaced once filled with up to 30 tons of solids(weight will be limited by the landfills ability to move the boxes. Based on 22 tons a sludge filter will consumed every 8 t***o 10 days at a cost of $ 950.00 each***
- **Power.** Estimated at 100-150 KVA.
- **Footprint** – estimated 50 x 120
- **Weather.** The system should sustain its own heat but can be sprayed or wrapped. This can be worked out along the way. A simple steel building would be worth considering. The system would likely only be in danger of freezing if it were not operating unless the temperatures are below freezing for sustained periods of time. Immersion heaters can also be placed into the tanks – this would cost $ 5-10,000.00 for he whole system

This is a **budgetary proposal** and as such no terms included. As referenced above, we strongly suggest that a pilot test be run before building a full scale system. If the need is pressing a pilot test can be run as the design and construction of the full system.

We will be forwarding a process diagram shortly. It needs to be cleaned up and I did not want to delay the proposal any further. If you have any questions please contact our office. Thank you for the opportunity to provide this proposal.

Sincerely,

George Federico

Sustainability Through Innovation
815 Lincoln Avenue, Unit 2, West Chester, PA 19380
www.TheiaLLC.com (888)330-2260

Friday, July 3, 2026

Matthew Keller
Project Professional
SCS ENGINEERS

Reference: DMS/H2S treatment for West Coast Landfill
Our reference: Solution presentation

We are pleased to provide the following technology recommendation for this project .

Application:

The following information has been provided to Theia:

Inlet landfill gas flow rate = 15,000 CFM average
= 20,000 CFM maximum sustained

Inlet landfill gas pressure = -
Inlet landfill gas temperature =
Inlet landfill gas composition:

- CH_4 = 30 mol%
- CO_2 = 22 mol%
- N_2 = 45 mol%
- O_2 = 3 mol%

DMS – 200 to 1000 ppmv
Average H2S Inlet: 150 ppmv.
Maximum Sustained H2S inlet: 200 ppmv
Required discharge. Unknown

Discussion: Theia and its team offers a variety of solutions for removal and treatment of Hydrogen Sulfide (H_2S) and other reduced sulfur compounds as well as VOC"s that is present in landfill and digester gas. We offer dry media which is a simple and reliable treatment method.

For higher H2S loading or when a combination of H2S and other compounds are present we offer a few different "wet" technologies which can be combined to present a cost effective, efficient treatment system.

Since DMS is the main concern, biological treatment would be the most appropriate. Additionally as H2S and DMS require different approaches from a biological treatment stand point, using more than one technology will be more effective

There is a misconception in industry that using multiple stages is more expensive and more complicated. The opposite is often true.

Because our approach utilizes biological oxidation to convert the sulfur compounds in the gas to non-gaseous forms of sulfur, wild fluctuations in these sulfur species can cause and issue for the system. We have mitigated any potential issues by utilizing a few different tools which work synergistically. Our basic approach will utilize very little in the way of chemicals

For this application, to best capture the DMS we will utilize a multi-step process.

- **Ultra high surface area contacting chamber** – this chamber utilizes a micro-droplet spray to create exceptionally high surface area of contact between gas and water
- **Oxygenator/Biotrickling filter** – this unit will biologically oxidize the H2S and some DMS. The H2S will be quickly converted to sulfur or sulfates
- **Biofilter** – inorganic long life media – this unit will do the majority of DMS oxidation
- **Process tank**. This tank will contain an active bioreactor which will handle some of the H2S as well as any DMS that the biofilter does not break down.
- **Oxygenator** system will directly oxidize H2S as well as saturating the water in the tank with dissolved oxygen . This water will be sent back to the biofilter and biotrickling units.
- **Icarus media.** This unique media is a recovered waste product with is made up of mostly of lime and iron. The media offers the cost effectiveness of lime without the complication and capital costs of silos and feeders. It operates automatically like a caustic feed system at a fraction of the operating costs

This system will generate calcium sulfate with some sulfur and has a sludge removal and dewatering process called EZ Sludge

An option is offered for a dry media polishing step. Again, as we do not have any actual discharge criteria, we can add a dry media polishing step if that is required.

This design offers a turnkey solution which is an assembly of proven technologies.

Additional steps: as discussed, this gas contains some potentially valuable components: methane, nitrogen, Carbon Dioxide. The carbon dioxide and Nitrogen can be separated making this a higher percentage methane which would be commercially usable. Alternatively, the system is capable of removing some, all, or almost none of the CO2 in the gas. This removal process would generate calcium carbonate which has commercial value

Gas Flow: Gas will enter the scrubber tower and travel downward into the contacting chamber. As it does it will come into contact with a fine spray of water. The water will have a pH of 7.5 to 8.0. Sulfides in the gas will be solubilized into the fine water spray and will be carried away with the scrubbing fluid as soluble sulfides.

Gas exiting the contacting chamber will enter a biotrickling filter. This step will remove the H2S and some of the DM. It will then enter a biofilter which will remove the remaining DMS and then pass through a moisture separator.

Gas will be drawn through the scrubber using a centrifugal blower. .

If needed, the gas will be sent through the Theia Dry media system. This system is a two-bed media vessel with an interconnecting manifold. The system will be bypassed during normal operations but can be brought online as needed. We are offering automated dampers to allow for this step to occur automatically.

Step 2: Water handling and treatment

The second main piece of the EOS system is the water processing system. The EOS system is designed to continuously recycle the process water such that little water is consumed in the process. This step greatly mitigates the need for fresh water while eliminating the creation of wastewater to be discharged. This step utilizes settling and filtration to remove any solids which have precipitated out of the water.

As needed, sludge is drawn out of the water treatment tank using heavy duty sludge pumps. The pumps are redundant each capable of handling the pumping requirements. Sludge will be sent to sludge dewatering system.

Solids Handling: The system will generate calcium sulfate volumes based on the volume of the incoming sulfide compounds. Much of the calcium sulfate will drop to the bottom of the cone in the tank and some will be removed by the filters. Solids from the tank will be removed using a sludge handling pump and sent to the solids handling system. The process tank has multiple connections for sludge withdraw which are piped into a manifold with valves. This design allows the operator to draw sludge from one area of the tank at a time or multiple ones. Additionally, the disc filters will also backwash to the solids handling system.

Solids are dewatered using Theia's EZ-Sludge system. This system utilizes gravity and time and does not require any labor or regular attention from the operator. Sludge will be 45-55% dry solids and can be and land applied or utilized as a soil amendment. { we have identified some potential outlets that can accept the sludge but we will need to test the sludge from the site and get them some to test. We should have outlets online by the time the system is operational.

Dry Media System:

We will provide a Theia Dry Media system which will be used as a ***polishing unit as well as a backup system for when the main system requires any maintenance.***

Media:

BG1 is a specially designed media that starts with a high grade activated carbon product that is specifically selected for its natural pore structure. The media is then extruded into a pellet and mixed with a proprietary catalyst to allow it to convert H2S to sulfur. The H_2S is not adsorbed but rather converted to non-reactive sulfur compounds which will not allow for the re-release of H_2S. H2S Rex will capture and hold 67% of its own weight in sulfides.

Theia Air Media does not clump or foul in standard operating conditions. This media also has excellent mechanical properties allowing higher superficial velocities, smaller vessels, and much lower pressure drop. Our media maintains this lower pressure drop through the balance of the process and, as such, the entire bed of media is utilized.

When spent, the media is considered usable as a soil amendment for non-food crop applications. The sulfur locked onto the media is a valuable resource for the long term health of many types of plants and trees.

If you have any questions or require any additional information, please contact our office. Thank you for the opportunity to provide this Solution .

Sincerely,

George Federico

ACG 275



Application: Sulfur removal from liquid hydrocarbon streams.

Description: Reduced and passivated nickel material for efficient removal of H_2S, mercaptans, sulfides and thiophenes. **ACG 275** is specifically designed for naphtha treatment units upstream of catalytic reformers or isomerization units.

Catalyst Management: Axens can assist with the disposal of spent **ACG 275.**

Typical Properties		
Trilobe extrudates		
Diameter	1.6	mm
Sock loading density	740	kg/m³
Dense loading density	850	kg/m³
Bulk Crushing Strength	0.7	MPa

Shipping Information	
Packaging	210 l. steel drums. Net 130 kg (287 lbs)
	208 l / 55 gallons. steel drums. Net 154 kg (340 lbs). Only for US market

Axens Reserves the right to change at its sole discretion, and without prior notice, all or part of the information contained in this document. Any technical or business related information described in this document is believed to be reliable. However, no representation or warrantly is made with respect thereto except as made by Axens in writing at the time of sale.

Version 17.2

Appendix F

Axens Group – Vendor Documentation

Axens SOLUTIONS

OIL REFINING | PETROCHEMICALS | GASES | RENEWABLES & ALTERNATIVES | WATER

Catalysts & Adsorbents

LOADING AND START-UP PROCEDURES

AxTrap 403

www.axens-solutions.net

89, Bd Franklin Roosevelt – 92500 Rueil-Malmaison – France

1. PREPARATION OF THE UNIT 2

2. GUARD BED MATERIAL PACKAGING, HANDLING AND STORAGE 2

3. GUARD BED MATERIAL LOADING 3

3.1 PRELIMINARY CHECKING 3
3.2 RECOMMENDATIONS 3
3.3 EQUIPMENT AND PERSONNEL 4
3.4 GUARD BED MATERIAL SOCK LOADING PROCEDURE 12

4. START-UP PROCEDURE 15

4.1 GENERAL CONSIDERATIONS 15
4.2 TIGHTNESS TESTING AND PURGING WITH NITROGEN 15
4.3 SULPHUR GUARD ACTIVATION WITH HOT FEED AND START-UP PROCEDURE 15
4.4 15
4.4 ALTERNATE CASE: GUARD ACTIVATION WITH HOT NITROGEN OR HOT NATURAL GAS SWEEPING AND START-UP PROCEDURE 18
4.5 OPERATING VARIABLES 18

5. AXTRAP™ 403 SHUTDOWN / UNLOADING PROCEDURES 20

5.1 SHUTDOWN 20
5.1.1 No Change out of adsorbent planned 20
5.1.2 Change out of adsorbent is planned 20
5.2 ADSORBENT DUMPING 20
APPENDIX: 22
AXTRAP™ 403 MATERIAL SAFETY DATA SHEET 22

This document contains confidential proprietary information belonging to Axens. It shall not be disclosed to any third parties without Axens' prior written consent.

1. PREPARATION OF THE UNIT

The following recommendations are of general type; hence do not apply to all circumstances which can appear in an industrial process unit. Suitable modifications may be necessary to accommodate each specific case.

Guard bed section is isolated by blinds from the rest of the unit and safety equipments are functioning properly (depressurization, pressure valves…).

The present document gives some general and simple rules to be followed before the start-up of a fresh guard bed material.

If a fresh guard bed material is to be loaded in a unit after water washing, cleaning or pressure tests under water, the unit must be swept with dry air or nitrogen for 6 hours minimum.

2. GUARD BED MATERIAL PACKAGING, HANDLING AND STORAGE

AxTrap™ 403 is delivered in steel drums. The guard bed material must be handled with care to avoid breakage of the guard bed material spheres. Guard bed material drums must not be rolled to minimized attrition of the product.

	Drum
Description	Steel drums (UN standard), Air tight cover. Thickness: 0.8 mm. Tare: 14.5 kg.
Dimension	Diameter: 0.6 m, height : 0.9 m
Net weight	120 kg

The guard bed material delivered in sealed steel drums should be stored in an enclosed and ventilated warehouse. The guard bed material must be stored in a cool, dry place out of direct sunlight and away from hot vessels, heaters, and other heat sources. It should not be stored in the vicinity of combustible materials. It should not come in contact with mineral acids, oxygen, or water. The storage time under such conditions can reach 2 years without any damage for the products and for the packaging.

Outdoor storage is possible, provided original packaging is stored under water-tight cover and raised above the naturally flood-free ground: Such storage is not recommended and should be minimized to reduce as much as possible the risk of water damage.

AxTrap™ 403 is a reduced and stabilized Ni based product, so AxTrap™ 403 is non-pyrophoric under ambient conditions. Nevertheless, reasonable precautions must always be observed.

This document contains confidential proprietary information belonging to Axens. It shall not be disclosed to any third parties without Axens' prior written consent.

The AxTrap™ 403 drums are secured by spring-loaded sealing rings that may be sprung open by pulling on the handle of the catch mechanism. It is recommended that gloves be worn when releasing the sealing rings, as the edges of the drum may be sharp. Drums should remain closed until the last moment before loading. The drums must be re-closed during any breaks in the loading. Axens does not recommend storing opened drums. Instead of storing, Axens recommends loading the contents of the opened containers.

3. GUARD BED MATERIAL LOADING

3.1 Preliminary checking

- Check that process lines are properly isolated and blinded.
- Open the top manhole. Aerate and check that the atmosphere inside the reactor is suitable for entering.
- Check that the reactor is clean and dry.
- Make sure that the guard bed material and alumina or ceramics balls drums are gathered in a sheltered place, close to the reactor.
- Check the quality of the alumina or ceramic balls. If they are broken, they must be sorted and fines removed.
- Ensure that all the necessary safety and personnel protection equipment is available (gloves, dust masks, respirators, safety harness, etc...) as well as means of communication (walky-talkies).

3.2 Recommendations

- This step is the only one requiring vessel entry. Make sure that proper safety precautions are taken for the persons entering the vessel. Proper lighting, entry and access should be also provided.
- Under no circumstance should loading take place when it is raining. In case the guard bed loading is interrupted, it is mandatory to carefully close the reactor and maintain it under an inert gas blanket. Then, every hour the temperature inside the reactor must be checked. If there is a temperature increase, inert gas should be immediately re-admitted to the reactor to prevent further temperature increase.
- The drums containing guard bed material must be handled with care in order to minimize particle attrition. Covers must be installed at the top of each reactor on temporary structures to protect against rain.
- The loading is consequently done with a maximum of precautions to avoid dust formation by attrition.
- Guard bed material must be loaded carefully to minimize free fall. Maximum permissible free fall height is 1 meter.

This document contains confidential proprietary information belonging to Axens. It shall not be disclosed to any third parties without Axens' prior written consent.

- Working in a dusty guard bed material atmosphere is not physically harmful, provided that dust masks are worn. Make sure that no foreign material is left in the reactor (pieces of sleeve, walking boards, tools, etc...).

3.3 Equipment and personnel

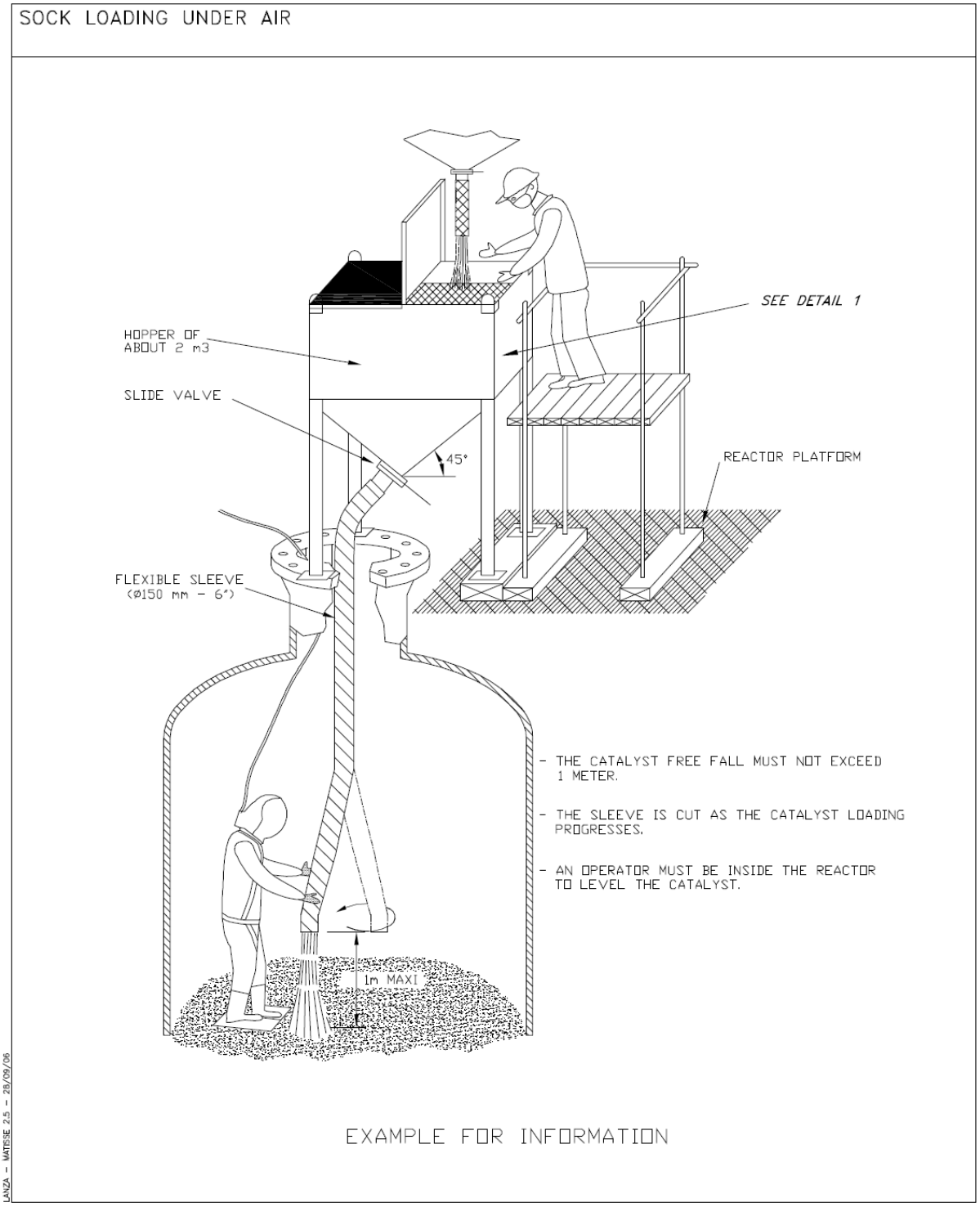
(Refer to the relevant drawing)

The list below is based on the following assumption: guard bed material loading will be carried out with a crane. The list may not be exhaustive of all the necessary equipment, but it can be used as a guideline.

- 1 telescopic crane capable of lifting about 3 tons, 5 meters above the guard bed reactor upper manhole (see drawing **"Catalyst handling – Loading with use of hopper**").
- 1 forklift to handle the guard bed material drum pallets (see drawing **"Filling-up of the hopper at ground level"**).
- Stationary hopper equipped with Ø 8 to 10" nozzles to be installed on the reactor upper manhole. The stationary hopper is fitted with a slide valve. The hopper legs should be long enough to allow access into the reactor (whenever possible) (see drawing **"Catalyst loading – Stationary hopper"**).
- To protect adsorbent from rain, temporary shelters are to be ready to use.
- Flexible sleeve of adequate length and 6" diameter.
- A vacuum cleaner should also be available to clean from dust and AxTrap™ 403 fines inside the reactor
- 2 mobile hoppers, each with a capacity of about 5 to 6 guard bed material drums (see drawings **"Catalyst loading – Shuttle hopper"** & **"Catalyst loading – Slide valve"**).
- 1 structure (scaffolding and timbers) to unload the drums into the mobile hoppers (see drawing **"Filling-up of the hopper at ground level"**).
- Inert gas source and related equipment for maintaining an inert atmosphere (nitrogen) in the reactor.
- Nitrogen flexible hoses with adapted fittings
- 1 safety harness, rope ladders, portable oxygen analyzer, thermal gun, low voltage lighting, dust masks, air masks, goggles, plastic sheets to protect drums and reactor in case of rain, sampling bottles for the guard bed material.

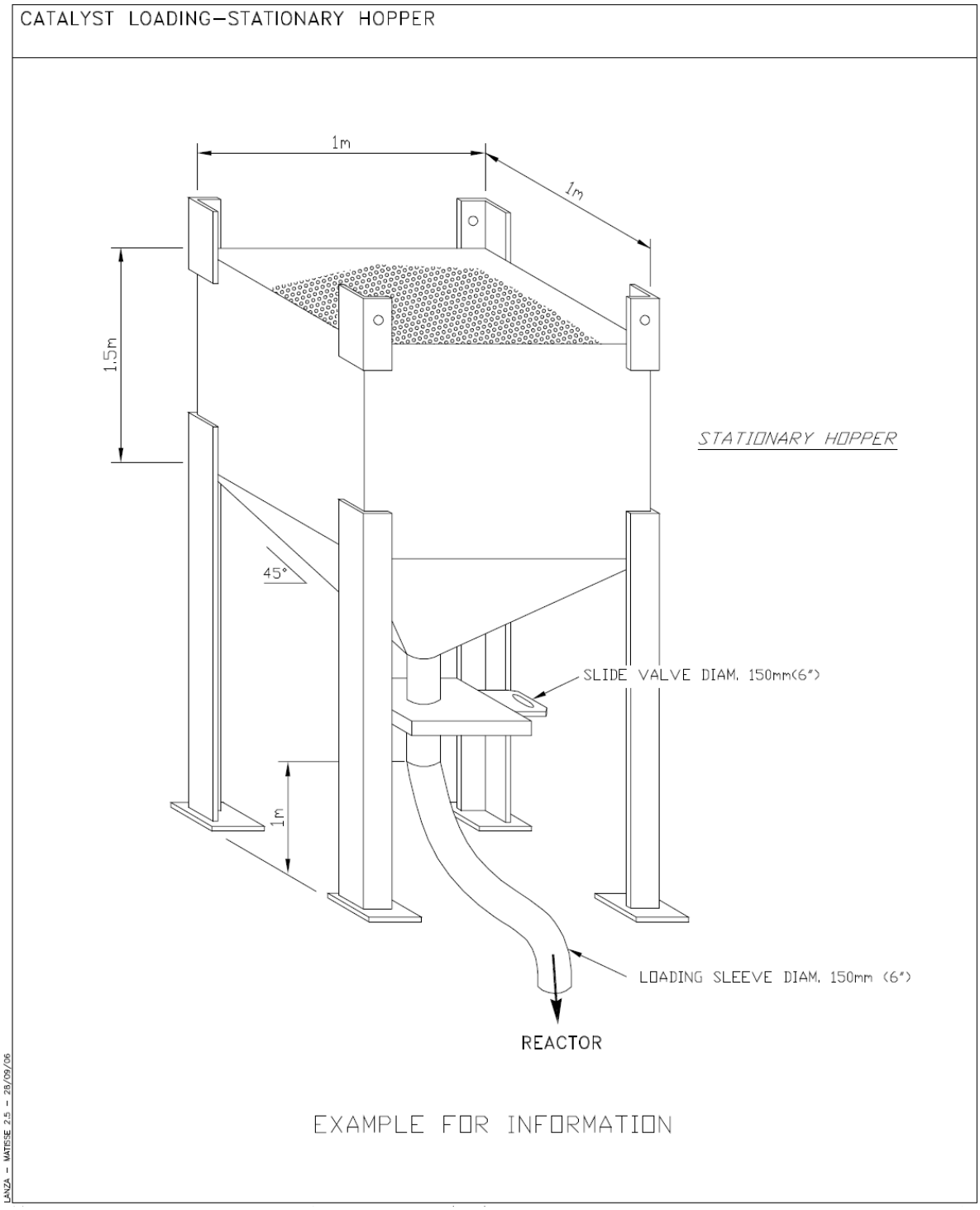
This document contains confidential proprietary information belonging to Axens. It shall not be disclosed to any third parties without Axens' prior written consent.

Sock loading under air



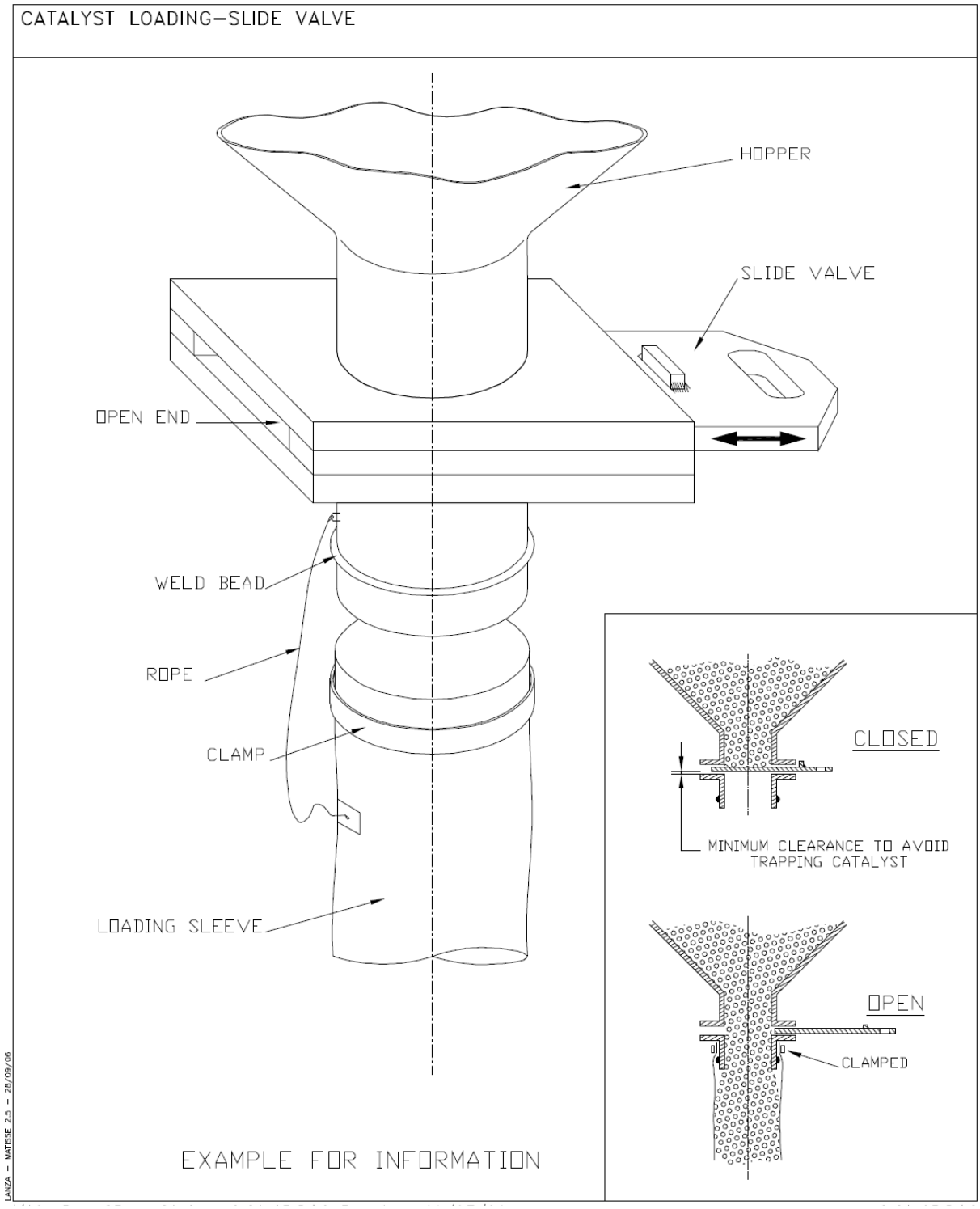
This document contains confidential proprietary information belonging to Axens. It shall not be disclosed to any third parties without Axens' prior written consent.

Catalyst Loading – Stationary Hopper



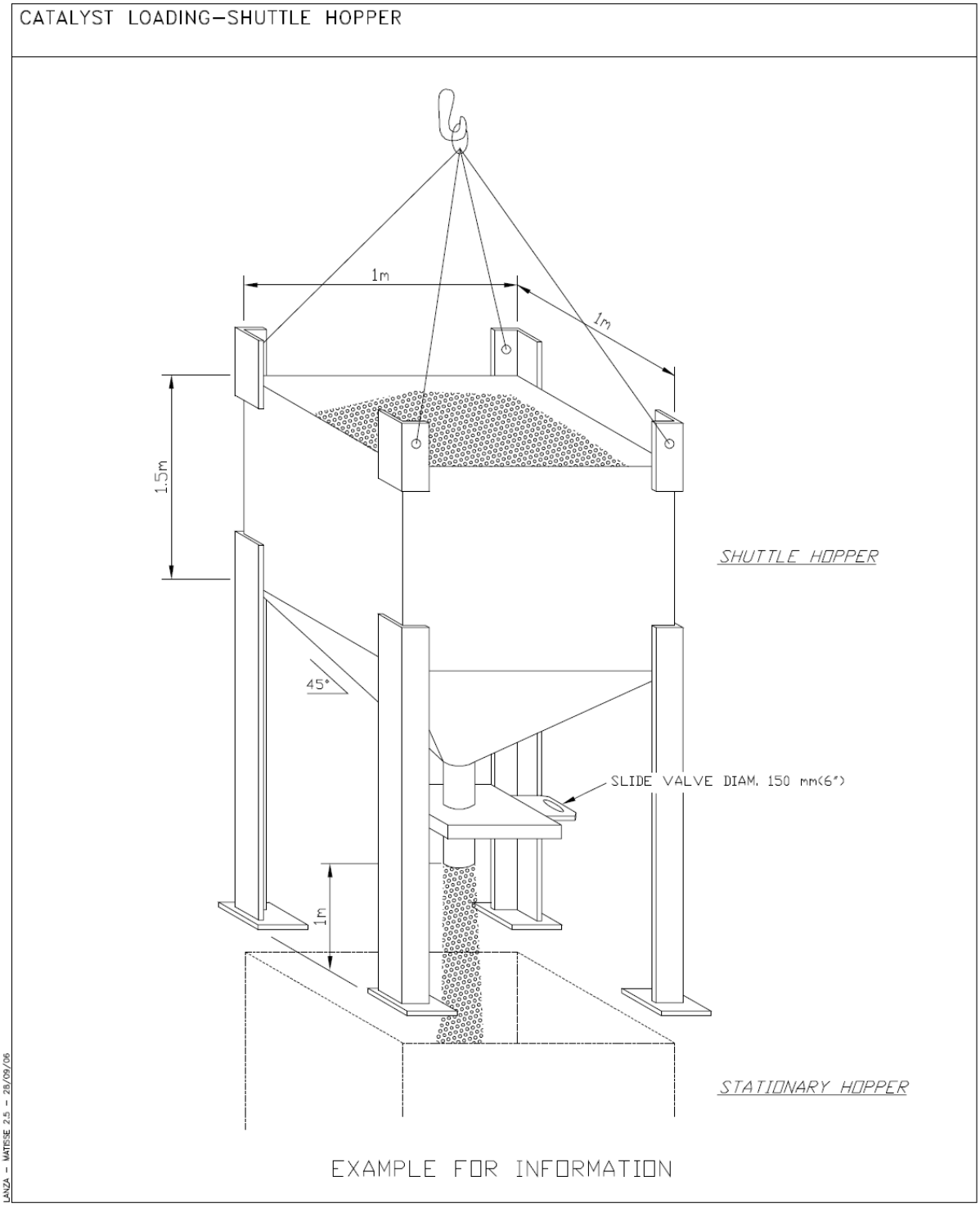
This document contains confidential proprietary information belonging to Axens. It shall not be disclosed to any third parties without Axens' prior written consent.

Catalyst Loading – Slide valve



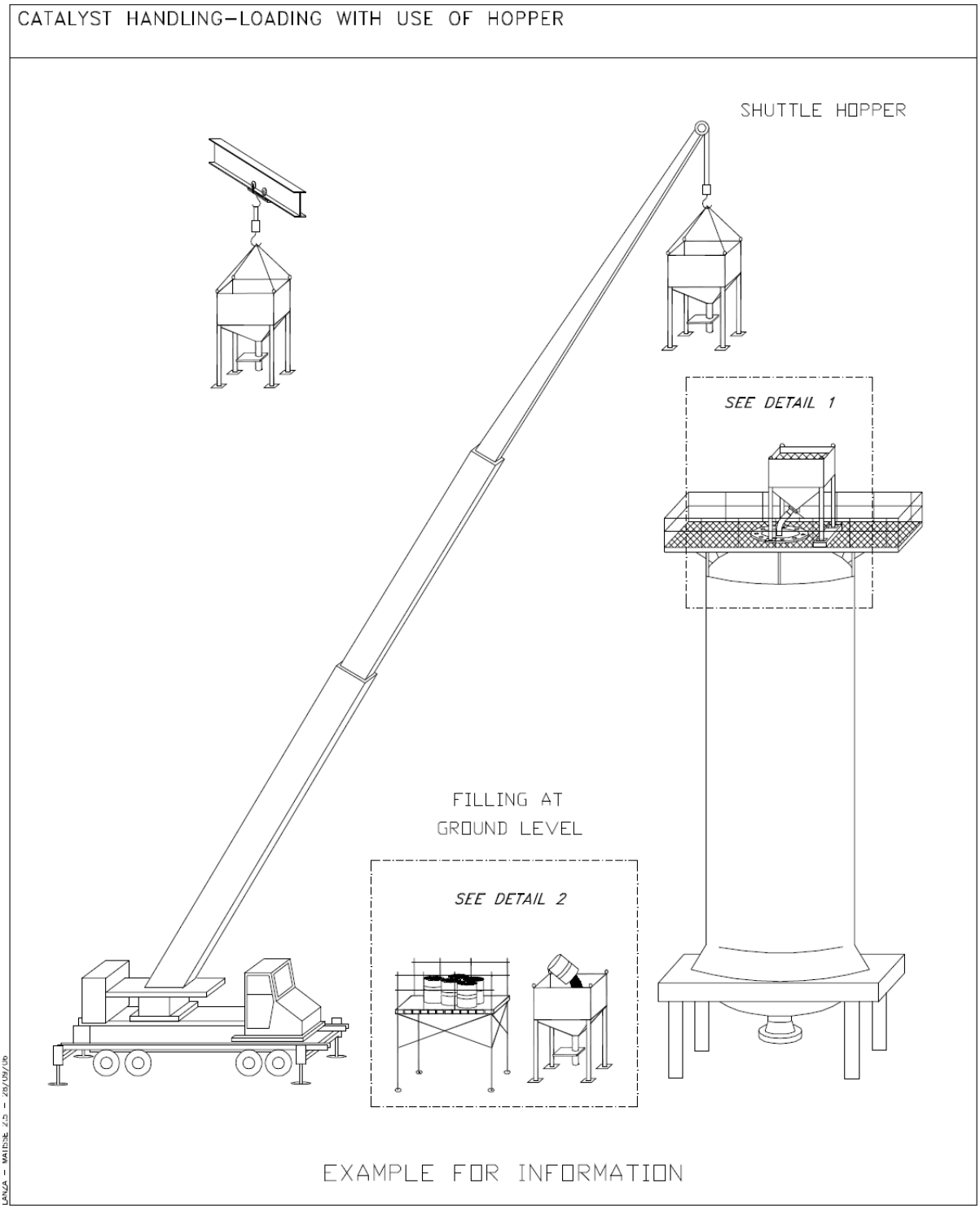
This document contains confidential proprietary information belonging to Axens. It shall not be disclosed to any third parties without Axens' prior written consent.

Catalyst Loading – shuttle hopper



This document contains confidential proprietary information belonging to Axens. It shall not be disclosed to any third parties without Axens' prior written consent.

Catalyst Handling – Loading with use of a Hopper

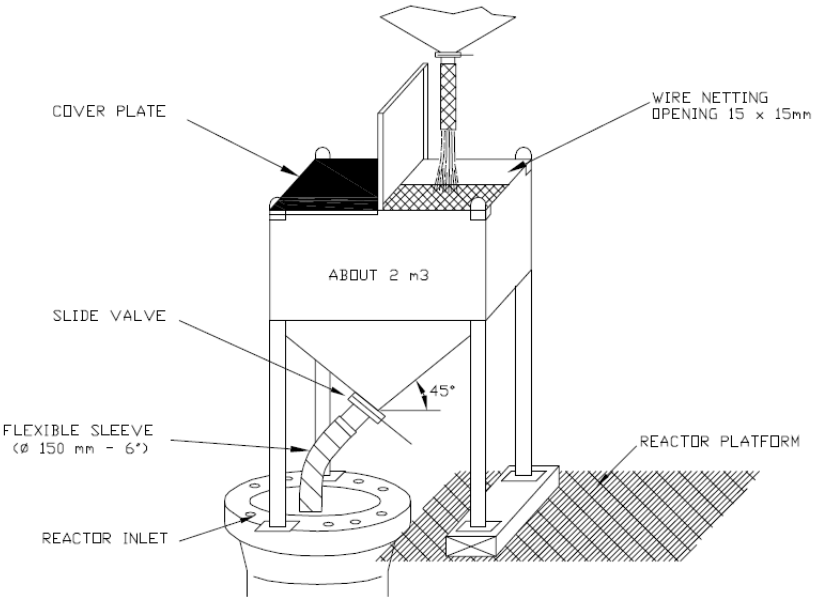


This document contains confidential proprietary information belonging to Axens. It shall not be disclosed to any third parties without Axens' prior written consent.

Hopper Located On The Top Of Reactor - Under Air
Hopper Filling At Ground Level

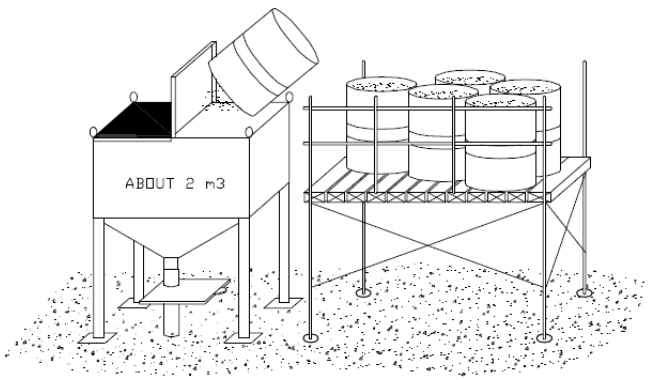
HOPPER LOCATED ON THE TOP OF REACTOR – UNDER AIR
HOPPER FILLING AT GROUND LEVEL

DETAIL 1



EXAMPLE FOR INFORMATION

DETAIL 2

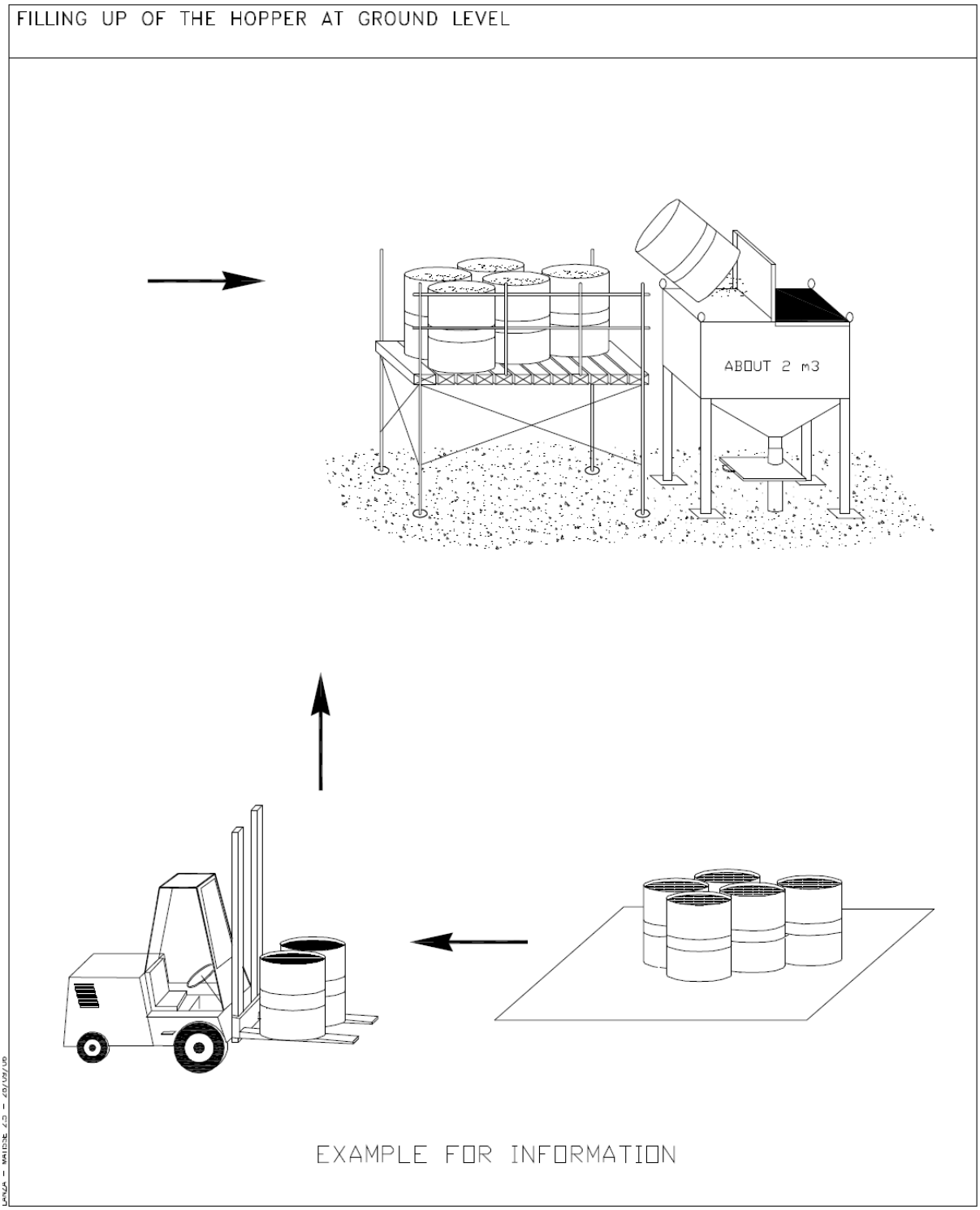


EXAMPLE FOR INFORMATION

LANZA – MATISSE 2.5 – 28/09/06

This document contains confidential proprietary information belonging to Axens. It shall not be disclosed to any third parties without Axens' prior written consent.

Filling Up of the Hopper at Ground Level



This document contains confidential proprietary information belonging to Axens. It shall not be disclosed to any third parties without Axens' prior written consent.

To serve the above mentioned equipment the following personnel is necessary:

- 1 foreman,
- 1 crane operator,
- 1 fork lift operator,
- 1 team of 4 riggers at ground level for guard bed material handling and loading into the mobile hoppers, 1 team of 6 fitters for vessels opening closing and for guard bed material loading,

Note: These personnel shall be permanently present during the loading operation. The total number of personnel will be obtained by multiplying by the number of shifts, if the loading takes place on a 24 hours basis. All personnel entering the vessel should be equipped with proper clothing to prevent contact between the skin and catalyst dust. Personnel entering the reactor must never walk directly on the catalyst being loaded. Plywood, plank supports, or snowshoes need to be used to distribute the weight over the catalyst surface to minimize catalyst breakage.

Important: The figures presented in this part are for technical purpose only. Refiner should adjust to local safety regulations to ensure enough personnel and equipments for safe guard bed material loading operation.

3.4 Guard bed material sock loading procedure

Important note: The procedure should be strictly followed to get expected AxTrap™ 403 performances.

The following guideline for the reactor loading assumes one guard bed material. It also assumes that the internals have been, first inspected in position, and then dismantled to speed up the loading process.

- Check that the quality of the guard bed material and the amount available are as specified. It is a good policy to write the guard bed material name and lot number of all loaded drums on a Guard bed material Loading Report (see below).
- Refer to the loading drawing (refer to process book relevant chapter) for the various heights of guard bed material and inert ball layers etc., and to the detail drawings for the installation of the internals. Inside the reactor measures will be taken from the welding line. Manufacturer's vessels measurements are generally shown from tangent lines. Make the necessary adjustment. Materialize the various levels with chalk or pencil marks on the reactor wall.
- Check that the outlet collector at the bottom of the reactor is properly mounted.
- Fit-in the close cover and the K-wool (fiber glass wool) plug in the guard bed material draw-off pipe.

  Important Note: Axens recommends performing the AxTrap™ 403 loading under inert atmosphere. The guard bed material is not pyrophoric, but rough handling during loading may cause exothermic reactions when in contact with air.
- Purge the reactor with inert gas such as nitrogen prior to the beginning of loading the guard bed material. The inert gas should be free of oxygen (<100 ppmv O_2) and moisture. During loading of the guard bed material, the vessel must be blanketed

This document contains confidential proprietary information belonging to Axens. It shall not be disclosed to any third parties without Axens' prior written consent.

with inert gas and a small continuous purge must be kept in operation to prevent oxygen ingress into the vessel.

- Load the required volume of bottom inert balls as per the loading diagram and carefully level the surface. Then load the next layer of inert balls and carefully level the surface. Repeat this step for all the bottom inert ball layers. The inert balls need to be loaded using the flexible sleeve (free fall should not exceed 0.2 meter for the lower levels).
- Load the AxTrap™ 403 material with the sleeve. The person on the top of the vessel shall shorten the sleeve so that the free fall never exceeds one meter. Never dump the catalyst in one mound with the intent to level at the end, as this technique may result in a high concentration of fines in a section of the reactor directly under the loading sock. These fines could result in poor flow distribution of the reacting gas across the guard bed.
- When the upper level of the guard bed material is reached, stop loading the guard bed material and carefully level the surface.
- Install the top screen if required.
- Complete the top inert ball loading and carefully level the surface after each layer just likes for the bottom inert ball layers.
- Make sure that all debris and equipment used during the loading is removed from the reactor.
- Conduct any final inspections and reviews of the loading data that may be required.
- Reinstall the inlet distributor and loading manway cover.
- Keep the empty drums for unloading.

Note: During the guard bed loading, a sample could be taken in each drum to prepare a composite sample of the reactor load.

A loading report must be carefully filled with:

→ number of drums loaded in each bed,

→ guard bed material batch and drums reference numbers.

The loading density is checked at the end of the loading using the guard bed material loading report as described hereafter.

After closure vessel and prior to unit start-up, the vessel must be maintained under an inert atmosphere free of oxygen and moisture.

This document contains confidential proprietary information belonging to Axens. It shall not be disclosed to any third parties without Axens' prior written consent.

Typical Guard bed material Loading Report

REACTOR LOADING REPORT UNIT NUMBER:								PLANT TYPE: LOCATION: COUNTRY :			
REACTOR: DATE: SHEET OF . GUARD BED MATERIAL TYPE:											
Drum	Lot No.	Drum No.	Net Wt	Drum	Lot No.	Drum No.	Net Wt	Drum	Lot No.	Drum No.	Net Wt
1				18				35			
2				19				36			
3				20				37			
4				21				38			
5				22				39			
6				23				40			
7				24				41			
8				25				42			
9				26				43			
10				27				44			
11				28				45			
12				29				46			
13				30				47			
14				31				48			
15				32				49			
16				33				50			
17				34				51			
TOTAL WEIGHT LOADED: NUMBER OF DRUMS: LOADING DENSITY:								LOADING SUPERVISOR NAME: SIGNATURE:			

As the adsorber is now under nitrogen atmosphere, any vessel entry requires adapted safety precautions and strict procedures. The presence of HSE coordinators and the use of adequate equipment such as self-contained breathing apparatus with air reserve, life line and harness are mandatory.

This document contains confidential proprietary information belonging to Axens. It shall not be disclosed to any third parties without Axens' prior written consent.

4. START-UP PROCEDURE

4.1 General considerations

The following procedure uses hot desulfurized naphtha (HDN), in order to activate the AxTrap™ 403. The procedure starts during inert naphtha circulation, as soon as stripper operation is stable.

During activation, small quantities of adsorbed water will evolve.

4.2 Tightness Testing and Purging with nitrogen

Tightness test shall be performed using Nitrogen at the highest available pressure compatible with the adsorber and the nitrogen source. Use of Air is strictly prohibited. This would cause the adsorbent oxidation and an uncontrolled temperature increase of the adsorbent bed.

1. Pressure test sulfur guard vessel with nitrogen.
2. Check for gas leakage and tighten connections as necessary to minimize pressure loss.
3. Purge reactor vessel.

   Under no circumstances after this step should air or oxygen be allowed to re-enter the vessel.

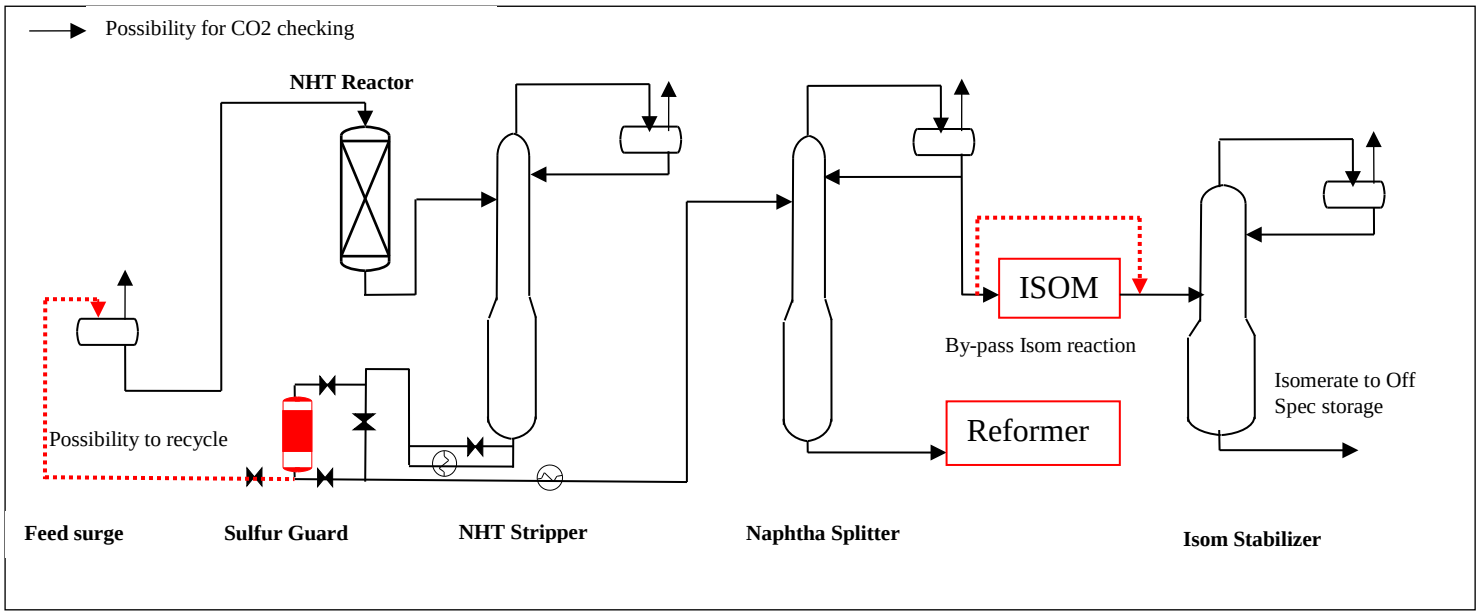
4. Pressure the reactor to 3.5 kg/cm^2 g and hold.
5. Check all attendant reactor piping for dead legs or low points which might contain oxygen. Vent the system as necessary to remove the oxygen in the piping.
6. Close blinds on nitrogen system.
7. Open blinds on Naphtha circuit.

4.3 Sulphur guard activation with hot feed and start-up procedure

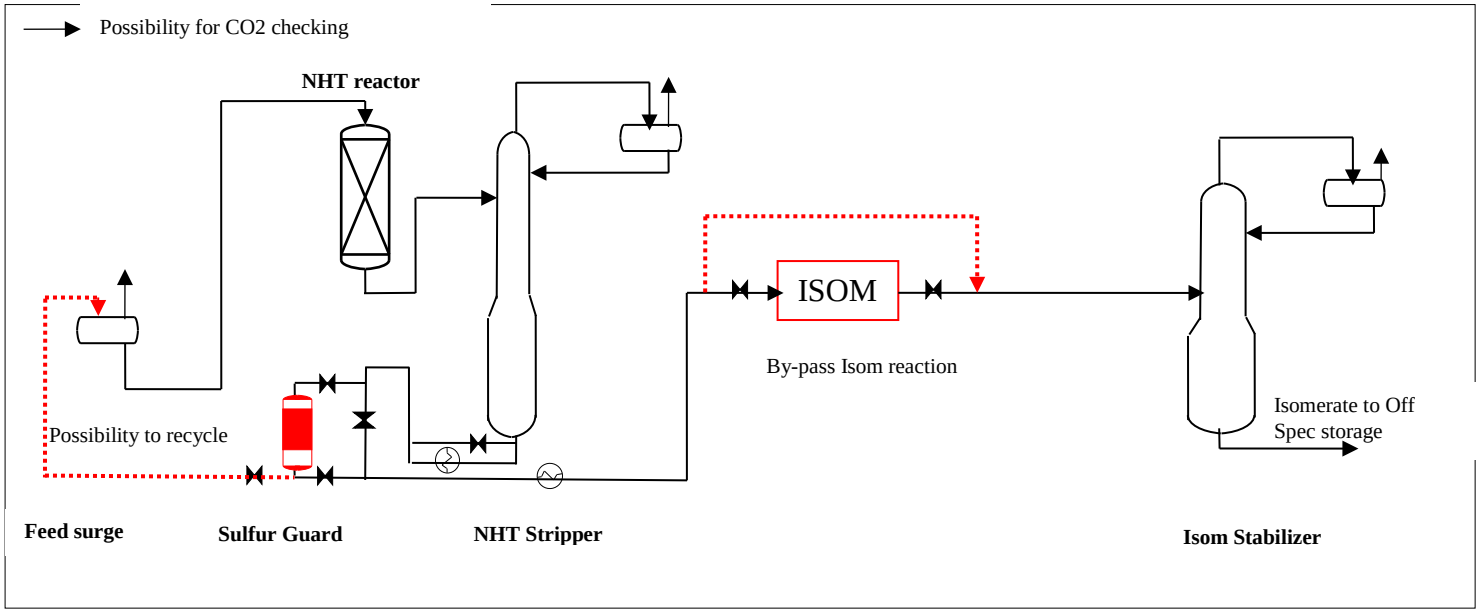
4.4

Case 1: Full range naphtha is treated in NHT and sulfur guard. In this case due to the presence of a naphtha splitter, it is possible to obtain a heavy naphtha cut free of H_2O, so the reformer unit can be in operation as long as the moisture in its recycle gas is monitored. Due to the very high sensitivity of Isomerization catalyst, Axens recommends bypassing the Isomerization unit.

This document contains confidential proprietary information belonging to Axens. It shall not be disclosed to any third parties without Axens' prior written consent.



Case 2: Light Naphtha is treated in NHT and sulfur guard without naphtha splitter. In this case, due to the very high sensitivity of Isomerization catalyst, Axens recommends bypassing the Isomerization unit.



In both case, activation is performed by routing HDN with following specification through the AxTrap material:

- Sulphur content: 0.5 wt ppm maximum.
- O2/oxygenates content: 0.1 wt ppm maximum.
- 100% liquid, without H2.
- Operating temperature = normal operating temperature (minimum required temperature: 130°C).

This document contains confidential proprietary information belonging to Axens. It shall not be disclosed to any third parties without Axens' prior written consent.

Status of the unit:

- The NHT reaction section and the stripper section have been started up successfully.
- The unit is running at minimum 60% of its design capacity.
- Sulphur is below 0.5 wtppm at stripper bottom.
- NHT stripper bottom is routed normally to downstream units (reaction section being by-passed or not),
- The sulfur guard bed is under nitrogen and by-passed.

Filling up and activation:

Introduce HDN with the following steps:

✓ Start to fill the vessel with a slipstream from NHT stripper bottom. Filling is slightly exothermal process due to heat of adsorption (an increase of 30°C is expected). Filling up flow-rate is manually adjusted by globe valve on filling up lines and local flow-meter.

NB: Liquid filling up is up flow, flow rate should be limited to avoid any fluidization of guard bed. Maximum velocity through the guard bed is 10 cm/min.

✓ During filling up, nitrogen is evacuated through PSV bypasses. Filling is completed when liquid is flowing through sight glass without bubbles.

✓ When the guard bed is successfully filled, close the valves on the filling lines which are located at the guard bed bottom, then line up for guard bed activation.

- Open sulphur guard inlet valve.
- Gradually close the guard by-pass valve.
- Circulation of naphtha starts (partially in closed loop, naphtha is recirculated back to unit feed drum).
- Maintain hot circulation.

Estimated duration of activation: between 3-5 hours (based on 60% of unit capacity). Duration will depend on amount of feed bypassing the guard bed.

Remarks:

- In the unlikely case that an extraordinary exotherm occurs, it will probably be due to the presence of hydrogen, either as such or in combination with, carbon monoxide or oxygen (see appendix).
- As potential desorption begins, route naphtha to off-spec storage.
- As off-spec naphtha is sent to storage, feed the unit with naphtha from outside battery limit.
- Any feed driers (if applicable) downstream of the sulphur guard bed should be regenerated as soon as the guard bed unit has been on-line for 24 hours.

This document contains confidential proprietary information belonging to Axens. It shall not be disclosed to any third parties without Axens' prior written consent.

4.4 Alternate case: Guard activation with hot nitrogen or hot natural gas sweeping and start-up procedure

Remark: this procedure leads to a large nitrogen consumption and is essentially applicable when hot desulfurized feed is not available.

Most of the H_2O can be removed by heating the guard with a dry nitrogen gas at ambient pressure. A bed activation temperature of 170°C is recommended.

The activation procedure does not make the guard completely immune to exotherm when contacting it with process fluid. The adsorption of liquid (and H_2O, if present) on a freshly activated surface may also be exothermic.

Following hot nitrogen activation, the catalyst should be cooled under N_2 to 100°C or less to allow for possible exotherms when the liquid feed is introduced.
The following general destabilization (activation) guidelines are suggested. Each specific guard bed configuration may require modifications to these guidelines.

- Reaction section is leak tested with N_2. It is important that the N_2 contain less than 10 ppm O_2 to avoid oxidation of the nickel during the heat-up stage of the operation. Purge the catalyst free of oxygen with N_2.
- At ambient pressure, begin flow of dry N_2, venting **to atmosphere** or flare. Flow rates are dependent on the user's facilities. Flow rate is not critical, but should be based upon the desired heat-up rate. Flow rates of 200 Nm3 minimum per hour per m3 of catalyst would be preferred.
- Establish N_2 flow-rates and begin heating the nitrogen at a rate of 15 - 30°C/hour to the activation temperature 170°C. Once the catalyst bed has obtained a uniform temperature of 170°C, hold at this activation temperature for at least 4 hours.
- With the N_2 still flowing, lower the bed temperature to below 100°C and then slowly pressurize the unit to operating pressure.
- With the system at operating pressure and the guard bed temperatures lined out at below normal start-up, fill up the vessel in up flow (maximum velocity through the guard bed is 10 cm/min). Nitrogen is evacuated through PSVs by-pass. When sulphur guard bed filling phase is achieved, close valves on filling lines which are located at the guard bed bottom, then line up guard bed in normal operation.
- The hot feed is required to fully complete the activation phase. Any feed driers downstream of the sulphur guard bed should be regenerated as soon as the guard bed unit has been on-line for 24 hours.

4.5 Operating variables

The sulfur guard unit operates with minimal attention during its normal cycle life. The most important operational data to watch is guard bed temperatures. During normal processing, there should be no exotherm for design levels of sulfur. Any noticeable exotherm should be treated with caution.

This document contains confidential proprietary information belonging to Axens. It shall not be disclosed to any third parties without Axens' prior written consent.

Upstream feed preparation must at all times provide:

- Hydrogen removal
- Carbon Oxides removal (CO, CO_2)
- Oxygen removal
- Moisture removal

If an exotherm occurs precautions should be taken to:

- Remove and eliminate naphtha feed and inert blanket the catalyst.
- Find the source of the exotherm.

This document contains confidential proprietary information belonging to Axens. It shall not be disclosed to any third parties without Axens' prior written consent.

5. AxTrap™ 403 SHUTDOWN / UNLOADING PROCEDURES

5.1 Shutdown

5.1.1 No Change out of adsorbent planned

1. Open reactor by-pass.
2. Close inlet and outlet valves.
3. Leave reactor liquid filled.

5.1.2 Change out of adsorbent is planned

1. Open reactor bypass.
2. Close inlet valves.
3. Depressurize liquid to downstream vessels or flare.
4. Pressurize the reactor again with nitrogen and depressurize to fully rid the reactor system of liquid.

5.2 Adsorbent Dumping

Note: The spent AxTrap™ 403 when dry is pyrophoric on contact with air. Every precaution should be taken to assure that the used AxTrap™ 403 does not contact air.

1. Cool the reactor with nitrogen purge.
2. Pressurize the reactor with nitrogen to 0.7 barg at all times to assure that air is excluded.
3. After the reactor bed has cooled to 50°C place a drum partially filled with water under the dump nozzle. Have a water hose readily accessible to wet the catalyst as it falls from the dump nozzle. When catalyst dumping is complete, each drum should be filled with water and sealed. Alternatively, if vessel and foundation design allows, the drum may be flooded with appropriately clean water and unloaded with the catalyst saturated with water.
4. Using the blind flange covering the dump nozzle as a gate valve, swing the flange upward pivoting on a top bolt. Inert balls should fall out first. If the inert balls or catalyst bridge at the exit, use a rod to break up the bridging to facilitate the flow. If the reactor vessel is equipped with more than one dump nozzle, discharge catalyst from each location until no more catalyst can be obtained.
5. A heel of catalyst/inert balls (less that 10% of catalyst) will remain after all that is possible is removed using the dump nozzle(s). To remove the remaining heel the bottom exit elbow and outlet collector will have to be removed or swing away from the outlet.
6. Remove bottom exit piping and outlet collector. Dump remaining inert balls and catalyst in the vessel skirt. Spray water on the catalyst as it collects in the skirt.
7. Shovel the wetted catalyst/inert balls into drums.

This document contains confidential proprietary information belonging to Axens. It shall not be disclosed to any third parties without Axens' prior written consent.

Note:

- The inert balls can be reused if a wet screening is done to assure that air is prevented from reaching the used AxTrap™ 403.
- The spent AxTrap™ 403 is a valuable source of nickel metal to steel manufacturers. There are various brokers worldwide who can handle the spent material for at least transportation cost to the steel mill site. Please contact your local Axens representative if more information is needed on this disposal option.
- Some nickel sulphide may be present in spent AxTrap™ 403. This hazardous material would require special handling procedures. A spent catalyst analysis and spent catalyst Material Safety Data Sheet, at a minimum, will need to be provided to the recycler.

This document contains confidential proprietary information belonging to Axens. It shall not be disclosed to any third parties without Axens' prior written consent.

Appendix:

AxTrap™ 403 Material Safety Data Sheet.

Concerning catalysts/adsorbents supplied under a trade mark, the relevant updated Material Safety Data Sheets must be required from the manufacturer.
The European Directive instructs all companies supplying products, to provide product **Safety Data Sheets** in a controlled manner. Please contact your Axens representative for this material.

This document contains confidential proprietary information belonging to Axens. It shall not be disclosed to any third parties without Axens' prior written consent.