

atmósfera. Los gases recuperados y producidos en los SRS pudieran ser utilizados para producir energía o antorchados para prevenir y eliminar estos de la atmosfera.

La generación de estos gases ocurren en cinco fases a saber; Fase 1- *Ajuste Inicial* donde los desperdicios orgánicos biodegradables comienzan a descomponerse utilizando el aire atrapado entre los desperdicios y el material de cubierta, proceso aeróbico; Fase 2- *Transición* donde el oxígeno es consumido y comienza un proceso anaeróbico; Fase 3- *Acida* donde la actividad bacteriológica se acelera significativamente produciendo cantidades de ácidos orgánicos y trazas de gases de hidrógeno; Fase 4-*Fermentación del Metano* donde se convierten los ácidos acético e hidrógeno en metano (CH_4) y (CO_2); y Fase 5-*Maduración* ocurre luego de que todo el material biodegradable ha sido convertido en metano y en bióxido de carbono.

La duración de cada una de estas fases dependerá de la distribución de los componentes orgánicos en el SRS, disponibilidad de nutrientes, humedad, y la compactación inicial. El gas metano no tiene color ni olor. Es más liviano que el aire y es combustible. Si una mezcla entre aire y metano alcanza un 5% o más por volumen ésta se considera peligrosamente explosiva.

Cuando el gas metano alcanza la superficie, este sube rápidamente a la atmosfera por ser más liviano que el aire. Si durante el movimiento ascendente del gas dentro de la masa de los desperdicios se encuentra con

materiales de cubierta densos o con el "liner" sintético que le sirva de barrera, el movimiento de los gases será lateralmente hasta alcanzar algún lugar de escape o acumularse bajo las capas que le sirven de barreras.

Para la expansión lateral del SRS de Yauco se propone la instalación de ventosas de gases en la superficie final del SRS para dejar que estos gases emigren a la atmosfera paulatinamente. En los planos de construcción se incluirán los detalles de las ventosas para los gases. Estas ventosas se instalarán, al igual que los pozos, y penetran a través de la masa de desperdicios desde la capa final. Estos pozos permiten que los gases salgan de la masa de los desperdicios y suban a la atmosfera. Estos pozos se consideran como pozos o ventosas pasivas.

Para el cierre de la celda activa del SRS de Yauco se propone preliminarmente la instalación de ventosas pasivas. Luego de los resultados, monitorias, y de las recomendaciones de los consultores en este aspecto, se pudiera considerar alguna otra alternativa viable para su implementación y operación.

Para la expansión lateral, se propone igualmente un sistema de ventosas pasivas para la liberación de los gases de forma segura. No se propone la utilización de sistemas de recuperación de gases para la creación de electricidad o sistemas de quema.

6.3 Generación de Lixiviados

Un factor importante en el diseño de un relleno sanitario consiste en estimar la generación de lixiviados durante su vida útil. La EPA y el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos prepararon un programa de computadora llamado "Hydrologic Evaluation of Landfill Performance", conocido como el Modelo HELP. Este programa calcula la producción de lixiviados mediante un balance de agua (método sistemático de calcular la entrada y salida de humedad, así como la que permanece dentro del relleno sanitario). HELP también puede utilizarse para simular el movimiento del agua a través del relleno sanitario. HELP estima la generación de lixiviados a base de los datos climatológicos del sitio; es decir la precipitación promedio anual, temperatura y radiación solar. La calibración de HELP también requiere datos de evapotranspiración, características de los suelos y el diseño de las capas a ser utilizadas durante la operación y el cierre del relleno sanitario.

Como parte de los estudios realizados en la expansión lateral del SRS de Yauco se realizaron simulaciones utilizando el modelo HELP para estimar la cantidad de lixiviados a generarse durante su vida útil. Los resultados de las simulaciones para 30 cuerdas utilizando el modelo HELP indican que la generación máxima diaria de lixiviados fue de 14,000 galones (28,000 galones en total). **(Ver Apéndice 14: Modelo HELP)** La charca de almacenamiento tendrá suficiente capacidad para recolectar la cantidad de lixiviados producidos durante la condición mas crítica. De acuerdo a los resultados

obtenidos en la simulación de generación de lixiviados y basado escenario simulado, la charca de almacenamiento tendrá suficiente capacidad para recolectar hasta 42,000 galones.

6.3.1 Composición de Lixiviados

La composición de los lixiviados dependerá de los desperdicios sólidos y las condiciones dentro del relleno sanitario tales como; temperatura, el contenido de humedad, la profundidad de los desperdicios depositados, la etapa de la descomposición de los desperdicios, la habilidad de los suelos intermedios para remover los contaminantes, la cantidad de las aguas de escorrentías. Los componentes del lixiviado típico se presentan en el informe del Ing. Soriano Ressay. El análisis químico y físico de los lixiviados provenientes del relleno sanitario de Yauco, se presenta en el estudio.

En cuanto a la habilidad de los suelos para remover los contaminantes, lo referimos al estudio del Ing. Soriano Ressay. Se sostiene en dicho estudio que el material utilizado en el SRS de Yauco tiene la capacidad de regenerar, y hasta cierto punto neutralizar ciertos elementos o componentes degradantes en los lixiviados. Se llevaron a cabo dos experimentos para sostener dicha creencia. Con la colaboración de Víctor Rivera y Asociados, los laboratorios de AES International, Inc., y el Instituto de Investigaciones Georgia Tech, se procedió con los experimentos. **(Ver Apéndice 12: Consideraciones Geológicas y Físicas Ambientales Relacionadas con la Expansión**

Lateral del Vertedero Municipal de Yauco.)

En síntesis, los experimentos consisten en la recuperación de lixiviado del SRS de Yauco, su caracterización en laboratorio y luego se ponen en contacto con el caliche por cuatro días. Luego se repiten las caracterizaciones y se comparan los elementos, antes y después. Se formulan las conclusiones. Véase **Apéndice 12: Consideraciones Geológicas y Físicas Ambientales Relacionadas con la Expansión Lateral del Vertedero Municipal de Yauco.**

6.3.2 Revestimiento Compuesto o "Liners"

El objetivo final del diseño del revestimiento compuesto es minimizar la infiltración de los lixiviados al subsuelo y evitar la contaminación de las aguas subterráneas. La expansión lateral del SRS de Yauco contará con un revestimiento compuesto o "liner" para contener y recoger los lixiviados producidos en el fondo, evitando que percolen a los cuerpos de agua subterránea. En el fondo de las celdas se instalarán dos (2) pies de caliche bien compactado. El caliche tiene una conductividad hidráulica menor de 1×10^{-7} cm/seg. La baja permeabilidad del caliche impedirá la infiltración de los lixiviados de surgir alguna falla en el "liner." Sobre el caliche se instalará el "liner" de polietileno con un espesor mínimo de 60 milímetros. Sobre el "liner" se depositará un pie de arena o grava, la cual funciona como un drenaje conductor. Sobre la arena se depositarán 2 pies de caliche, y sobre esta se

depositarán los desperdicios sólidos. **(Véase Apéndice 1: Plano Esquemático.)**

6.3.3 Terrazas de Recolección en el Fondo y "Pit" de Almacenamiento

Los lixiviados generados durante la operación del SRS se acumulan encima del "liner" o revestimiento compuesto. La JCA y la EPA limitan la acumulación de lixiviados en el fondo de un SRS a un máximo de doce pulgadas de profundidad. Para evitar su acumulación se preparan en el fondo del relleno sanitario terrazas inclinadas de forma tal que los lixiviados puedan drenar hacia los canales de recolección. A lo largo de dichos canales se instalarán tuberías de PVC perforadas. Las terrazas tendrán una pendiente mínima de 2% lo que permitirá el libre flujo de los lixiviados hacia los tubos perforados, según se ilustra en los detalles del plano adjunto. El "liner," los tubos perforados y las terrazas de recolección a ser instalados en el fondo del área activa de disposición, y el "pit" de almacenamiento, formarán el sistema de recolección de lixiviados, según se ilustra en los detalles del plano adjunto.

El sistema será diseñado para asegurar que el lixiviado acumulado sobre el "liner" sea menor de doce (12) pulgadas, según lo requerido en el RMDSNP. El lixiviado drenará por gravedad a través de los tubos perforados de recolección hacia un "pit" de almacenamiento. Estos lixiviados almacenados se solidificarán y reciclarán al área activa. La capacidad de los "pits" de almacenamiento será de aproximadamente 42,000 galones de acuerdo a los

resultados obtenidos en la simulación de generación de lixiviados para la condición mas crítica (modelo HELP).

6.3.4 Sistema de Control de Escorrentía Superficial

La expansión lateral del SRS de Yauco incluirá los sistemas de control de drenaje superficial según requerido por las reglamentaciones vigentes para el diseño de rellenos sanitarios y según las recomendaciones del Estudio Hidrológico-Hidráulico realizado por Hydrosystem del Ing. Miguel Menar. Las instalaciones contarán con un sistema de drenaje para el control de flujo de escorrentía superficial afluyente a las áreas de disposición, que entra de áreas adyacentes al área activa. Contará con un sistema de recolección y control de la migración de la escorrentía efluente del área activa de disposición de desperdicios, que sale del área activa del SRS.

Las medidas de control de escorrentía superficial evitarán la contaminación de las aguas superficiales cercanas al relleno sanitario y reducirán el potencial de producción de lixiviados. El sistema de drenaje en las instalaciones consistirá de los siguientes componentes:

- La escorrentía efluente de las áreas que recibirán desperdicios se desviarán por medio de canales y zanjas hacia fuera de las áreas activas del relleno sanitario. Estas escorrentías se descargarán en unas lagunas de retención y sedimentación diseñadas para recolectar y controlar el

aumento en escorrentía ocasionado por el desarrollo de la expansión lateral del SRS de Yauco. El diseño de las lagunas proveerán capacidad para manejar eventos de lluvia con duración de 24 horas y recurrencia de 25 años conocidos como la descarga pico o máxima asociada al desarrollo de la expansión. Las lagunas servirán además para controlar el flujo de sedimentos que puedan ser descargados hacia áreas cercanas en caso de eventos de lluvia que excedan la capacidad de la laguna.

- El área circundante a la expansión lateral del SRS de Yauco tendrá un sistema completo de desvío y manejo de las aguas de escorrentías afluentes al predio. Las aguas de escorrentía provenientes de las instalaciones existentes del SRS serán manejadas por medio de canales de desvío que llevarán las aguas de escorrentías hasta las lagunas de sedimentación. El resto de las aguas de escorrentías afluentes a la Expansión serán interceptadas por medio de zanjas que eventualmente drenarán en áreas de desagüe natural existentes.

6.3.5 Sistema de Monitoreo de Aguas Subterráneas

En las instalaciones del actual SRS de Yauco se instaló un sistema de rastreo de aguas subterráneas para vigilar en todo momento las mismas y certificar que el relleno cumpla con los requerimientos reglamentarios de diseño. El sistema consiste de cinco (5) pozos de monitoreo y la implantación de un programa de toma de muestras de agua subterránea que determinará las

condiciones de calidad de agua durante el desarrollo, operación, cierre y pos-cierre de las facilidades. El objetivo primordial del sistema es la detención de infiltración de lixiviados a través del relleno sanitario, la determinación del nivel freático y su fluctuación en el área. El sistema de toma de muestras cumple con los requerimientos de las reglamentaciones federales y locales descritas por el Subtítulo D de RCRA y el RMDSNP.

El sistema de rastreo de agua propuesto para la expansión lateral consistirá de de cinco (5) pozos adicionales en localidades estratégicas y a profundidades adecuadas para recolectar muestras representativas del acuífero superior, según las recomendaciones de los peritos. Varios de los pozos serán instalados en una localización gradiente arriba para obtener un valor representativo de la calidad del agua en la región bajo condiciones naturales (sin la intervención del SRS). Otros pozos fueron instalados gradiente abajo del área futura para la disposición de los desperdicios sólidos, según requerido por la JCA. Estos pozos servirán para determinar si la operación afecta de alguna manera la calidad de las aguas subterráneas y tomar acciones remediativas inmediatamente.

El SRS de Yauco actualmente en operación cuenta con un Plan de Monitoreo y Análisis (PMA) y un Plan de Implantación de Sistema de Monitoria de Aguas Subterráneas (PISMAS) aprobado para el sistema de monitoreo de la aguas subterráneas. Estos estudios y las especificaciones de los cinco (5) pozos existentes fueron sometidos a la JCA para aprobación como parte del PISMAS. Estas características incluyen:

1. Caracterización del tipo y espesor del suelo.
2. Determinación de existencia y distribución de recursos de agua subterránea.
3. Dirección de flujo del agua subterránea.
4. Determinación de la elevación del nivel freático.
5. Definición de las unidades geológicas saturadas y no saturadas.
6. Estratigrafía del suelo detallada.
7. Conductividad hidráulica de las formaciones geológicas del área.

La mayor parte de estos datos fueron obtenidos de estudios que se realizaron en el área, por Central Industrial, y como parte del PMA y el PISMAS aprobado. Otros datos fueron obtenidos de los estudios geotécnicos e hidráulicos realizados como parte de esta DIA.

Los detalles de los pozos típicos que se instalaron bajo la implantación del PISMAS se ilustran en los reportes y estudios realizados. Este sistema de pozos de monitoreo incluyen los siguientes componentes básicos: camisilla, rejilla, filtro de arena, sello de bentonita, trampa para sedimentos, plataforma de concreto, camisilla protectora, tapa con seguro y protección del pozo contra golpes por vehículos.

6.4 Instalaciones Físicas

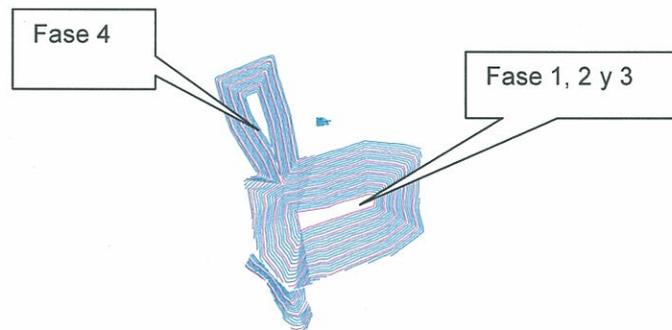
La expansión lateral del SRS de Yauco contará con las siguientes instalaciones:

- Caseta y portón de entrada para controlar el acceso del público.
- Rotulación informativa con horario de operaciones.
- Camino de acceso adecuado y pavimentado.
- Recipiente en la entrada para recibir los desperdicios sólidos durante los días no laborables.
- Equipo de pesaje para medir el volumen de los desperdicios que entran a la instalación.
- Oficinas administrativas, con servicios de luz, agua, sanitario y teléfono.
- Área de estacionamientos para vehículos.
- Taller de mecánica y para guardar el equipo pesado.

6.5 Capacidad Proyectada

Un parámetro básico para el diseño de un relleno sanitario es la capacidad volumétrica de la instalación. La capacidad volumétrica depende del área disponible, la profundidad de los desperdicios y la razón entre la disposición de los desperdicios sólidos, el material utilizando como cubierta de los desperdicios sólidos. Generalmente, la razón de desperdicios sólidos y el material de cobertura es de 4:1 (80% son desperdicios sólidos y un 20% es material de cubierta). Estos desperdicios y el material de cubierta son dispuestos utilizando el espacio superficial del área activa de lugar. El espacio aéreo de un SRS es el volumen disponible para depositar los desperdicios y aplicar el material de cubierta. La expansión lateral de las cuatro (4) fase del SRS de Yauco tendrá un volumen total disponible de aproximadamente

8,338,616 m³. En el cómputo del volumen total disponible se presume que la expansión lateral del SRS alcanzará una altura de 165 metros, y una configuración según se demuestra en la figura siguiente:



6.6 Vida Útil Estimada

La expansión lateral del SRS de Yauco tendrá una vida útil de aproximadamente 35 años a partir del año 2012, fecha que se proyecta comenzar la utilización de los terrenos para la expansión. Se estima la fecha de cierre aproximadamente en el año 2047. La vida útil de la expansión se calculó utilizando la siguiente metodología:

- Paso 1: Se determinó el volumen del espacio aéreo futuro del SRS haciendo cortes transversales a lo largo del área propuesta para la expansión lateral utilizando el cuadrángulo:

$$VR = 8,338,616 \text{ m}^3 \text{ ó } 10,906,909 \text{ yd}^3$$

- Paso 2: El volumen disponible para depositar los desperdicios se calculó utilizando la siguiente formula:

$$Vd = Vr * (1 - f)$$

$$Vd = 10,906,910 * (1 - .20)$$

$$Vd = 8,725,528 \text{ yd}^3$$

Donde:

f = la fracción de espacio que toma el material de relleno utilizando en el SRS para cubrir diariamente los desperdicios. Se presume que la razón entre los desperdicios sólidos y el material de cubierta es de 4:1 (80% son desperdicios sólidos y el 20% es material de cubierta).

$$f = 0.20$$

- Paso 3: La capacidad de depósito remanente (Cr) se determinó de la siguiente manera:

$$Cr = Vd * D$$

$$Cr = (8,725,528 \text{ yd}^3 * 1,200 \text{ lbs/yd}^3) / 2,000 \text{ lbs/ton}$$

$$Cr = 5,235,316 \text{ toneladas} \sim 5,235,000 \text{ toneladas}$$

Donde:

D= densidad de los desperdicios sólidos una vez se depositan y compactan de tres a cinco veces con el equipo pesado correspondiente.

D= 1,200 libras por yarda cúbica.

- Paso 4: La capacidad de desperdicios sólidos depositados (Gd) en el SRS se determinó multiplicando la población por el factor de generación. Esta cantidad es de 500 toneladas diarias.
- Paso 5: La vida útil (Vu) para la expansión lateral del SRS esta dada por la siguiente ecuación:

$$Vu = Cr / (GD * 264 \text{ días})$$

$$3,400,000 \text{ tons} / 500 \text{ tons/día} * 264 \text{ día/año}$$

$$Vu = 35 \text{ a } 38 \text{ años}$$

6.7 Cubierta Final

Una vez se agote la vida útil de la expansión lateral del SRS de Yauco, se procederá a instalar la cubierta final. Dicha cubierta será aplicada sobre las áreas de disposición de desperdicios sólidos para minimizar los problemas de infiltración y erosión. La cubierta será instalada en armonía con las reglamentaciones locales y federales (40 CFR, Vol. 56, No. 196 Subparte F, S

258.60 y Regla 801.1 del RMDSNP). Las reglamentaciones establecen que como mínimo la cubierta final debe contener una capa para el control de erosión y una capa de infiltración que cumpla con las siguientes especificaciones.

- La capa de control de filtración consistirá de un revestimiento sintético o una capa de arcilla con un espesor mínimo de 18 pulgadas y una permeabilidad menor o igual que la de cualquier sistema de revestimiento de fondo o subsuelos naturales o una permeabilidad no mayor de 1×10^{-7} cm/seg, lo que sea menor.
- La capa de control de erosión tendrá un espesor mínimo de 6 pulgadas de material que sea capaz de sustentar el crecimiento de plantas nativas.

6.8 Nivelación y Recomendación

Los desperdicios sólidos serán re-compactados antes de aplicarles la cubierta final. Luego serán cubiertos con una capa intermedia de doce pulgadas del suelo existente en el lugar. Se nivelara el terreno manteniendo una pendiente de 2 a 5 por ciento en la superficie del terreno para facilitar la escorrentía. Encima de la capa intermedia se instalara la cubierta final según las especificaciones señaladas anteriormente.

6.9 Estabilización de Taludes

Los taludes o pendientes existentes serán estabilizados antes de aplicar la cubierta final. La inclinación de los taludes serán rebajadas manteniendo una pendiente de 3:1 (H:V). Además se mantendrá una franja desde el borde de esos taludes hacia el interior del SRS (bermas), donde no se permita depositar desperdicios sólidos.

6.10 Siembra de Vegetación

Luego de aplicar las veinticuatro pulgadas de cubierta final, se procederá a revestirla con vegetación. La vegetación será seleccionada de acuerdo a las características climatológicas del lugar.

6.11 Cierre y Post-Cierre

El cierre y post-cierre son las etapas que comienzan al finalizar la vida útil de un relleno sanitario. El cierre es necesario para estabilizar el sistema y asegurar la protección de la salud pública y del ambiente. El cuidado post-cierre provee mantenimiento de la cubierta final y del uso que se le haya dado al lugar.

El cierre consiste en la instalación de una cubierta final sobre los desperdicios sólidos. El espesor, gradiente, y grado de compactación de la cubierta son

varios factores importantes que dependen del uso propuesto para el lugar después del cierre. Para la colocación correcta de la cubierta se recomienda dos pies o más de cubierta final consistiendo de una capa inicial de dos pies de suelo relativamente impermeable seguido de una capa superficial de terreno fértil.

Después de la colocación de la cubierta, el área debe ser sembrada inmediatamente para prevenir la erosión. Para esto es necesario seleccionar el uso que dará al lugar. Usos potenciales para un relleno sanitario clausurado incluyen: parques de recreación, reservas naturales, refugio animal, campos de tenis o golf y lote de estacionamientos.

El cierre no es el paso final en el manejo y operación de un relleno sanitario. Se realizarán actividades de pos cierre cuyos componentes son instalación de un sistemas de monitoreo de gases y aguas subterráneas, mantenimiento de lagunas de retención de esorrentías, operación del sistema de recolección de lixiviados y mantenimiento de cubierta final. Es necesario el mantenimiento de cubierta de la cubierta final para compensar los asentamientos en el nivel de la misma. Esto es causado por los procesos de descomposición y compactación. Este asentamiento puede ser influenciado por la disponibilidad del agua y el espesor del material de cubierta. Los cuidados de post-cierre se implantarán hasta 30 años luego del cierre de la facilidad según lo requiere la Regla 802.1 de la RMDSNP.

6.12 Zona de Amortiguamiento

Las zonas de amortiguamiento son una parte esencial del diseño de los rellenos sanitarios debido a que sirven de barreras y áreas de transición entre la facilidad y sus alrededores. En la expansión lateral del SRS se mantendrá una zona de amortiguamiento en la cual la vegetación nativa será preservada tanto como sea posible. Se preserva la vegetación de dichas zonas para prevenir la erosión, el polvo fugitivo y el ruido. Además, la vegetación crea un efecto estético. Las plantas también sirven como barrera visual aislando el relleno sanitario de la vista externa. Si se requiere sembrar plantas en las zonas de amortiguamiento se utilizarán plantas nativas.

Un elemento importante del proyecto que deseamos resaltar es el mantenimiento de una zona de amortiguamiento de 260.9173 cuerdas que será conservada a perpetuidad. Esta zona de amortiguamiento se encuentra al Sur del predio y servirá como barrera para proteger al Bosque Estatal de Guánica y la misma ocupará un total de 43 por ciento del predio. Igualmente, existe un remanente al Oeste (dentro de la delimitación geográfica del Municipio de Guánica) del predio de aproximadamente 242.8069 cuerdas que se mantendrá de forma inalterada y no se propone ningún tipo de desarrollo en el futuro previsible.

7.0 CRITERIOS DE OPERACION

7.1 Horario de Operación

La expansión lateral del SRS de Yauco operará desde las 6:00 AM hasta las 6:00 PM de lunes a viernes y los sábados de 7:00 AM a 12:00 del mediodía. Las actividades internas de la instalación, tales como el mantenimiento de vehículos, cubierta de desperdicios, mejoras y mantenimiento del SRS pueden extenderse fuera del horario regular de operación.

7.2 Rotulación y Verja (Control de Acceso)

- ***Barreras de Acceso***

Para evitar la entrada al SRS de personas no autorizadas (rescatadores de desperdicios, etc.), existe una verja que delimita las colindancias del mismo y un portón para cerrar la entrada cuando el mismo no esté en operación. Los lados Este y Oeste y Suroeste se encuentran rodeados de barreras naturales (áreas montañosas). La instalación cuenta con vigilancia 24 horas al día.

- ***Portón de Control de Acceso***

La entrada del SRS cuenta con un portón que permanece cerrado cuando el SRS no está en operación. Se mantiene además, personal de seguridad para

el control de entrada a la instalación durante horas de operación, el cual tiene la responsabilidad de llevar a cabo el registro de entrada de desperdicios a la instalación. Una vez los desperdicios transportados son registrados y cotejados, los usuarios del SRS son dirigidos al área designada para la disposición de los mismos.

- **Rotulación**

El SRS tiene varios rótulos informando al público el horario de operación, las reglas y los cargos por disposición. También existen rótulos indicando el límite de velocidad y la ubicación del área de tiro.

7.3 Vías de Acceso

El acceso al SRS se logra por varias vías, pero en la actualidad se utiliza el camino municipal del Sector La Joya, a través de la Carretera PR-127, km. 0.6 Interior. El SRS utiliza una sola entrada y salida situada al lado Norte de la instalación, donde todo vehículo que entra a la misma se registra con el guardia de seguridad antes de ganar acceso al SRS para proceder con la disposición de los desperdicios.

Las vías de acceso son mantenidas regularmente por personal y equipo del SRS. Se mantiene una brigada de mantenimiento con el equipo pesado necesario para la limpieza periódica de las áreas de acceso a la instalación y las