



Estudio de Ingeniería Ambiental **EIA**
Santa Margarita **1518**
Rawson-Chubut **(9103)**
0280-4482384
0280-154413235/154668292
www.estudioeia.com

ADENDA DAP

**RELLENO PARA RESIDUOS
ORGÁNICOS DE LAS PLANTAS
DE PUERTO MADRYN Y
RAWSON, GRUPO CONARPESA**

SEPTIEMBRE 2018

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido

I.	DATOS GENERALES	4
I.1.	Nombre de la empresa u organismo solicitante	4
I.2.	Responsable técnico de la elaboración del proyecto	4
I.3.	Responsable técnico del documento ambiental	4
I.4.	Actividad principal de la empresa u organismo	4
I.5.	Marco legal, institucional y político	4
II.	UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA OBRA O ACTIVIDAD PROYECTADA	6
II.1.	Nombre del proyecto	6
II.2.	Naturaleza del proyecto	6
II.3.	Descripción general del proyecto	6
II.3.1.	Antecedentes y objetivos del proyecto	7
II.3.2.	Acciones privadas y públicas	7
II.3.3.	Regulaciones institucionales recientes	8
II.3.4.	La opción del relleno sanitario como solución	9
II.3.4.1.	Principios conceptuales en el empleo de rellenos sanitarios	12
II.3.4.2.	Requerimientos exigidos a los rellenos sanitarios	14
II.3.4.3.	Particularidades de los residuos a disponer	15
II.3.4.4.	Particularidades de nuestro clima	16
II.3.4.5.	Particularidades del sitio elegido	17
II.4.	Vida útil del proyecto	17
II.5.	Cronograma de trabajo	17
II.6.	Ubicación física de los sitios de trabajo del proyecto	18
II.7.	Superficie total	18
II.8.	Fotografías e imagen satelital del sitio	18
II.9.	Plano de distribución del proyecto y plano de localización de los sitios puntuales de intervención	22
II.10.	Colindancias del predio y actividades que se desarrollan en inmediaciones	22
II.11.	Situación legal del predio	23
II.12.	Obra civil para preparación del terreno y construcción	23
II.13.	Obras o servicios de apoyo a utilizar	23
II.14.	Documentación que se adjunta	24
III.	MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO	25
III.1.	Infraestructura de servicios requerida	30
III.2.	Vías de acceso (terrestres y de otra naturaleza)	31
III.3.	Requerimiento de mano de obra	31
III.4.	Equipo requerido para las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento de la obra proyectada	31
III.5.	Recursos naturales que serán utilizados en el proyecto	32
III.6.	Procesos industriales	32
III.7.	Materias primas	34
III.8.	Insumos	34

III.9.	Productos obtenidos	34
III.10.	Condiciones del ambiente laboral	34
III.10.1.	Ruido	34
III.10.2.	Vibraciones, Equipos generadores	35
III.10.3.	Carga Térmica Equipos	35
III.10.4.	Aparatos a presión	35
III.10.5.	Calidad de aire	35
III.11.	Residuos	36
III.11.1.	Sólidos (urbanos, industriales y peligrosos)	36
III.11.2.	Semisólidos	36
III.12.	Efluentes	37
III.12.1.	Fluidos provenientes del residuo y su descomposición	38
III.12.2.	Fluidos provenientes de aportes pluviales sobre el relleno o de escorrentías que confluyen al mismo	39
III.12.3.	Balances de fluidos del caso bajo análisis	40
III.13.	Emisiones a la atmósfera (fuentes fijas y móviles)	44
III.13.1.	Modelos o estimaciones propuestos por la USEPA	45
III.13.2.	Modelos o estimaciones propuestos o desarrollados en otros países	48
IV.	IDENTIFICACIÓN DE LOS EFECTOS E IMPACTOS PRINCIPALES DEL PROYECTO Y SU MITIGACIÓN	57
IV.1.	Efectos e impactos para la Fase 1: Adecuación del predio y construcción de trincheras	57
IV.1.1.	Replanteo de trincheras a construir; excavación, acopio de material extraído y construcción de zanjas de guardia para escorrentías	58
IV.2.	Efectos e impactos para la Fase 2: Desarrollo de la gestión del relleno sanitario	59
IV.2.1.	Traslado de los residuos hasta el relleno sanitario	59
IV.2.2.	Recepción y gestión de los desechos en las trincheras	61
IV.3.	Efectos e impactos para la Fase 3: Gestión del residuo estabilizado para su reúso	62
V.	PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL	67
VI.	PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL	70
VII.	BIBLIOGRAFÍA EMPLEADA PARA CONFECCIÓN DE LA DAP	73
VIII.	ANEXO INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	75

I. DATOS GENERALES

I.1. Nombre de la empresa u organismo solicitante

Nombre o razón social: AGROPEZ S.A.

Correo electrónico: nadine@conarpesa.com.ar

Teléfono: 0280-154510503

I.2. Responsable técnico de la elaboración del proyecto

Vale lo descripto por LOZA, DI NANO & ASOC.

I.3. Responsable técnico del documento ambiental

Nombre o razón social: Bioquímica Adriana Claudia Sanz, Estudio de Ingeniería Ambiental (EIA)

Número de Registro Provincial de Prestador de Consultoría Ambiental: 119

Disposición de registro N°: 141/15 (Certif. 56/18)

Domicilio: Santa Margarita 1518 (9103) Rawson, Chubut

Domicilio para notificaciones: Santa Margarita 1518 (9103) Rawson, Chubut

Teléfono: 0280 4482384 // 0280 154413235

Correo electrónico: asanz@estudioeia.com

eiambiental@yahoo.com.ar

I.4. Actividad principal de la empresa u organismo

La empresa se dedicará a la operación y mantenimiento de un sitio de relleno sanitario de residuos orgánicos proveniente de la industria alimenticia.

I.5. Marco legal, institucional y político

Se aclara que el proyecto, contrariamente a lo expresado en la DAP presentada por LOZA, DI NANO & ASOC., carece de vinculación alguna con algún tipo de manejo de residuos peligrosos.

Tanto durante la etapa de construcción como en la operación del mismo, no se prevé la generación, manipulación, tratamiento o disposición final alguna, de los residuos citados. Razón por la cual, la Firma no se encuentra tramitando la inscripción como generador de residuos peligrosos, ni trasladando o acondicionando el sector de acopio de éstos.

El marco de las normativas legales en que se encuadra la presente Descripción Ambiental del Proyecto (DAP), corresponde al Código Ambiental de la Provincia del Chubut o Ley XI N°35, la que ha sido regulada en lo específico de la materia que compete al presente trámite, por el Decreto N°185/09 ANEXO II y modificatorio 1476/11 y el Decreto 1003/16.

Asimismo, por su ubicación fuera de los ejidos municipales, así como por el carácter de reuso de los residuos previsto, respeta las determinaciones adoptadas en las mismas (Ord. 9770), de prohibición de enterramiento del tipo de residuos que procesará.

II. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA OBRA O ACTIVIDAD PROYECTADA

II.1. Nombre del proyecto

El proyecto, corresponde a la construcción, y operación de instalaciones destinadas al relleno sanitario de residuos orgánicos de la industria alimenticia, con el objeto de mineralizar la materia orgánica contenida y proceder a su reuso.

Se lo identifica como RELLENO PARA RESIDUOS ORGÁNICOS DE LAS PLANTAS DE PUERTO MADRYN Y RAWSON, GRUPO CONARPESA.

II.2. Naturaleza del proyecto

Vale lo descripto por LOZA, DI NANO & ASOC., a excepción de que se prevé el reuso del residuo mineralizado como mejorador de tierras, dentro del predio propiedad de la empresa, en donde se procederá a generar plantaciones de álamos y eucaliptos o bien para abastecer con dicho material a terceros que así lo requieran.

II.3. Descripción general del proyecto

Debido a las contradicciones existentes en este apartado, se modifica lo presentado por LOZA, DI NANO & ASOC., quedando como válido el siguiente texto:

El proyecto que se analiza, se basa en la construcción de instalaciones destinadas a lograr la mineralización de la materia orgánica contenida en los residuos derivados de la pesca, material que luego se reusará como enmienda orgánica.

Esta descomposición anaeróbica, se prevé que sea realizada a través de la práctica de un relleno sanitario en esquema de zanjas o trincheras.

El emprendimiento reconoce su sustento en la necesidad de responder a una demanda de la actividad industrial alimenticia de nuestra zona, principalmente de la actividad pesquera, quienes generan desechos cuya disposición final se ha venido realizando no siempre de la mejor forma, en lo que respecta a lo ambiental.

Es decir que el objetivo del proyecto que nos ocupa, cuenta con antecedentes, acciones e iniciativas privadas y públicas tendientes a regularizar la gestión de los residuos en cuestión y regulaciones públicas creadas en igual sintonía.

Los apartados que siguen describen estos aspectos, que le ponen marco al emprendimiento cuya DAP se presenta, así como exponen, antecedentes de otras latitudes, principios conceptuales e ingenieriles y las particularidades de la tecnología adoptada, en relación con nuestro clima, con el sitio elegido y con el tipo de residuos a gestionar. Todo lo cual sirve de base para el desempeño adecuado del relleno sanitario propuesto.

II.3.1. Antecedentes y objetivos del proyecto

Sabido es que, toda industria cuenta con desechos, tanto líquidos, como sólidos y semisólidos, que debe tratar y disponer en forma ambientalmente segura.

La actividad pesquera, genera gran cantidad de residuos sólidos de proceso, los que alcanzan a representar un volumen muy importante de la totalidad de la materia prima procesada diariamente.

Particularmente hablando, las pesqueras de la zona de influencia del proyecto, que procesan langostinos mayormente, presentan esa situación, a la que han venido haciendo frente, a través de la disposición de estos desechos en los basurales municipales.

Esta conjunción de esfuerzos, caracterizada por un lado por las empresas abonando cánones fijados por algunos municipios y por otro, las administraciones comunales operando los sitios en cuestión, no brindó los resultados esperados, dando lugar a una gestión en algunos casos inadecuada y que puso en discusión, a través de interpretaciones de variada naturaleza, la conveniencia de esta metodología inadecuadamente operada, hasta a llegar al absurdo de cuestionar su misma concepción, así como su validez ambiental y técnica.

II.3.2. Acciones privadas y públicas

Frente a la aparición de basurales descontrolados por su mala gestión, con proliferaciones de insectos y gaviotas en estos sitios y tras la búsqueda de

soluciones superadoras, tanto desde el ámbito privado, como desde el gubernamental, se impulsaron medidas de diferente naturaleza.

Por contar estos residuos con alícuotas de proteínas y demás nutrientes con posibilidades de transformación, por ejemplo, en materias primas de alimentos para animales, se propició su mantenimiento dentro de la cadena de elaboración alimenticia, intentando el procesamiento de los desechos y su transformación en harinas de pescado. Así fue que, se recuperó el funcionamiento de una vieja planta harinera de la ciudad de Puerto Madryn, se alentó y solventó económicamente la idea desde el sector industrial pesquero, el que apostó por anticipado al efectivo arranque de tal fábrica de harina, a cambio del procesamiento de los residuos generados en sus plantas elaboradoras de langostino. Lamentablemente, la conjunción de múltiples factores, ha conspirado contra esta valiosa idea y en la actualidad, la planta harinera cuenta con frecuentes salidas de operación que dejan al sector industrial pesquero, al haber sido cerrados los basurales municipales, sin sitio de colocación de sus residuos sólidos.

A partir de esta crítica situación, surge la idea de la empresa responsable del presente proyecto, de habilitar en un sitio propio, adecuado a las necesidades del caso, un predio para realizar tareas de relleno sanitario para compostaje, según las prácticas y procedimientos indicados ambientalmente para ello.

II.3.3. Regulaciones institucionales recientes

La definición conjunta, entre Municipios y Estado Provincial, de la prohibición de enterramiento de residuos en los ejidos municipales, ha valido como disparador de la búsqueda de otras alternativas. Tal determinación, posiblemente fundada en la promoción de actividades orientadas al aprovechamiento de un recurso que se desecha, sentó bases para sostener sin un justificativo técnico contundente, que la operatoria del enterramiento de residuos, aun realizada con los debidos recaudos ambientales, no resulta admisible.

En tal sentido, la presente DAP habrá de ocupar ciertos párrafos para sostener y demostrar que aquello no es así, toda vez que la técnica de relleno sanitario, es de aplicación contemporánea en forma exitosa en varios lugares del planeta y que los estudios que le dan sustento, lo hacen con éxito tanto técnica, como económica

y ambientalmente, precisamente para ambientes como los de nuestra zona y sitios como el elegido por el proyecto que nos ocupa.

II.3.4. La opción del relleno sanitario como solución

Debemos calificar al relleno sanitario como una práctica apta para la disposición de residuos sólidos, empleada en múltiples lugares del mundo, algunos de los cuales son de los reconocidos como naciones potencias.

Muchos autores coinciden en mencionar que *“los residuos sólidos, o lo que queda de ellos en alguna forma, deben quedar en tierra”*¹. Y así, por ejemplo se registra hasta no hace mucho, que las dos terceras partes de los RSU de EEUU se enterraban². De tal manera, en nuestros días y en nuestro medio inclusive, se siguen destinando a este tipo de disposición final por enterramiento, importantes proporciones de los residuos que las comunidades generan en su actividad cotidiana.

De más está decir que los RSU, merecen una atención, por sus características constitutivas en materia de presencia de potenciales contaminantes, distinta y superior a la que reclaman los residuos orgánicos industriales de la actividad alimenticia, a que está dirigido el relleno sanitario que propicia el proyecto que nos ocupa.

La bibliografía^{3, 4 y 5} y la práctica, llevan a expresiones tales como que *“El relleno sanitario, como método de disposición final de los desechos sólidos urbanos, es sin lugar a dudas la alternativa más conveniente para nuestros países”,* o, *“hasta la fecha, el Relleno Sanitario es la técnica que mejor se adapta a nuestra región para disponer de manera sanitaria las basuras, tanto desde el punto de vista técnico como económico”*⁴. Asimismo, otros autores sindicaron a los rellenos sanitarios como *“instalaciones especialmente diseñadas para no causar riesgo para la salud o la seguridad pública, ni perjudicar el ambiente durante su operación o*

¹ J. Glynn Henry y Gary W. Heinke; “INGENIERÍA AMBIENTAL” 2da ed. Prentice Hall; 1996

² U.S. EPA 1992

³ Eva Röben, Servicio Alemán de Cooperación Social- Técnica (Deutscher Entwicklungsdienst) y Municipalidad de Loja Ecuador, Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales 2002

⁴ Estructurplan On Line; Disposición Final, Principios básicos de un relleno sanitario;
<http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=760>

después de su clausura”⁵.

También, en el análisis pormenorizado de la técnica en cuestión se reseñan una serie de ventajas y desventajas entre las que se mencionan las que se detallan a continuación, sobre las que se realizan consideraciones relacionadas con el presente proyecto y otros de similares características.

Entre las ventajas se subrayan:

- *Mayor protección del ambiente, respecto del método de vertedero descontrolado.* El enterramiento que se pretendía realizar en las órbitas municipales de la zona, constituían verdaderos vertederos descontrolados, en tanto que lo que se propone con el proyecto es la construcción y operación de un relleno sanitario, para su posterior aprovechamiento como material a aplicar sobre suelos pobres.
- *Por sus bajos costos de operación y mantenimiento, presenta ventajas económicas respecto de cualquier otra forma de tratamiento.*
- *La inversión inicial de capital es inferior a la que se necesita para implantar cualquiera de los métodos de tratamiento: transformación en harina, incineración, extracción de quitina, otras.*
- *Molestias al medio circundante prácticamente inexistentes cuando se elige un sitio adecuado, aun cercano a centros poblados.*
- *Genera empleo de mano de obra no calificada, disponible en abundancia en los países en desarrollo como el nuestro.*
- *Su lugar de emplazamiento puede estar tan cerca al área urbana como lo permita la existencia de lugares disponibles, reduciéndose así los costos de transporte y facilitando la supervisión por parte de la comunidad.*
- *Permite recuperar terrenos que hayan sido considerados improductivos o marginales.*
- *Puede comenzar a funcionar en corto tiempo como método de eliminación.*
- *Se considera flexible, ya que no precisa de instalaciones permanentes y fijas, y también debido a que está apto para recibir mayores cantidades adicionales de desechos con poco incremento de personal.*

⁵ Silvana Irene Torri; ¿Qué es un relleno sanitario?; Departamento de Recursos Naturales y Ambiente, Facultad de Agronomía, UBA, 2017

Por su parte, entre las desventajas se citan

- *La adquisición del terreno constituye la primera barrera para la construcción de un relleno sanitario, debido a la oposición que se suscita por parte del público. Situación inexistente en el caso de este proyecto, ocasionada en general por factores tales como:*
 - La falta de conocimiento sobre la técnica del relleno sanitario.
 - Asociar el término "relleno sanitario" (técnica que se pretende emplear) al de un "botadero de basuras a cielo abierto" (técnica que se empleó y aun se emplea en algunos municipios de la zona).
- *Los predios o terrenos situados alrededor del relleno sanitario pueden devaluarse. Condición superada en el proyecto, por cuanto toda la tierra circundante pertenece al mismo propietario, lo que no afecta económicamente a terceros y se encuentra a más de 40 km del primer centro urbano.*
- *Existe un alto riesgo de transformarlo en botadero a cielo abierto por la carencia de voluntad política de las administraciones municipales, ya que se muestran renuentes a invertir los fondos necesarios para su correcta operación y mantenimiento. Situación experimentada en la zona, que se prevé superar a partir de la responsabilidad asumida por la empresa privada responsable del proyecto.*
- *Existen limitaciones para construir infraestructura pesada sobre las trincheras usadas, por los mencionados asentamientos y hundimientos después de cerrada cada fosa. No se piensa realizar este tipo de construcciones en el sitio a emplear, una vez finalizado su uso.*
- *En rellenos sanitarios de gran tamaño conviene analizar los efectos del tráfico vehicular, sobre todo de los camiones que transportan los residuos por las vías que confluyen al sitio, ya que producen polvo, ruido y material volante. En este caso, el proyecto no genera tránsito vehicular en zonas urbanas, sino que lo hace en sectores eminentemente rurales o rutas asfaltadas.*
- *Pueden generar impacto negativo en el vecindario por malos olores que pueden emanar del relleno. No existe vecindario, en el predio del proyecto, que pueda verse afectado en este sentido.*
- *Los vertederos pueden generar lixiviados, que podrían dañar el medio*

ambiente si alcanzan la capa freática, por lo que su control es crítico. Tales lixiviados, como se demostrará más adelante, por las condiciones climáticas, signadas por escasas lluvias y alta tasa de evaporación neta anual, así como por el bajo contenido de agua del residuo, no habrán de alcanzar el acuífero, que además se sitúa a más de 30 m bajo el nivel inferior de las zanjas de disposición de los desechos, según los estudios geofísicos efectuados por el geólogo E. Bianchi⁶.

- *Se requiere un monitoreo luego de la clausura del relleno sanitario, no solo para controlar los potenciales impactos ambientales negativos, sino también para evitar que la población use el sitio indebidamente. Los controles se llevarán a cabo según corresponda y el sitio no contará con acceso de la población por su distanciamiento y su condición interna al predio de la empresa. Asimismo, el material mineralizado se prevé ser usado como enmienda.*

A partir de los aspectos expuestos en forma resumida, pueden visualizarse las ventajas y desventajas del método elegido por el proyecto, que en posteriores apartados se ampliarán y fundamentarán técnicamente, considerando a la opción del relleno sanitario como adecuada para los objetivos del emprendimiento.

II.3.4.1. Principios conceptuales en el empleo de rellenos sanitarios

Durante la presente descripción ambiental, se presentan los conceptos básicos del empleo de los rellenos sanitarios para la disposición de RSU y se realizan las consideraciones de los mismos respecto del caso que nos ocupa, cual es la disposición de un desecho puramente orgánico, con características específicas, proveniente de la actividad industrial alimenticia y distintas de las de un RSU. En tal sentido, se menciona que la técnica de relleno sanitario debe marcar las diferencias que le dieron origen, como una instancia superadora de los "vaciaderos" o "basurales a cielo abierto descontrolados". Se debe considerar a través de aspectos tanto constructivos como operativos, los que deben responder a las condiciones de **calidad** y **cantidad** del residuo a disponer, así como a las

⁶ PLANIFICACIÓN RED DE MONITOREO, CONTROL DE PERFORACIONES, DISEÑO DE POZO, CONARPESA S.A., Agosto 2018

características del emplazamiento elegido y a las condiciones **climáticas** particulares del sitio de localización.

Las singularidades mencionadas, son las que han generado a lo largo de los años de su empleo, intentos de reglamentaciones, que resultaron inadecuadas debido a que las mismas han sido arbitrarias o se basaron en estudios realizados en otro lugar. Por ejemplo la reglamentación de California (EEUU), exige que se ubiquen los rellenos sanitarios a cierta distancia mínima del nivel freático máximo y a una distancia también mínima de los sitios de utilización de agua, lo cual tiene sentido allí, donde la evaporación es mayor que la precipitación pluvial y con ello alcanza para proteger las aguas subterráneas contra la intrusión del lixiviado ⁷ (el que, por otra parte, en ciertos casos de esta condición, no alcanzan a saturar los suelos y a contar con potencial para su fluencia). En igual sentido, lo resuelto para el caso mencionado de California, es seguro que no resulte exitoso en climas que presenten niveles de lluvias altos o regímenes de evaporación neta deficitarios, donde la necesidad de una custodia de los lixiviados lleva generalmente a la exigencia de implementación de impermeabilizaciones de los reservorios mediante membranas plásticas o geomembranas⁶. Igual determinación suele adoptarse cuando el máximo nivel de la capa freática se halla a escasos metros de la base del relleno (generalmente a 3 m o menos de eso).

Igualmente presentan ciertos déficits las regulaciones realizadas en base a la determinación de rangos de permeabilidades para los suelos que son soporte de los rellenos, ya que, si bien un suelo de baja permeabilidad (por ejemplo del orden de 10^{-8} m/s) restringe el movimiento de los lixiviados, en áreas húmedas, podría permitir que los lixiviados se acumulen conjuntamente con las aguas pluviales y, tarde o temprano liberar a estos líquidos afectando las aguas subterráneas.

También las regulaciones a través de la distancia a fuentes de uso de aguas, no tienen sentido si no se relacionan con la permeabilidad y las calidades de los suelos en el sitio de implantación del relleno y en sus inmediaciones. Estudios específicos han demostrado que más del 99 % de la remoción de sólidos disueltos, se produce en 17 ft (5m) de arcilla cenagosa; mientras que son necesarios 200 m de recorrido

⁷ J. Glynn Henry y Gary W. Heinke; “INGENIERÍA AMBIENTAL” 2da ed. Prentice Hall; 1996

de intercambio para reducir el 90% de tales sólidos disueltos cuando el suelo está compuesto de arenas cenagosas⁸.

Todo lo comentado viene a demostrar, que **cualquier reglamentación que pretenda hacerse respecto de los rellenos sanitarios debe considerar centralmente una serie de factores que relacionan a los posibles aspectos ambientales de los mismos (definidos corrientemente por el residuo a disponer y el tipo, construcción y operación de relleno adoptado) con el medio suelo en que se implantan, con la ubicación relativa de la capa freática y con las características del clima del lugar.**

Lo anterior, además de no resultar la práctica común, es reemplazado corrientemente por "recetas técnicas" que obvian estudios tales como:

- Evaluación de las características de los residuos a disponer (cantidades; densidad del residuo que se recibe; contenido de humedad en peso y volumen del residuo que se recibe; densidad del relleno apisonado; contenido de humedad en volumen del relleno apisonado).
- El estudio del sitio en base a imágenes satelitales y planimetrías.
- El relevamiento en terreno para detallar cuestiones de topografía y drenajes.
- El relevamiento de información existente respecto de estratigrafías de suelos y perfiles litológicos.
- Acopio de información básica de tipo climático (precipitación media anual; evaporación; balances hídricos de precipitaciones; temperaturas medias y máximas/mínimas; heliofanía).

Tal como se verá más adelante, en el caso del presente emprendimiento, se recorrerán estos conceptos para determinar los parámetros de diseño y funcionamiento del relleno sanitario.

II.3.4.2. Requerimientos exigidos a los rellenos sanitarios

Para alcanzar una adecuada definición de un relleno sanitario, tomando como base la información descrita en el párrafo anterior, se debe proceder a cumplimentar

⁸ Hughes y Cartwright, 1972

una serie de pasos de trascendencia, que delimitan los alcances del diseño técnico a desarrollar. Entre tales pasos pueden mencionarse los siguientes:

- Capacidad de operación del relleno (máxima carga volumétrica a procesar)
- Selección de la tecnología a emplear (de área; en trincheras o zanjas; mixta; manual o mecánica)
- Selección del sitio de emplazamiento (en base a características geológicas, hidrogeológicas, económicas y operativas)
- Metodología de cierre progresivo y total
- Plan de control y seguimiento ambiental

Al momento de alcanzar el apartado III de la presente DAP (Memoria Descriptiva del Proyecto), estos pasos se describirán para una mejor interpretación de la solución elegida.

II.3.4.3. Particularidades de los residuos a disponer

De acuerdo a lo que ya se ha delineado acerca de los factores que regulan las necesidades de diseño de un relleno sanitario, uno de los aspectos fundamentales a considerar es el tipo de residuos a disponer en el mismo.

El relleno que nos ocupa, estará destinado a los residuos sólidos orgánicos emergentes de la actividad pesquera de la zona. La calidad eminentemente orgánica y de fácil descomposición de los mencionados residuos a recibir, descarta la presencia en los líquidos liberados por los mismos, de alícuotas de metales pesados, o compuestos tóxicos como los que suelen presentarse en los RSU⁹.

Los lixiviados de estos residuos podrán tener interacción con el suelo, provocando la liberación de algunos de sus constituyentes, pero dicho arrastre no contará con aportes extras a lo contenido naturalmente en los suelos, al tiempo que, como se podrá observar más adelante, los volúmenes de fluidos liberados, difícilmente saturan los suelos inmediatos al relleno, con lo que no tendrán potencial hidráulico para trasladarse verticalmente, todo ello ayudado por las condiciones climáticas de nuestro medio.

⁹ Greenpeace; “Resumen de los impactos ambientales y sobre la salud de los rellenos sanitarios”; Campaña Contra la Contaminación, Tercera revisión: Septiembre 2008

II.3.4.4. Particularidades de nuestro clima

El factor climático representa una condición de borde de suma importancia en la adopción de la tecnología de relleno sanitario a adoptar, circunstancia que sumada a las propiedades de los suelos y a la distancia de la capa freática, determinan tanto la necesidad o no de adopción de barreras geológicas, de capas minerales de base, o la implementación de impermeabilización por membranas¹⁰.

Para el caso en estudio, la condición de clima seco, con escasas precipitaciones anuales (inferiores a 200 mm/año) y evaporaciones netas de elevados valores (superiores a los 1000 mm/año), representan un déficit hídrico de suma importancia en el diseño y funcionamiento del relleno sanitario.

Una de las principales preocupaciones alrededor de los rellenos sanitarios, la conforma:

- la producción de lixiviados en el material depositado, una parte de éstos proveniente de los propios residuos y su descomposición,
- y particularmente en las áreas de mucha humedad y alto índice de precipitaciones, a partir de la infiltración por deposición directa o escorrentías, de aguas de lluvia sobre el material depositado en el relleno, durante o una vez cerrada la unidad de recepción de residuos.

Como se demostrará en los apartados que siguen, en nuestro caso la condición climática se muestra favorable y define que los aportes de agua de lluvia son de incidencia despreciable, sobre todo si se realiza un diseño tendiente a evitar escorrentías superficiales que aporten aguas a los depósitos.

Por lo expuesto, los líquidos lixiviados se reducen a los contenidos de agua del material recibido y a la descomposición orgánica que libera fluidos, todos los cuales se encuentran limitados por la calidad y cantidad del residuo recibido, lo que permite realizar los cálculos de avance del frente de lixiviados y de sus velocidades y distancias de desplazamiento, que se muestran en los apartados específicos del proyecto de más adelante.

¹⁰ Eva Röben, Servicio Alemán de Cooperación Social- Técnica (Deutscher Entwicklungsdienst) y Municipalidad de Loja Ecuador, Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales 2002

II.3.4.5. Particularidades del sitio elegido

Es de suma relevancia en el diseño de un relleno sanitario, el sitio en que el mismo se habrá de localizar.

La bibliografía menciona que cuestiones como el acceso al sitio, la distancia de amortiguamiento del mismo respecto de zonas pobladas, el cercado, la construcción de zanjales de guardia para evitar escorrentías y otros aspectos del diseño relacionados con la localización física del relleno sanitario, son muy variables¹¹, pero ciertos autores (Tchobanoglous y otros) han sugerido algunas pautas generales tales como:

- La localización debe encontrarse preferentemente en terrenos de bajo costo
- La distancia de transporte del residuo a recibir debe ser económica
- Debe contar con acceso todo el año
- Y es conveniente una ubicación al menos a 1500 m en la dirección de los vientos predominantes respecto a los vecinos residenciales y comerciales.

El sitio conviene que se encuentre en capacidad de cubrir la tasa de recepción de residuos por espacio de tres años como mínimo y estar nivelada y despejada de arboledas, todos aspectos estos que cubre, con creces el lugar elegido para el presente proyecto.

II.4. Vida útil del proyecto

Se tiene previsto, para la actividad que se analiza en la presente DAP, una vida útil de 40 (cuarenta) años.

II.5. Cronograma de trabajo

Tanto por la sencillez del proyecto a concretar, como por las magnitudes de residuos a disponer, las actividades comprendidas en el cronograma de trabajo, son escasas y poco variadas.

¹¹ J. Glynn Henry y Gary W. Heinke; "INGENIERÍA AMBIENTAL" 2da ed. Prentice Hall; 1996

Básicamente las mismas alcanzan las acciones de carácter constructivas del relleno sanitario en su modalidad de zanjas o trincheras; las habilitaciones exigidas para el emprendimiento; y el inicio de la actividad como relleno sanitario.

Posteriormente y a partir del primer año de degradación de la materia orgánica, se procederá al retiro del material degradado para su mezcla con residuos de poda y posterior uso como mejorador de suelos.

II.6. Ubicación física de los sitios de trabajo del proyecto

Vale lo descripto por LOZA, DI NANO & ASOC.

II.7. Superficie total

Vale lo descripto por LOZA, DI NANO & ASOC.

Es de mencionar, que la superficie a ocupar habrá de ser de intervención en forma continua y exclusiva por parte del proyecto, no destacándose la existencia de áreas de uso circunstancial o temporal ni sectores compartidos con la actividad que se desarrolla en el resto del campo citado.

II.8. Fotografías e imagen satelital del sitio

Las imágenes satelitales del lugar, se adjuntan a continuación.



Figura 1: *imagen satelital general de la zona bajo estudio*

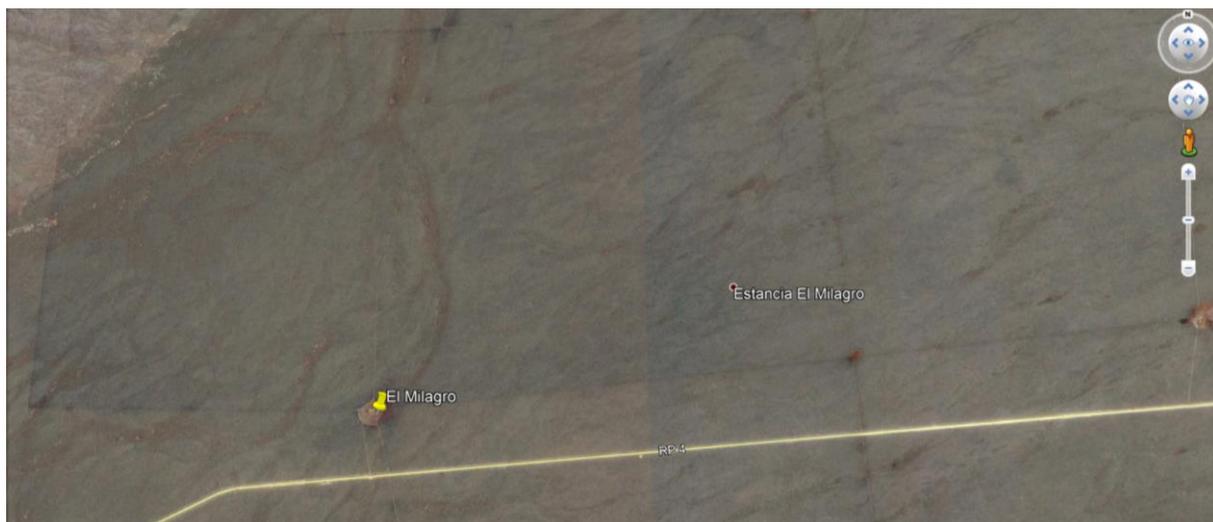


Figura 2: imagen satelital de detalle de la zona donde se ubica el proyecto

Por otra parte, se agregan seguidamente, tomas fotográficas panorámicas, desde donde se pueden visualizar las tres zonas destinadas a la construcción de trincheras (fotos 1 a 3). Las mismas ya se encuentran desmalezadas para su posterior uso.





Las fotografías que siguen, exhiben la casa del encargado e instalaciones auxiliares (galpón de herramientas, caseta de generador eléctrico, otros).



Por último, se visualizan fotos que muestran el acceso al establecimiento, el que tiene vallado de inhibición de paso. Puede notarse asimismo la inexistencia de edificaciones próximas al predio, estando ubicado en un área eminentemente rural.



II.9. Plano de distribución del proyecto y plano de localización de los sitios puntuales de intervención

Vale lo descripto por LOZA, DI NANO & ASOC.

II.10. Colindancias del predio y actividades que se desarrollan en inmediaciones

Vale lo descripto por LOZA, DI NANO & ASOC.

II.11. Situación legal del predio

El campo de un total de 10.000 ha pertenece a la firma AGROPES S.A.

II.12. Obra civil para preparación del terreno y construcción

Para la construcción de las instalaciones del relleno sanitario, se debieron practicar tareas de preparación del terreno de carácter menor en razón de que el sitio se encontraba nivelado naturalmente y con escasa cantidad de malezas o interferencias a las acciones de replanteo de las obras de movimiento de suelos que comprende la construcción de las zanjas o trincheras de disposición. Asimismo, se llevaron a cabo, en forma concomitante, los trabajos de preparación de accesos hasta el sitio de trabajo y dentro del mismo, para lograr que los vehículos de carga realicen su trabajo, cómodamente en el lugar.

En igual sentido, se realizaron remodelaciones de la vivienda a ocupar por el encargado del predio, reparación de galpones auxiliares y de la caseta donde se ubicará el equipo generador eléctricos a emplear, acondicionamiento de la cisterna de agua de consumo, otras.

En razón de que todas estas tareas de preparación del terreno y finalizaciones de instalaciones, se circunscribieron a los espacios alcanzados por los límites del predio de la propia empresa, se efectuaron con los debidos resguardos, al solo efecto del ordenamiento de los sectores en que se actuó y de la seguridad laboral e higiene propia de la actividad, ya que todas las obras estuvieron enmarcadas dentro de la propiedad privada.

II.13. Obras o servicios de apoyo a utilizar

Debido a las características de los trabajos, así como a la localización del emprendimiento, existen servicios de apoyo, como es el caso del agua potable y la energía eléctrica, que deberán ser implementados y operados en forma autónoma por la empresa.

Lo anterior se motiva en que en la localización en que el emprendimiento se sitúa, tales servicios no llegan.

Respecto de los RSU generados en la etapa de operación por el personal, debido a su escasa cuantía, serán colectados en tachos con tapa y transportados a la ciudad de Puerto Madryn para ser dispuestos como el resto de los RSU de la ciudad.

II.14. Documentación que se adjunta

Vale lo descripto por LOZA, DI NANO & ASOC.

III. MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO

Este proyecto contempla la construcción y operación de un relleno sanitario bajo la modalidad de zanjas o trincheras, destinado a recibir los residuos orgánicos industriales del sector alimenticio, proveniente de la actividad pesquera.

Luego que el residuo fuera mineralizado por digestión anaeróbica, será empleado según demanda, como enmienda orgánica.

Por su parte, los trabajos involucrados en el proyecto, pueden dividirse en fases que comprenden las tareas y subtaréas que se listan a continuación:

- a. Adecuación del predio para la construcción y operación de rellenos sanitarios en trincheras
 - a.1. Preparación del predio
 - a.2. Construcción de trincheras o zanjas de disposición
- b. Operación y mantenimiento de la actividad de mineralización de residuos
 - b.1. Concreción del ciclo de recepción de residuos, compactación, tapado y construcción de nuevas trincheras
- c. Retiro del material mineralizado, mezcla con material de poda, reuso en suelos
- d. Plantación de álamos y eucaliptos, riego con efluente industrial tratado

a1. Preparación del predio

Como se puede observar en las fotografías de los apartados anteriores, el predio se ubica en el interior de un campo, razón por la cual fue menester consolidar caminos para acceder al mismo, nivelar y desmalezar el sitio elegido, cercar y acondicionar próximo al lugar de ingreso las dependencias de control y operativas.

a2. Construcción de trincheras

La metodología para la construcción de trincheras de recepción de residuos, se efectuará mediante el uso de máquina topadora, extrayendo el material y disponiéndolo de manera que quede en reserva para su empleo en el tapado diario del material recibido al finalizar la jornada de trabajo.

Las trincheras se profundizarán hasta alcanzar una profundidad aproximada a los 2,0 a 2,5 m bajo el nivel del terreno natural (bntn), manteniendo en sus laterales

cierta pendiente del suelo, para evitar que eventuales aguas de lluvia corran hasta su interior, por escorrentías, desde otros sitios del predio.

Las mismas tendrán un ancho de 3,0 metros por un largo de 50,0 metros

b1. Concreción del ciclo de recepción de residuos, compactación, tapado y construcción de nuevas trincheras

Una vez que se cuenta con la trinchera en condiciones de recibir residuos, se comienza con su llenado a través del vuelco en su interior, del desecho que se va recepcionando en el relleno. Para ello, los volquetes o camiones que transportan el material irán descargando en el interior de la trinchera, desde uno de sus extremos longitudinales, llenando, lo más homogéneamente posible la cavidad del recinto.

Se tiene previsto descargar durante los meses de temporada baja una cantidad de 25m³/día de residuos pesqueros entre las dos plantas pertenecientes al Grupo CONARPESA (4.500 m³/semestre), siendo el volumen promedio a tratar diariamente durante los meses de temporada alta de 40 m³/día (7.200 m³/semestre). Esto generará un volumen anual a degradar de 11.700 m³ de residuos pesqueros/año.

Para la reducción de volumen y el consiguiente aprovechamiento al máximo de la capacidad de la trinchera, una vez recibida cierta cantidad conveniente de residuos, se podrá proceder a su compactación a través de la circulación, sobre el desecho, con la máquina a emplear en el tapado del material con tierra.

Una vez compactado el residuo, se lo tapará como mínimo diariamente con material del suelo extraído en la preparación de la trinchera, con cargas de entre 0,3 y 0,4 m de espesor, para una vez alcanzado el nivel del terreno natural, proceder al tapado final con el material de la excavación de la trinchera, alcanzando una cobertura de al menos, 0,4 m de espesor, compactando con maquinaria pesada.

Una vez finalizada la cobertura de la trinchera usada, se recubrirá la superficie de la misma con terreno natural, generando un montículo abovedado de no menos de 50 cm por encima del nivel del terreno, que asegure por un lado la nivelación

al momento de la reducción posterior del volumen del relleno y por otro evitar el aporte de aguas pluviales al sector relleno.

Paralelamente a estas actividades, comienza un nuevo ciclo con la construcción, por excavación, de nuevas trincheras a emplear.

c1. Retiro del material mineralizado, mezcla con material de poda, reuso en suelos

Respecto de la operatoria de extracción y manejo del material estabilizado para su reúso, la misma constará de la identificación del sitio a intervenir, delimitándolo según la necesidad de volumen de residuo a procesar, despejando también dicho sitio a efectos de eliminar todo tipo de interferencia con las tareas de extracción a realizar.

Se preparará en proximidades e inmediaciones del sitio de extracción, un playón de suelo compactado para recibir las partidas de material a procesar para su reutilización como fertilizante y mejorador de suelo (se prevé una superficie de entre 75 y 100 m² de extensión, suficiente para recibir holgadamente los materiales a tratar, permitiendo el desenvolvimiento de la maquinaria de tipo vial a emplear).

Con tales condiciones operativas acondicionadas, se realizará el destape del sitio de depósito del material a utilizar, a través del empleo de retroexcavadora/cargadora, método éste de seguridad ya probada, en las actividades de toma de muestras del material estabilizado para su comprobación de calidad analítica.

Los volúmenes necesarios de empleo, resultantes del cálculo de calidad necesaria para la función de fertilización a que se destinará el material, se depositarán sobre el playón de mezcla, donde se agregará la cantidad de componente suelo, que será resultante de los cálculos ponderales de composición del producto fertilizante buscado.

Contando en la platea de trabajo, con las cantidades de formulación, de los referidos materiales (suelo natural, residuo mineralizado y restos de poda), se realizará su mezclado mediante volteo con pala cargadora y una vez

homogeneizado el conjunto de material resultante, se comenzará su traslado hasta los sitios de uso que, inicialmente en el proyecto, serán los de implementación de plantaciones de álamos y eucaliptos.

La estimación de las proporciones entre el material estabilizado, restos de poda y suelo pobre, tiene una dependencia muy estrecha con el tipo de fertilizante que se necesita preparar, puesto que tal formulación es resultado de la consideración del cultivo a que estará destinado y del suelo que lo recibirá.

Sin perjuicio de ello, y a título ilustrativo, se informa que por ejemplo, para un uso del material como fertilizante, para el destino que habrá de tener en el uso cautivo del proyecto (inicialmente asociado a la forestación), una mezcla entre suelo pobre y el material extraído del relleno, resultante de los datos analíticos experimentales procedentes de un relleno similar al que nos ocupa, reclamaría una relación próxima a 15/1 de suelo/material estabilizado (V/V)¹². Se recomienda ajustar este valor tentativo al momento de iniciar las tareas de remoción del material estabilizado, luego de un año de degradación anaeróbica.

Asimismo, las partidas que se formulen para destinos no cautivos, se proyecta entregarlas a granel por camionadas que serán retiradas del establecimiento en vehículos habilitados y acondicionados con lonas para el tapado de la carga, en el traslado hasta su destino.

El cronograma de trabajo a establecer para las tareas de reúso del residuo, parten desde el momento en que el mismo se encuentra suficientemente estabilizado para su empleo como fertilizante.

Debido a que tal plazo, que responde a un equilibrio entre la estabilización total del residuo y la no generación desmedida de gases por parte del proceso de descomposición se ha establecido en el término de un año, se entiende que las tareas de recuperación y reúso podrán dar comienzo a finales del 2019, oportunidad en que dicho plazo se alcanza para las primeras celdas a emplear.

A partir de dicho momento, la cronología será dependiente de las demandas, propias y de terceros, existentes para el material fertilizante a producir,

¹² CAROLA DASOVICH, ANEXO II INFORME VIABILIDAD AGRONÓMICA. PROYECTO PRODUCTIVO AGROPECUARIO/FORESTAL ARCANTE S.A.
Chubut, Mayo 2018

previéndose que en un corto plazo se alcance un equilibrio entre la relación de toneladas de residuo procesada y cantidad de fertilizante posible de entregar o usar cautivamente, siempre manteniendo el plazo mínimo de un año de estabilización del desecho en las celdas cerradas.

El sistema de trazabilidad a adoptar para la fase de reúso del material depositado, será llevado adelante en combinación con el ya existente, mediante el que se realiza la trazabilidad de los residuos ingresantes. Un protocolo específico para la gestión del material estabilizado, vinculará la antigüedad de las celdas a intervenir con el momento de cierre de las mismas, para respetar el tiempo mínimo de permanencia en depósito de degradación del desecho, establecido en un año y registrará el tipo y cantidad, en volumen, de desecho usado en la operación en cuestión, así como iguales registros para el material fertilizante elaborado con el desecho estabilizado, los muestreos analíticos de que pudieran ser objeto tales materiales y el destino final del producto obtenido. Asimismo, se computará la cantidad de suelo pobre que se agrega en cada elaboración de partidas de material fertilizante.

Las celdas, una vez abiertas y removido su contenido, quedarán habilitadas para un nuevo ciclo de recepción de desechos, ello con la finalidad de emplear en la operatoria general, la menor superficie posible de terreno, a pesar de ser el mismo disponible en cantidades muy superiores de lo que demanda el proyecto.

Siempre, para el caso de reutilización de las celdas desocupadas, se llevará un registro pormenorizado y graficado y referenciado geográficamente, para la correcta identificación de los tiempos involucrados en el ciclo de tratamiento que se reinicia.

d1. Plantación de álamos y eucaliptos, riego con efluente industrial tratado

Se procederá a plantar ejemplares de álamo de rápido crecimiento intercalado con eucalipto. Los mismos serán regados acondicionando el efluente industrial tratado de la empresa CONARPESA S.A.

Para tener una idea de la calidad de los líquidos a emplear, se anexa a continuación los resultados analíticos del último muestreo realizado al efluente mencionado.

CESIMAR CONICET		N° DE REGISTRO PROVINCIAL: 40 REGISTRO DE LABORATORIOS DE SERVICIOS ANALÍTICOS AMBIENTALES PROTOCOLO ANALÍTICO			CONICET CENPAT	
Laboratorio Registrado: CENPAT-CONICET						
Registro Provincial N°: 40						
Número de Muestra	Fecha de extracción de la muestra	Fecha de recepción de la muestra en el laboratorio y procesamiento				
CNP-AR2018/156	03/07/2018 - 09:20 hs	03/07/2018 - 09:45 hs				
Datos del Solicitante del Análisis						
Nombre o Razón Social	Conarpesa					
Domicilio	Parque Pesquero					
Localidad / CP	Puerto Madryn / 9120					
Muestreo						
Lugar de extracción	Líquido tratado, muestra compensada - Líquido clorado					
Tipo de Muestra	Analito Líquido					
Tipo de Envase	Botella de vidrio color caramelo (1 l), botella de plástico (2,2 l) y frasco estéril					
Conservación de la Muestra	Refrigerada					
Determinaciones	Unidad	Concentración (Resultado Analítico)	Método o Norma Utilizada	Rango de Cuantificación del Método		
Sólidos Disueltos Totales	g/l	5,65	Sonda Multiparámetro YSI-556	0 - 100 g/l		
Conductividad Específica	µS/cm	8694	Sonda Multiparámetro YSI-556	0 - 200 mS/cm		
pH		5,98	Sonda Multiparámetro YSI-556	1 - 14		
Sólidos Sedimentables 10 minutos	ml/l	<LMC	2540F (APHA, 2017)	0,1 - 1000 ml/l		
Sólidos Sedimentables 2 horas	ml/l	<LMC				
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	59,1	2540D (APHA, 2017)	12 - 40000 mg/l		
DBO ₅ Total	mg/l	7,5	5210B (APHA, 2017)	2 - 3000 mg/l		
DQO Total	mg/l	340	Adaptación del método 410.4 de la EPA	32 - 16400 mg/l		
Coliformes totales	NMP/100ml	<25	Quanti-Tray	5 - 2,1x10 ⁵ NMP/100 ml		
Coliformes fecales	NMP/100ml	<25	Quanti-Tray	5 - 2,1x10 ⁵ NMP/100 ml		
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100ml	<25	Quanti-Tray	5 - 2,1x10 ⁵ NMP/100 ml		
Grasas y Aceites	mg/l	19,2	1664a (EPA)	5 - 10000 mg/l		

Figura 3: protocolo analítico de calidad del efluente industrial tratado

III.1. Infraestructura de servicios requerida

La infraestructura de servicios requerida para la etapa de operación, se resume en la tabla que acompaña a continuación (Tabla 1).

Servicio	Caudal	Unidades	Fuente de suministro proveedor/USO
Agua potable	250	Litros/día	Transportada con camiones/domiciliario
Agua cruda (salada de pozo)	1000	Litros/día	Pozo propio/lavado camiones
Agua de reúso	A demanda	Litros/día	Efluente industrial tratado y acondicionado/riego arboleda

Servicio	Caudal	Unidades	Fuente de suministro proveedor/USO
Colección cloacal	No disponible	Litros/día	Tratamiento y disposición final en terreno propio (cámara séptica y pozo absorbente)
Energía eléctrica	10 KVA/h Motogenerador		
Combustibles	Diésel y naftas, para vehículos afectados directamente a la actividad. El transporte de material prima es realizado por terceros y no puede computarse a la actividad del proyecto.		

Tabla 1. Infraestructura de servicios

III.2. Vías de acceso (terrestres y de otra naturaleza)

Los accesos generales al lugar son, por vía terrestre a través de la Ruta Provincial N°4, transitando por esta 42 kilómetros desde la ciudad de Puerto Madryn.

Para el material transportado desde el Puerto de Rawson, se hará lo propio por ruta Nacional N° 3 para luego continuar por la RP N°4.

III.3. Requerimiento de mano de obra

La cantidad de personas afectadas a las tareas de construcción y operación de las instalaciones, corresponde con sus calificaciones incluidas, a lo que se detalla en la planilla siguiente (tabla 2).

Cargo, función o profesión	Cantidad
Jefe de obra y encargado	1
Operarios maquinistas especializados	2
Personal de conducción	2
Total de personal en actividad	5

Tabla 2. Requerimiento de mano de obra, etapa de operación del relleno sanitario

III.4. Equipo requerido para las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento de la obra proyectada

Los equipos y maquinarias principales, necesarias para cada una de las etapas del proyecto, responden al detalle que se efectúa en la tabla 3 y que se visualizan en la foto 7.

Etapas	Fase operativa del proyecto	Equipo, herramientas o maquinaria	Cantidad
Adecuación del predio	Preparación del predio	Máquinas y herramientas de mano y mecánicas Equipos de carga, izado y movimiento de materiales vehículo liviano (pick up) Herramientas y equipos de albañilería	Variada
	Construcción de trincheras	Retroexcavadora Vehículo liviano pickup Pala cargadora Motoniveladora	1 (uno) 1 (uno) 1 (uno) 1 (uno)
Operación y mantenimiento del relleno	Recepción, compactación y tapado de los residuos	Retroexcavadora Vehículo liviano pick up Pala cargadora Motoniveladora	1 (uno) 1 (uno) 1 (uno) 1 (uno)

Tabla 3. *Equipo requerido*

III.5. Recursos naturales que serán utilizados en el proyecto

El proyecto no hace uso de recursos naturales, más que del recurso suelo, el que es empleado para la excavación y operación de las trincheras de relleno.

El proyecto no prevé la concreción de obras civiles, razón por la cual no se requerirán empleos de materiales áridos ni otros recursos de tipo natural.

III.6. Procesos industriales

El relleno sanitario no cuenta con procesos industriales a desarrollar, sólo es asimilable a este concepto el proceso natural de descomposición por degradación orgánica de los residuos en el mismo depositados, el que se produce a través de varias fases reconocidas como:

- Fase 1: Oxidación
- Fase 2: Fermentación ácida anaeróbica

- Fase 3: Fermentación anaeróbica desequilibrada con producción de metano
- Fase 4: Fermentación anaeróbica equilibrada con producción de metano

Se consume el oxígeno contenido en los desechos durante la primera fase, y comienza el proceso de putrefacción cuando se cubren los desechos con otros desechos y con tierra. En esta fase, se desmenuzan los compuestos orgánicos (grasa, proteínas, celulosa) en compuestos fundamentales (aminoácidos, lípidos, azúcares). Esta primera fase de oxidación, como su nombre lo indica, es de carácter aeróbica a expensas del oxígeno existente en el residuo mismo y tiene origen entre las 0 y 2 semanas de vida del relleno y libera gases de O_2 y de N_2 .

Estos compuestos fundamentales generados en la fase primera, sufren otra transformación en la segunda fase. Se transforman en H_2 , CO_2 , acetato y lípidos. Como la concentración de lípidos aumenta considerablemente durante este proceso, la segunda fase se llama "fermentación ácida". Tiene carácter anaeróbico y se produce entre las 2 semanas y los 2 meses de vida del relleno.

Los productos transitorios de la segunda fase se transforman en CH_4 (metano), CO_2 y H_2O . Estos gases son los productos definitivos de la descomposición orgánica y serán producidos en las fases 3 y 4, la primera de ellas produciéndose entre los 2 meses y los 2 años del relleno y la segunda desde los 2 años y hasta los 25 años de vida del relleno y más en el caso de residuos de baja degradabilidad (no es este el caso). Ambas fases son de carácter anaeróbico y de las mismas se liberan gases de metano (CH_4) y anhídrido carbónico (CO_2).

Los procesos resumidos arriba son sumamente complejos. Como la velocidad de transformación puede variar bastante, es posible observar las cuatro fases paralelamente en el cuerpo de basura de un relleno en operación. Las características de las aguas lixiviadas y del gas del relleno varían con la edad del relleno.¹³

¹³ Eva Röben, Servicio Alemán de Cooperación Social- Técnica (Deutscher Entwicklungsdienst) y Municipalidad de Loja Ecuador, Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales 2002

III.7. Materias primas

Son materias primas del proyecto los desechos orgánicos de las actividades industriales pesqueras del Grupo Conarpesa, desde donde serán trasladados hasta el sitio por parte de las empresas generadoras.

III.8. Insumos

Se cuenta como insumos del proyecto, el consumo de energía mecánica por medio de equipos pesados de tipo vial, destinados a la preparación de las trincheras, la operación del relleno (carga, compactación y cobertura con tierra) y la recuperación del material mineralizado.

III.9. Productos obtenidos

El producto final del trabajo realizado en el relleno, es un material estabilizado naturalmente, el que se integrará al suelo y que podrá ser con el correr del tiempo, removido para su empleo como mejorador de suelos agrícolas.

Para ello se sugieren muestreos del material estabilizado, a fin de evaluar el blending a hacer para poder ser incorporado al suelo.

Por otro lado, y sobre el horizonte del proyecto, se prevé la obtención de masa forestal.

III.10. Condiciones del ambiente laboral

III.10.1. Ruido

La utilización de equipos para el movimiento de cargas, compondrán las principales fuentes tanto de ruidos como de vibraciones.

En el sentido antes mencionado, el desarrollo de los trabajos empleando tales equipamientos, reconoce la existencia en obra de estas formas de energía que pueden tener efectos tanto sobre el ambiente de trabajo como sobre el medio circundante.

La caracterización y evaluación de estos ruidos, a partir de las fuentes que los generan, así como a partir de hechos experimentales de similares características, permiten ubicar a los mismos como de escasa importancia, máxime si se tiene en consideración también el aislamiento del sitio en que se los habrá de generar.

III.10.2. Vibraciones, Equipos generadores

Se responde en el apartado anterior en términos generales, para el conjunto de las actividades. Pero cabe destacar que los niveles de vibraciones en materia de equipamiento a utilizar son de carácter ínfimo por el tipo, magnitud y carácter de las máquinas y herramientas que pueden contar con liberaciones de este tipo de energía, así como por el distanciamiento del lugar de trabajo de toda otra forma de asentamiento humano.

III.10.3. Carga Térmica Equipos

No se trabaja con equipos que cuenten con cargas térmicas de consideración.

III.10.4. Aparatos a presión

No se trabaja con equipos a presión.

III.10.5. Calidad de aire

Habrà de presentar emisiones de gases provenientes de la descomposición de los residuos en los sitios de descarga, durante las distintas fases antes citadas, así como por la combustión interna de motores involucrados en las actividades de transporte y manejo de los desechos a disponer.

En el primero de los casos mencionados, y debido a su distribución en suelo con una cubierta superior que oficia de barrera filtrante, se evitarà una liberación masiva, disminuyendo así los niveles de riesgo de combustión para quienes operan maquinaria en las inmediaciones.

Para mitigar el segundo tipo de emisiones, se tendrán los equipos empleados, con los ajustes de combustión necesarios, así como con silenciadores de ruidos de escape correctamente mantenidos para evitar efectos molestos en las

inmediaciones de los trabajos, como forma de protección del medio natural y de los trabajadores.

Durante las tareas de construcción de trincheras y de cobertura del residuo dispuesto en las mismas, se experimenta la emisión de materiales particulados.

Durante la etapa de operación del proyecto, el carácter de la materia prima, así como sus residuos y productos, pueden ser fuente de generación de emisiones de gases odoríferos, situación que será mitigada a través de un estricto régimen de cobertura diaria de los desechos depositados y un tapado final con espesor y compactación adecuada para tal finalidad.

III.11. Residuos

III.11.1. Sólidos (urbanos, industriales y peligrosos)

La actividad no generará residuos sólidos de magnitud, a consecuencia de los trabajos a concretar.

La actividad de los trabajadores en el lugar dará lugar a la generación de escasas cantidades de residuos de tipo urbanos, los que se colectarán, para ser trasladados a los servicios de recolección de la ciudad de Puerto Madryn, que servirán de base de operaciones en el respaldo de los trabajos efectuados en el sitio del relleno sanitario.

No se generarán residuos sólidos peligrosos, ya que los servicios de mantenimiento de los equipos pesados, se llevarán a cabo en lugares habilitados de la ciudad de Puerto Madryn.

Por su parte, los residuos de tipo industrial serán los propios desechos a disponer, razón por la cual, el mismo proyecto es responsable de su gestión.

III.11.2. Semisólidos

No se generarán residuos semisólidos en la actividad.

III.12. Efluentes

Si bien el proyecto no presenta, por sus características, una corriente de efluentes líquida colectada y tratada tal como ocurre en otros procesos industriales, es de destacar que el proceso de descomposición natural de los residuos, así como la incorporación en los mismos de aguas pluviales, resulta en la generación de un efluente interno al sistema, conocido comúnmente como lixiviado, el que tiene la capacidad de interactuar con los componentes del residuo, así como con los suelos de cobertura del desecho o con el suelo en que se asienta el relleno.

Primeramente, el lixiviado humedece o moja el ámbito que lo contiene (el mismo residuo o el suelo del relleno), y en una instancia posterior, de mantenerse el aporte de fluido, alcanza la saturación del medio y puede tener un potencial de agua en el suelo capaz de permitir su fluencia en el material del relleno¹⁴.

Bajo tales circunstancias, los lixiviados, en su discurrir a través del residuo o del suelo y por sus características químicas, producto de las distintas fases de descomposición, tienen la facultad de disolver componentes de la matriz del suelo y transportarlos hasta la capa freática contaminando sus aguas¹⁵.

Por tal circunstancia, el tema de los lixiviados de los rellenos sanitarios, es uno de los aspectos ambientales que éstos presentan y que han motivado los mayores esfuerzos en aras de su solución o corrección, para lo cual es preciso la concreción de un análisis pormenorizado de los volúmenes de líquidos en juego, de las características de los suelos que son soporte del relleno, de la proximidad de la capa freática a la base del relleno y de la calidad climática del lugar^{12, 13, 16}.

En lo concerniente a los volúmenes de líquidos en juego, es de mencionar que al respecto es posible identificar, en el conjunto de estos efluentes o lixiviados, dos orígenes de los volúmenes que los componen, a saber:

- Fluidos propios del residuo y de su descomposición

¹⁴ Sampat A. Gavande; "Física de Suelos, Principios y Aplicaciones"; Ed Limusa, 2da edición 1976

¹⁵ J. Glynn Henry y Gary W. Heinke; "INGENIERÍA AMBIENTAL" 2da ed. Prentice Hall; 1996

¹⁶ Eva Röben, Servicio Alemán de Cooperación Social- Técnica (Deutscher Entwicklungsdienst) y Municipalidad de Loja Ecuador, Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales 2002

- Fluidos provenientes de aportes pluviales sobre el relleno o de escorrentías que confluyen al mismo.

III.12.1. Fluidos provenientes del residuo y su descomposición

Los residuos que se disponen en un relleno sanitario pueden contener agua que los humecte o moje, así como, por sus características intrínsecas, pueden estar constituidos por agua, todas estas formas de fluidos, pueden, en determinadas circunstancias del proceso de descarga, compactación y descomposición en las celdas, liberarse y pasar a formar parte de los lixiviados antes mencionados.

Por lo general, esta fracción de los fluidos, que pueden aportar a la migración de los lixiviados en el medio, no resulta la más significativa, sobre todo cuando los residuos no son barros o semisólidos, toda vez que su cantidad está limitada y, salvo en suelos muy permeables o poco arcillosos, generalmente sólo alcanzan para conformar un frente de humectación, cuyo potencial de agua, resulta insuficiente para la migración de los líquidos hacia la capa freática subyacente.

Efectivamente, la fracción de fluido en cuestión, está acotada a la humedad del residuo y al contenido de masa seca del mismo. Así, suponiendo la separación de todo su volumen, desde la masa de residuos, la misma ocurre por única vez y sólo tendrá importancia, dentro del mecanismo de migración vertical de los lixiviados, cuando esta recibe el aporte de otras fuentes de fluidos, como el de las precipitaciones pluviales que seguidamente se explican.

Esta fracción de fluidos propios del residuo, para los desechos pesqueros del procesamiento de langostino, según estudios efectuados sobre los mismos, presenta una humedad, para cabezas con carcazas, de entre el 68 y el 70 % en peso, para residuo triturado y sin triturar¹⁷, respectivamente.

Asimismo, la experiencia registrada en los movimientos de transporte de estos residuos, habla de una densidad del residuo próxima a 1000 Kg/m³. Lo cual representa un tenor de agua de 0,70 m³ por cada tonelada de desecho.

¹⁷ D. Escorcía, D. Hernández, M. Sánchez y M. Benavente; “Diseño y montaje de una planta piloto para la extracción de quitina y proteínas”; Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) PO Box 5595, Managua, Nicaragua; 2009

III.12.2. Fluidos provenientes de aportes pluviales sobre el relleno o de escorrentías que confluyen al mismo

En climas húmedos, con altos grados de precipitaciones anuales, los fluidos que alcanzan al relleno a partir de aportes pluviales o de sus escorrentías, son de mayor importancia que los antes mencionados.

Lo anterior se debe a que es el constante aporte de aguas de lluvia el que se sumará a la carga puntual de agua que el relleno pueda contener por sí mismo, para generar un potencial de agua tal que dé lugar al movimiento vertical del agua en el suelo, por debajo de la base del relleno.

La consideración de este fenómeno prescindiendo de la valoración de las condiciones climáticas y de las calidades de permeabilidad y porosidad de los suelos subyacentes, así como de la profundidad relativa de la capa freática es lo que ha llevado a fijar condiciones de seguridad a los rellenos sanitarios, a través de la aplicación de barreras impermeables, en muchos casos innecesarias, tal como se demostrará más adelante.

Concretamente, aquí es importante hacer una distinción entre sitios con alto o mediano nivel de precipitación y sitios con muy baja precipitación. Según la bibliografía específica, en regiones donde la precipitación anual no exceda los 300 mm y se cuente con un canal apropiado para interceptar y desviar las aguas de lluvias, se espera que no se presenten problemas significativos con las aguas lixiviadas¹⁸. Si a ello se suma el hecho de la localización de la capa freática en niveles profundos, como es el caso que nos ocupa (situada a más de 30 m bntn¹⁹), **es totalmente admisible la prescindencia de la instalación de barreras impermeables para controlar los lixiviados del relleno sanitario que nos ocupa.**

En consecuencia, en un sitio que se encuentra en una región sumamente seca, se puede renunciar a algunos elementos que constituyen la capa de base óptima. En otros sitios donde llueve bastante, o en sitios que se encuentran en una región

¹⁸ Jorge Jaramillo/ Francisco Zepeda; “Residuos Sólidos Municipales; Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales”; Organización Panamericana de Salud – Organización Mundial de Salud, Washington D.C., 1991

¹⁹ Planificación Red de Monitoreo, Control de Perforaciones, Diseño de pozo. Érico Bianchi, agosto 2018

ecológicamente importante o sensible, no se debería descuidar la base del relleno sanitario, pero se puede optar por soluciones menos costosas y más fáciles²⁰.

III.12.3. Balances de fluidos del caso bajo análisis

En función de los volúmenes de fluidos que se manejarán en el caso de la presente DAP, así como en relación con las características concretas relacionadas con la profundidad de la capa freática en el sitio, la calidad y tipo de suelos a encontrar y las condiciones climáticas específicas del lugar, se han realizado balances de fluidos y sus movimientos estimados, para valorar la conveniencia y/o necesidad de imponer al diseño de las trincheras restricciones constructivas destinadas a atender la problemática de los lixiviados que se habrán de generar en la gestión de los desechos en las mismas.

Los criterios de evaluación y las bases de cálculo para el caso son las que se detallan seguidamente.

Parámetro o criterio	Valor	Unidades	Observaciones
Densidad del residuo tal como se recibe	1000	Kg/m ³	Origen experimental de transportes
Humedad promedio tal como se recibe el residuo ^a	70	%	Bibliografía y experimental
Densidad del relleno apisonado	1400	Kg/m ³	Estimado conservativamente
Contenido máximo de humedad del desecho apisonado	40	%	Estimado conservativamente
Espesor de residuo más tapada	2,5	m	Definido por diseño de trinchera
Precipitación anual en la zona ^b	169,56	mm/año	Estadísticas SIPAS
Evaporación anual total ^b	1426,75	mm/año	Estadísticas SIPAS
Pérdida por evapotranspiración respecto de lo precipitado	90	%	Estimado conservativamente

²⁰ Eva Röben, Servicio Alemán de Cooperación Social- Técnica (Deutscher Entwicklungsdienst) y Municipalidad de Loja Ecuador, Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales 2002

Parámetro o criterio		Valor	Unidades	Observaciones
Pérdida por desagüe de superficie respecto de lo precipitado		7	%	Estimado conservativamente
Calidad del suelo en la base del relleno	Tipo	Arena cenagosa a sucia		Conservativamente
	Porosidad	50	%	Muy conservativa
	K (Coef de conductiv hidráulica)	1x10 ⁻⁵	cm/s	Valor conservativo
315		cm/año		
Profundidad de capa freática		-30	m	Planificación Red de Monitoreo, Control de Perforaciones, Diseño de pozo. Érico Bianchi, agosto 2018
Profundidad de la base del relleno		2,0	m	Valor conservativo ante el real de excavación de trincheras (2,5 m)

^a Contenido total de agua para carcaza y cabezas sin triturar

^b Promedio de promedios anuales período 2006/2015 INTA (Sistema de Información de la Patagonia Sur (SIPAS))

^c Geofísica realizada por el IPA

Tabla 4. Parámetros y criterios para efectuar el balance hidráulico del relleno sanitario

A partir de estos valores y de los criterios de cálculo que se irán describiendo a continuación, se alcanzaron los resultados del balance hídrico que continúa.

El cálculo de la cantidad de lixiviado a generar a partir de los fluidos de origen pluvial muestra que el mismo es el resultado de la sustracción al volumen de aguas pluviales (precipitación anual), de los volúmenes resultantes de la tasa de evaporación (adoptando, conservativamente, un 90% de lo precipitado, a pesar de tratarse de un sitio con déficit hídrico, es decir mayor evaporación que precipitaciones) y del escurrimiento de aguas de lluvia por escorrentías en la superficie del relleno (fijada en un 7% cuando los valores usuales son del 17% corrientemente, para cobertura de arcilla bien construida)

Así se tendrá que la cantidad de lixiviado a generar anualmente será:

$$L_{\text{año}} = \text{Precip} - \text{Evapor} - \text{Escorrentía superficial}$$

$$= 169,56 \text{ mm/año} - (169,56 \text{ mm/año} \times 0,90) - (169,56 \text{ mm/año} \times 0,07)$$

$$= 5,1 \text{ mm/año}$$

$$= 0,0051 \text{ m/año}$$

A partir de esta formación de lixiviados y de las consideraciones relacionadas con los volúmenes de aire disponibles en el residuo para recibir al mismo, saturarlo y comenzar a fluir, se tiene que para el 2% de volumen disponible a llenar (resultante de los valores de compactación y densidades del desecho recibido y compactado), el tiempo de saturación para que el lixiviado comience a fluir y alcanzar la base del relleno, será de:

Tiempo para alcanzar base del relleno = 7,9 años

Cuando el lixiviado alcanza el suelo trata de fluir en él, cosa que sucede, recién cuando éste alcanza su capacidad de campo que es el punto en que el suelo no absorbe más agua.

La velocidad con que el agua se mueve en tales condiciones es proporcional al gradiente hidráulico que causa el flujo y esto lo expresa, en forma simplificada, la Ley de Darcy según:

$$Q = KSA \quad (1)$$

Donde, Q es la cantidad de líquido que fluye por el área A por unidad de tiempo y es igual a

$$Q = nvA \quad (2)$$

K, es el coeficiente de conductividad hidráulica (que depende del tipo de suelo)

S, es el gradiente hidráulico (cambio de elevación de la superficie de agua "libre" entre los dos puntos en cuestión, dividido por la distancia a recorrer por el líquido)

A, es el área de sección transversal bruta por la que pasa el flujo

v, es la velocidad a la que viaja el líquido a través del suelo

n, es la porosidad del suelo (volumen vacío sobre volumen total de suelo)

Los valores de porosidad n y del coeficiente de conductividad hidráulica K , suelen encontrarse en tablas que los relacionan con distintos tipos de suelos, asignándoles rangos de posibles niveles para cada parámetro. En nuestro caso se han elegido un tipo de suelo más permeable que el arcilloso que se presenta en la litología del lugar más allá de los 12 m de profundidad, haciendo la selección de carácter conservativo frente a la realidad.

Asimismo, iguales criterios de toma de valores se adoptaron para la porosidad del medio y el coeficiente K que se lo hizo corresponder a un suelo de permeabilidad baja cuando podría ser catalogado como de muy baja permeabilidad.

Así se adoptaron los valores conservativos que se mencionan en la tabla previa (Tabla 4) según los cuales se consideró al relleno sanitario, como establecido sobre un suelo de arena cenagosa sucia ($K 1 \times 10^{-5}$), mientras que la realidad habla de la existencia de suelo arcilloso limoso (de aproximadamente 50% en porosidad y un coeficiente de permeabilidad con posible estimación en el orden de 1×10^{-7} cm/s).

Haciendo uso de las ecuaciones (1) y (2) anteriores, con los parámetros conservativos mencionados, se puede estimar la velocidad con que se moverá el líquido en el suelo y, a través de ella y de la distancia de la base del relleno sanitario a la capa freática, el tiempo que demorará en alcanzar a ésta última.

En nuestro caso, la estimación mencionada lleva a que

$$v = KS/n$$

Por lo tanto para los valores de K , de S y de la porosidad asumida para el sistema, se tendrá que la velocidad es de:

$$v = 42,05 \text{ cm/año}$$

Y para la profundidad asignada al acuífero más cercano, de 30 m de recorrido, el tiempo necesario para alcanzar al mismo se estima en:

$$t = d/v = 71,3 \text{ años}$$

Más allá de que el valor del tiempo necesario para contaminar el acuífero profundo habla por sí solo, más aún si se tiene en cuenta que la procedencia del mismo es

a partir de una serie de estimaciones sumamente conservativas, **se puede colegir de ello la innecesaria posibilidad de considerar la impermeabilización del fondo del relleno sanitario que nos ocupa.**

Por otra parte, como factor determinante adicional a lo ya expuesto, se encuentra el hecho de que el movimiento de los líquidos en el suelo, precisan de potenciales de agua constantes, que el régimen de lluvias promediado que fuera empleado en el cálculo no garantiza, puesto que la realidad es que el mecanismo es de intermitencia entre lluvias esporádicas y tiempos de sequías extendidas, que llevan a la pérdida de saturación del suelo y a su sequedad total o parcial con la consiguiente necesidad de nueva humectación para saturar y lograr una vez más el movimiento vertical de los líquidos a través de la matriz del suelo²¹. La práctica da cuenta de que esta situación es la que motiva la notoria sequedad de los suelos en sitios de nuestro medio, del tipo del que se ha elegido para la localización del proyecto que se describe en esta DAP.

III.13. Emisiones a la atmósfera (fuentes fijas y móviles)

Las emisiones a la atmósfera ya fueron descritas en cuanto a su procedencia y tipos en apartados anteriores (III.10.1 Ruido; III.10.3 Carga Térmica; III.10.5 Calidad del Aire).

Como allí se comentara, las mismas serán mitigadas a partir de acciones operativas y del uso de equipamiento adecuado que reduce los efectos de éstas (sean ellas gases, o ruidos y vibraciones) sobre el medio laboral y ambiental en general, alcanzando niveles compatibles con las restantes actividades normales del lugar de trabajo.

En cuanto a las fuentes fijas de emisión de los gases de descomposición de los desechos en las trincheras tal como se expuso anteriormente, por su importancia en materia de posibilidad de combustión ante la presencia de metano, estas emisiones serán mitigadas mediante la cubierta de tierra superior que difumina y filtra las mismas. Esta práctica ha sido demostrada de suficiente eficiencia, en rellenos de igual naturaleza dentro del territorio provincial.

²¹ Sampat A. Gavande; “Física de Suelos, Principios y Aplicaciones”; Ed Limusa, 2da edición 1976

Concretamente al momento de tratar la cuestión de la estimación de emisiones gaseosas por tonelada de residuo dispuesto en el relleno, se puede recurrir a variadas formas de hacerlo, las que presentan valores provenientes de distintas fuentes de datos, entre las que se destacan aquellas eminentemente teóricas, en un extremo de las evaluaciones, hasta las específicamente resultantes de mediciones in situ y correlaciones a través de modelos matemáticos, en el extremo más certero de ambos.

A manera de ejemplificación de los valores corrientemente manejados a este respecto, cabe ser mencionado que se ha calculado, de forma teórica, que la cantidad de biogás generado a partir de una tonelada de carbono biodegradable equivale a 1868 Nm³.

En otro orden, para países industrializados, el potencial de biogás que se ha estimado como de posible generación desde una tonelada de residuos sólidos municipales, para condiciones óptimas, es de aproximadamente 370 Nm³.

Debido a factores asociados a aspectos tales como la dificultad de contar con condiciones adecuadas para lograr una degradación biológica completa, generalmente se acepta que una tasa de generación razonable se ubica en un máximo aproximado de 200 Nm³ de biogás, generado a partir de una tonelada de residuos sólidos urbanos dispuestos en el relleno sanitario²².

La variabilidad resultante de tan diversos orígenes de datos, lleva a una marcada dispersión de los valores que se conocen para esta tasa de generación que nos proponemos estimar en nuestro caso, por tal razón, y a efectos de asumir condiciones conservativas de valorización, se ha optado por considerar los distintos modelos de valoración posibles para esta tarea, observándose que de la multiplicidad de ellos, se destacan aquellos que son sugeridos para su uso, por agencias internacionales ambientales, entre los que se pueden destacar las siguientes.

III.13.1. Modelos o estimaciones propuestos por la USEPA

²² Johannessen, L. M., (1999). Guidance Note on Recuperation of Landfill Gas from Municipal Solid Waste Landfills. The International Bank for Reconstruction and Development/THE WORLD BANK. Washington, D.C. U.S.A.

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los EEUU de América del Norte, a través de su programa Landfill Methane Outreach Program, recomienda varios métodos para estimar con mayor o menor precisión la generación de biogás en un relleno sanitario, de los que se pueden mencionar, por su empleo dilatado, el denominado:

"Método de Aproximación Simple"

Esta variante de estimación es, como su nombre lo indica, una aproximación gruesa que toma como base de cálculo, la cantidad de basura depositada en un relleno.

El procedimiento se basa en una razón empírica entre cantidad de basura y los flujos de biogás observados por la práctica y experimentación, como típicos de los muchos y variados proyectos de recuperación de biogás de rellenos sanitarios estudiados por el programa.

Es un método que adolece de considerar la existencia de un relleno "promedio" y puede no representar con precisión las distintas características de la basura, el clima y otras variables que pueden estar presentes en un relleno específico.

En general la EPA recomienda utilizarlo solamente como un cálculo preliminar, con el que determinar la necesidad o no de utilizar métodos más complejos.

"Modelo de degradación de primer orden"

Este modelo también conocido como Landfill Gas Emission Model (LandGEM) es utilizado y recomendado por la USEPA, y compone una herramienta utilizada para estimar tasas de emisión de sitios de disposición de residuos sólidos municipales²³.

El modelo se basa en una ecuación de descomposición con cinética de primer orden para la cuantificación de las emisiones derivadas de la descomposición de residuos biodegradables y a partir del mismo se

²³ Figueroa V., Cooper D., Mackie K. (2008). Estimating Landfill Greenhouse Gas Emissions from Measured Ambient Methane Concentrations and Dispersion Modeling. Paper No. 327

estiman, comúnmente, las tasas de emisión total de gases de relleno sanitario como el metano, el dióxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles, y otros contaminantes atmosféricos asociados²⁴.

Este método, sí puede ser usado eficientemente, para contabilizar el cambio en la tasa de generación de biogás de acuerdo a la vida útil del relleno que se considera.

El modelo de degradación de primer orden es más complicado que la variante de aproximación antes descrita, pero requiere de mayor conocimiento de las características del relleno, al menos en lo que se refiere a variables tales como las que se puntualizan a continuación:

- Promedio anual de recepción de basura;
- Tiempo en años que el relleno lleva operando;
- Tiempo transcurrido desde que el relleno fue cerrado (si ello ocurrió);
- Potencial de generación de metano de la basura; y
- Tasa de generación anual de metano de la basura.

La expresión que emplea el modelo es:

$$LFMet = L_0 R(e^{-kc} - e^{-kt})$$

Donde:

LFMet = Total de metano (CH₄) generado en el año corriente (m³/año)

L₀ = Potencial total de generación de metano de la basura (m³/t)

k = Tasa anual de generación de metano (1/año)

R = Tasa promedio de recepción de basura anual durante la vida activa (t)

t = Años desde que se abrió el relleno (año)

c = Años desde que se cerró el relleno (año).

Los valores de las variables k y L₀ se obtienen a partir de datos de los residuos urbanos proporcionados por el Acta del Aire Limpio (AAL), y el "Inventario por Defecto" basado en los factores de emisión de USEPA.

²⁴ GENERACION Y MANEJO DE GASES EN SITIOS DE DISPOSICION FINAL; Ing . Wagner Colmenares Mayanga www.ingenieriaquimica.org/usuario/wagner, Ing . Karin Santos Bonilla. Descargado del sitio: http://www.ingenieriaquimica.org/articulos/relleno_sanitario

La tabla 5 que sigue, muestra valores de la tasa anual de generación de metano (k) y del potencial de generación de metano del residuo (L₀) para su empleo en la fórmula.

Tipo	Tipo de relleno	k (1/año)	L ₀ (m ³ /t)
AAL	Convencional	0,05 (por defecto)	170 (por defecto)
AAL	Área árida	0,02	170
Inventario	Convencional	0,04	100
Inventario	Área árida	0,02	100
Inventario	Húmedo	0,7	96

Tabla 5: Variables del modelo LandGEM

III.13.2. Modelos o estimaciones propuestos o desarrollados en otros países

Sin mayores variaciones respecto del modelo de degradación anaeróbica de primer orden, distintos países y el comité internacional para el cambio climático (IPCC), entre otros, han elaborado sus propios modelos, haciendo especial hincapié en consideraciones relacionadas con las características de los residuos que manejan en distintas latitudes de su territorio y con los climas involucrados.

Entre ellos se pueden mencionar:

"Modelo de IPCC"

Este modelo desarrollado en 2006 también se basa en una cinética de descomposición de primer orden que estima el potencial de generación de metano considerando la tasa y el potencial de generación y otros factores vinculados a las características de degradabilidad de los residuos.

La ecuación que expresa esta tarea, es la que se observa a continuación.

$$CH_4 = [\sum_x CH_{4generado,x} - R](1 - OX)$$

donde OX es el factor de oxidación que representa la cantidad de metano que se oxida en el material de cobertura de los residuos y R es la fracción de metano capturado por el sistema activo.

El modelo reclama, para la estimación de las emisiones de metano generado, conocer la fracción de carbono orgánico degradable (DOC)_j, la tasa de generación de metano (k) que depende de las condiciones climáticas en el sitio, la fracción de metano (F, se asume 50%), la fracción de carbono orgánico degradable que se descompone (DOC_f), y el factor de corrección de metano (MCF) que representa las características de diseño y de operación del sitio de mineralización de residuos y refleja el comportamiento aeróbico/anaeróbico del mismo²⁵.

"Modelo Mexicano (V1.0)"

Este modelo también utiliza una ecuación de descomposición de primer orden y asume un período de retardo de un año donde no se genera biogás (Q_M); luego la generación disminuye exponencialmente a medida que los residuos son consumidos.

Por su parte el modelo utiliza, al igual que los otros, el valor de la tasa de generación de metano k en función de las precipitaciones medias del lugar de tratamiento, asumiendo valores específicos de sitios localizados en México de la tabla 6.

Este modelo permite estimar la eficiencia del sistema de captura según una guía relacionada con las características del sitio de tratamiento de residuos, si se aplica cubierta diaria a los residuos, si existe migración de biogás a través de la cubierta y al tipo y eficiencia del sistema de recolección del biogás.

Precipitación promedio anual (mm/año)	K (1/año)	Precipitación promedio anual (mm/año)	L ₀ (m ³ /t)
0-249	0,040	0-249	60
250-499	0,050	250-499	80
500-999	0,065	≥500	84
≥1000	0,080		

Tabla 6: Valores de las variables k y L₀ del modelo mejicano V1.0

²⁵ IPCC; Volumen 5, Capítulo 3, 2006

"Modelo para China"

Este modelo al igual que los anteriores, es una herramienta para determinar la generación potencial de biogás en un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos.

Se realizó en base a los modelos USEPA Modelo Centro Americano (Stege y Murray, 2007), y de IPCC (2006).

El modelo usa una ecuación de degradación de primer orden y asume un período de seis meses entre la disposición de los residuos en el sitio y la generación de biogás que queda expresada a través de la ecuación:

$$Q_M = \frac{1}{C_{CH_4}} \sum_{i=1}^n \sum_{j=0,1}^1 k \cdot L_0 \frac{M_i}{10} \cdot e^{-kt_{ij}}$$

El modelo cuenta con los valores de k para tres regiones basadas en temperatura y precipitación media anual y, asimismo para el potencial de evapotranspiración del sitio como se observa en la tabla 7.

Para estimar la eficiencia de captura se asume un valor inicial de 85%, el que se corrige según los grados de compactación, la profundidad, el manejo de lixiviados, los procedimientos de cobertura y el aislamiento del sitio.

Zona climática	K (1/año)	L ₀ (m ³ /t)	
		Contenido de cenizas de carbón < 30%	Contenido de cenizas de carbón > 30%
Reg 1 Fría y seca	0,04	70	35
Reg 2 Fría y Húm	0,11	56	28
Reg 3 Cálida y Húm	0,18	56	42

Tabla 7: Valores de k y L₀ del modelo para China

En razón de la inexistencia de especificidad para el caso que nos ocupa, por parte de cualesquiera de los modelos posibles, se ha decidido la adopción de aquel que presente la menor complejidad de cálculo y que requiera el menor número de variables que se deban definir para la valoración.

De tal manera, se buscó reducir la incidencia en los valores calculados, por parte de variables que, aun siendo adoptadas con guarismos conservativos,

introducen, cada una de ellas, su aporte al nivel global de incertidumbre del método empleado.

De tal manera, la fórmula seleccionada para las evaluaciones, es la correspondiente al modelo Landfill Gas Emission Model (LandGEM) el que es recomendado por la USEPA, cuya ecuación se expusiera anteriormente y que responde a la forma:

$$LFMet = L_0 R(e^{-kc} - e^{-kt})$$

Las variables que intervienen en la ecuación se determinaron según el siguiente detalle:

Potencial total de generación de metano de la basura L_0 , (m^3/t)

Para esta variable se adoptó un valor conservativo que lo asocia con los niveles dados por la bibliografía y el cálculo corriente, para aquellos que se corresponden con composiciones del residuo con altos contenidos orgánicos no celulósicos y para medio frío y seco.

La USEPA emplea para L_0 un valor promedio, resultante de la experiencia, de 100 Nm^3 de metano/Mg de residuos²⁶.

El modelo LandGEM emplea, por defecto (en condiciones conservativas) un valor de $170 \text{ Nm}^3/t$ de residuo dispuesto²⁷.

Por tratarse de un residuo netamente orgánico, húmedo, de rápida degradación, no celulósico, se adoptó un valor para este parámetro de la fórmula, y en forma conservativa, de:

$$L_0 = 215 \text{ Nm}^3 \text{ de metano/t de residuo}$$

²⁶ Modelo Colombiano de Biogás para Rellenos Sanitarios; Alex Stege SCS Engineers; Medellín, Colombia; 14 de Septiembre, 2010

²⁷ Modelado de la generación de biogás en rellenos sanitarios; V. Córdoba, G. Blanco y E. Santalla Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires UNCPBA, Av. Del Valle 5737. B7400JWI. Olavarría. Argentina. Tel. 02284 – 450152 e-mail: vcordoba@fio.unicen.edu.ar Publicado en: ASADES Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 13, 2009. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184

Tasa anual de generación de metano, k (1/año)

El valor de k depende del contenido de humedad, de la disponibilidad de nutrientes para generar metano, del pH de los residuos y de la temperatura ambiente^{28,29,30}.

El modelo LandGEM emplea por defecto el valor de 0,05 año⁻¹.

Los valores empleados por USEPA³¹ para rellenos convencionales o en áreas áridas, se distribuyen entre 0,02 y 0,04 año⁻¹.

En nuestro caso, en forma conservativa, se ha elegido un valor que supera a los antes mencionados, por tratarse de un residuo de buena degradabilidad y por las condiciones de construcción y operación del relleno, fijando su valor en:

$$k = 0,1 \text{ año}^{-1}$$

Tasa promedio de recepción de basura anual en la vida activa, R (t)

Para la definición de este valor se emplearon los guarismos existentes en la empresa responsable del proyecto, que reseñan la generación de residuos durante el año 2017. Así, su valor fue determinado en:

$$R = 16380 \text{ t/año}$$

Años desde que se abrió el relleno, t (año)

Para el caso que nos ocupa, en razón de que la previsión es que el material sea removido para su reuso como fertilizante y mejorador de suelos, en el término de 1 año como máximo, se ha adoptado el valor de este parámetro para el cálculo en:

$$t = 1 \text{ año}$$

²⁸ Johannessen, L. M., (1999). *Guidance Note on Recuperation of Landfill Gas from Municipal Solid Waste Landfills*. The International Bank for Reconstruction and Development/THE WORLD BANK. Washington, D.C. U.S.A.

²⁹ IPCC. (1996). Revised IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Workbook; 6:1-22. Disponible en: <http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/gl/guidelin/ch6ref1.pdf>

³⁰ Figueroa V., Cooper D., Mackie K. (2008). *Estimating Landfill Greenhouse Gas Emissions from Measured Ambient Methane Concentrations and Dispersion Modeling*. Paper No. 327

³¹ Modelado de la generación de biogás en rellenos sanitarios; V. Córdoba, G. Blanco y E. Santalla Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires UNCPBA, Av. Del Valle 5737. B7400JWI. Olavarría. Argentina. Tel. 02284 – 450152 e-mail: vcordoba@fio.unicen.edu.ar Publicado en: ASADES Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 13, 2009. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184

Años desde que se cerró el relleno, c (año)

En razón de que el relleno debe ser considerado como en operación por espacio de cortos tiempos, debido a las reducidas dimensiones de las celdas, y a que éstas son cerradas en forma continuada a medida que las mismas se van completando, lo que se alcanza en tiempos inferiores a los tres meses, como tiempo extremo, la variable c del modelo, que registra el tiempo de cierre, se adopta con el valor máximo esperable de:

$$c = 0,75 \text{ año}$$

Con el modelo elegido y los valores definidos para sus parámetros principales, se realizó la corrida de cálculos que llevaron a los siguientes resultados:

Forma de generación del biogás en un ciclo de deposición

Tomando en cuenta que los residuos recibidos en el relleno, son tapados continuamente según se van incorporando a las celdas, un ciclo de deposición de estos materiales conlleva las etapas de: recepción del material y tapada con suelo en forma permanente, completado de la capacidad de una celda y tapado definitivo (cierre de la celda), espera de degradación hasta cumplido el período para esta finalidad (hasta 1 año en total).

Cumplidas las mencionadas etapas, se comienza a recuperar el material depositado a través de la apertura de la celda que alcanzó su tiempo para ello, procediéndose a su retiro y dosificación para el reúso en fines de fertilización y mejoramiento mecánico de suelos.

Las cuatro etapas mencionadas, que demandarían en total 12 meses y que contará con una tapada final de la celda a los tres meses de su comienzo de llenado, como plazo máximo, dan cuenta del comienzo de las distintas fases de descomposición del residuo y generación de gases asociada al proceso.

Las mencionadas fases, pueden encontrarse bien representadas a través de la gráfica que se agrega seguidamente (figura 4), en la que puede verse que en las primeras semanas de llenado, la generación de gases es baja, particularmente en lo que respecta a la generación de gas metano, la que comienza a partir de un poco más allá del segundo mes de trabajo del relleno incrementando rápidamente los porcentajes de participación en el biogás formado, hasta alcanzar un nivel de casi el 45% del total al cumplirse el primer

año de degradación, lo que es coincidente con la reapertura del depósito para el reuso del material cargado.

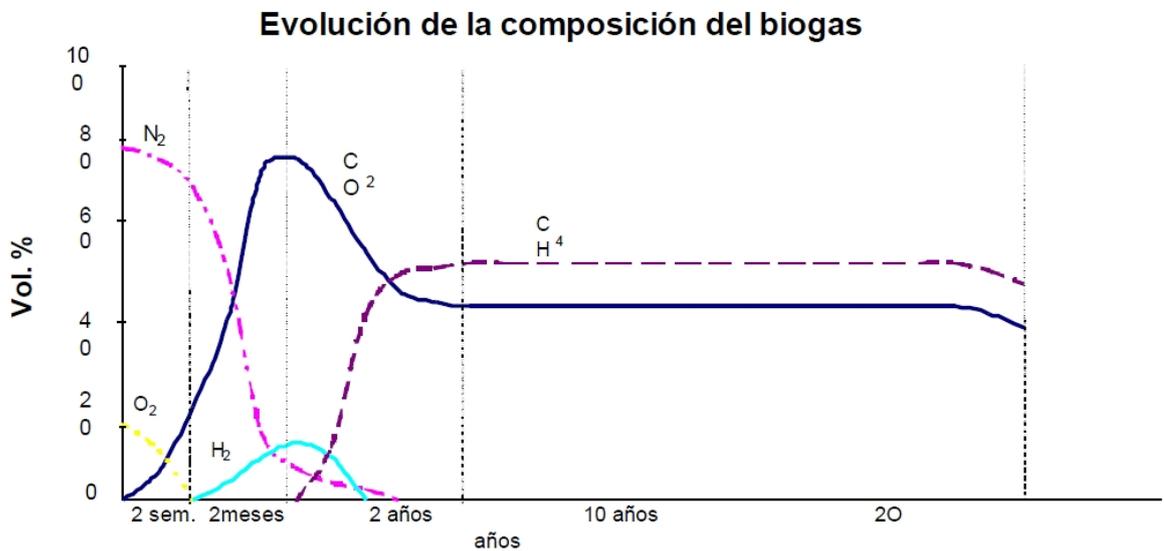


Figura 4: Evolución de la composición del biogás generado, a lo largo del proceso de degradación del residuo

Metano y biogás generado en un ciclo de deposición

Cuantitativamente, la fórmula del modelo empleado para estimar la tasa de generación de gases, da como resultados, los siguientes datos:

Tasa anual de metano (CH₄) generado, LFMet (m³/año)

De la ecuación del modelo resulta:

$$LFMet = 80668 \text{ m}^3 \text{ de CH}_4/\text{año}$$

Tasa anual de biogás generado (m³/año)

Considerando que, finalizando el año de deposición, el metano representa aproximadamente un 45% en volumen del total del biogás generado, el total de biogás estimado para ese momento presenta una tasa de emisión anual de:

$$LFB = LFMet/0,45 = 179263 \text{ m}^3/\text{año}$$

Emisión unitaria de metano y biogás

Las cantidades anuales de generación de metano y biogás encontradas para un ciclo de deposición de los residuos corresponden al tratamiento de 16380 toneladas de los mismos en igual período de tiempo, por ello, la emisión unitaria de estos volúmenes corresponde a:

$$\text{EUMet} = 4,93 \text{ m}^3 \text{ de metano / t de desechos tratados}$$

$$\text{EUBio} = 10,94 \text{ m}^3 \text{ de biogás / t de desechos tratados}$$

Tasa de emisión superficial anual de metano (m³/m² año)

La tasa de emisión superficial ofrece una idea de la velocidad de emisión de los gases, a partir cada unidad de superficie de las celdas una vez tapadas.

Para esta evaluación se entendió que el volumen de desechos a recibir en un año, será depositado en un total de 46 celdas cuyas dimensiones, finalmente estandarizadas para la operación del relleno, son de 50 m de largo, por 3 m de ancho y 2,5 m de profundidad total (de la cual 1,7 m corresponde a residuo existiendo 1,3 m de capas de relleno entre tapada y coberturas intermedias).

Con lo anterior, la superficie de una celda es de 150 m² (50m x 3 m) y la superficie total de las celdas por la que se emitiría el biogás generado, suponiendo que éste sólo lo hace verticalmente y en forma homogénea, es de 6900 m², con lo que la tasa de emisión superficial, para el metano generado es de:

$$\text{UMet} = \text{LFMet} / \text{Sup de celdas} = 80668 \text{ m}^3 \text{ de CH}_4/\text{año} / 6900 \text{ m}^2$$

$$= 11,7 \text{ m}^3 \text{ de CH}_4 / \text{m}^2 \text{ de celda año}$$

Una expresión que hace más gráfica a esta tasa de emisión superficial es su representación en términos de unidades de tiempo más pequeñas, lo que lleva a su valor hallado, a la siguiente magnitud:

$$\text{UMet} = 0,00135 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$$

Lo que representa la liberación de aproximadamente 1,3 litros de metano por cada metro cuadrado de superficie y por cada hora.

Lo anterior da cuenta de una tasa de liberación de gas metano que representa una velocidad de emisión del orden de los $3,7 \times 10^{-7}$ m/seg, lo cual es insignificante, sobre todo si se contrasta esta velocidad con la de los vientos promedio de nuestra zona, para el período 2004/2015, que se ubican en 1,97 m/seg.

La marcada desproporción entre uno y otro valor, con la velocidad del viento medio en el orden de 5 millones de veces mayor que la velocidad de emisión, da cuenta de una importante de mezcla del gas emitido en el aire ambiente, que predicen una inmisión de las concentraciones de metano en niveles sumamente bajos, que hacen innecesaria e inconveniente la posible colección de los gases generados.

IV. IDENTIFICACIÓN DE LOS EFECTOS E IMPACTOS PRINCIPALES DEL PROYECTO Y SU MITIGACIÓN

Seguidamente, se desarrolla una síntesis de los principales efectos e impactos que el proyecto presenta, en cada una de las fases que lo compone.

Para el ordenamiento de tal descripción, en base a los principales efectos e impactos ambientales previstos, se han ordenado los trabajos comprendidos en las obras a desarrollar según el esquema de fases que se expone en la tabla siguiente.

Fase	Actividades comprendidas en la fase de proyecto
1	Adecuación del predio y construcción de trincheras iniciales
2	Desarrollo de la gestión del relleno sanitario
3	Gestión del residuo estabilizado para su reúso

Asimismo, se promueven y plantean medidas de mitigación en forma sumaria, que se desarrollarán para cada caso.

IV.1. Efectos e impactos para la Fase 1: Adecuación del predio y construcción de trincheras

Las acciones con posibilidades de afectar el ambiente en la etapa que se describe, se identificaron como se listan en la tabla que sigue, abalizando los alcances de las tareas concernientes a la construcción de trincheras o zanjas de disposición, que compone una actividad que se habrá de mantener a lo largo del proyecto.

Acción principal	Acción o tareas comprendidas
Construcción de trincheras o zanjas de disposición de desechos	Replanteo en terreno del sistema de trincheras a construir; excavación de trinchera, acopio de material extraído y construcción de zanjas de guardia para escorrentías

A continuación, se describen para la referida tarea, los efectos ambientales previstos y las medidas propuestas para su mitigación.

IV.1.1. Replanteo de trincheras a construir; excavación, acopio de material extraído y construcción de zanjas de guardia para escorrentías

Las tareas citadas prevén la necesidad de una planificación previa, que determine la selección de los sitios en que se habrán de construir las trincheras de acopio de desechos, entendiendo a los mismos como situados en las zonas más llanas y planas del predio, para evitar escorrentías de aguas pluviales dificultosas de manejar mediante la construcción zanjas de guardia.

Definidos los sitios, se realizará el replanteo en el terreno de las trincheras a construir, tarea que no genera efectos ambientales; para pasar finalmente a la excavación de la trinchera.

La última acción mencionada, demanda un trabajo cuidadoso respecto del acopio del material extraído, debido a que se lo debe reservar para su empleo en las sucesivas coberturas que se irán haciendo sobre los desechos descargados en las mismas a lo largo de su operación; razón por la cual se deberá acopiar en inmediaciones, de forma segura y prolija.

En ese sentido, los retiros de material del suelo por excavaciones y su disposición en el sitio de obra, se efectuarán buscando su menor tiempo de permanencia en el lugar, a efectos de ocupar el mínimo espacio posible con ellos.

Las acciones mencionadas, generarán posibles efectos sobre el medio natural y socioeconómico, los que se pueden identificar y calificar según el detalle que sigue, en el que, asimismo, se describen las mitigaciones pertinentes a cada caso.

Efecto ambiental de la acción o tarea	Impacto y Mitigación
a. Posible generación de ruidos y vibraciones en las tareas de excavación y acopio del material extraído	De carácter leve, transitorio y focalizado, cuenta a su vez con la favorable situación de la localización del sitio de trabajo, muy distante de zonas urbanas (más de 40 km), así como de otros usuarios del entorno
b. Perturbaciones a consecuencia de voladuras de material particulado desde el material excavado y desde la excavación	De carácter leve, transitorio y focalizado, cuenta a favor la simplicidad constructiva que facilita el manejo de los materiales y la localización distante del emprendimiento, respecto de lugares poblados. Se mitiga el posible impacto, en caso de resultar necesario, efectuando irrigaciones de los suelos intervenidos

Efecto ambiental de la acción o tarea	Impacto y Mitigación
c. Perturbaciones por voladuras de material particulado en las tareas de acopio de material extraído y de construcción de zanjas de guardia	De carácter leve, transitorio y focalizado, cuenta a favor la simplicidad constructiva de dichas partes del relleno sanitario y por la localización distante del emprendimiento, respecto de lugares poblados. Se mitiga el posible impacto, en caso de resultar necesario, efectuando irrigaciones de los suelos intervenidos

IV.2. Efectos e impactos para la Fase 2: Desarrollo de la gestión del relleno sanitario

La fase de desarrollo de la gestión del relleno sanitario, comprende una serie de acciones principales con posibilidad de contar con efectos de tipo ambiental sobre el medio circundante. Tales actividades son las que se detallan seguidamente.

Acción principal	Acción o tareas comprendidas
Transportes de los residuos desde su sitio de origen al relleno sanitario	Traslado en camiones de los residuos hasta el sitio de mineralización del residuo
Recepción y gestión de los desechos en las trincheras	Disposición ordenada de las cargas en la trinchera asignada
	Compactación y tapado progresivo del residuo descargado
	Cierre de la trinchera
	Construcción de nueva trinchera

A continuación se describen, para las referidas tareas, los efectos ambientales previstos y las medidas propuestas para su mitigación.

IV.2.1. Traslado de los residuos hasta el relleno sanitario

La actividad prevista en el proyecto demanda la llegada de los desechos sólidos orgánicos en el predio del relleno sanitario.

Atento a la localización del establecimiento, tal arribo se asegurará a través del transporte terrestre mediante camiones debidamente acondicionados, que garanticen el mantenimiento de la calidad y cantidad de la carga.

Esta actividad tiene efectos ambientales asociados a la propia circulación vehicular y al particular tipo de producto transportado, que cuenta con posibilidades de derramar líquidos en el trayecto o en los períodos de descarga, si no se toman los recaudos debidos.

En ese sentido, se operará con transportes que se conducirán por las rutas citadas en anteriores apartados, sin generación alguna de contradicciones con el tránsito vehicular normal, ya que el porte de los mismos es asimilable al de los que normalmente se mueven en el trazado de las arterias a emplear.

Para el ingreso de los mismos al área del proyecto, se prevé una zona de parada, para revisión de la documentación que permita su tránsito y acceso. Esta zona tendrá un playón de material con canaletas colectoras que permitan conducir gravitacionalmente los líquidos que pudieran escurrir de la carga, durante el período de parada del transporte en esa locación, hacia un pozo de absorción.

Igualmente, existe la necesidad de dar un manejo adecuado a la tarea en cuestión para no afectar al medio circundante. De tal forma, una visión sumaria de estos efectos y de sus medidas de mitigación, se muestra en la tabla siguiente.

Efecto ambiental de la acción o tarea	Impacto y Mitigación
a. Interferencias con el tránsito propio de las vías de acceso hacia el relleno sanitario	De carácter leve y focalizado, mitigado a partir de un respetuoso accionar respecto de las normas viales establecidas. Ello más allá de que el movimiento de transporte de carga empleado no difiere de los comúnmente circulantes en las rutas a usar
b. Liberación de gases de combustión y ruidos por parte de los camiones de transporte y equipos	De carácter leve y focalizado al área de tránsito, se mitigará mediante la revisión continua de la condición de emisión de humos por escapes y del estado de los silenciadores para evitar ruidos, tarea que estará a cargo de los transportistas, no vinculados con los responsables del proyecto
c. Derrames de líquidos desde la carga de desechos en el trayecto de traslado	De carácter leve con efecto focalizado, mitigado a partir del drene y colección del líquido, en el galpón de carga de residuos. Antes de iniciar el traslado, se cerrará herméticamente la batea, manteniendo la misma cerrada mientras se esté en período de traslado
d. Derrames de líquidos en la parada de ingreso al predio del proyecto	De carácter leve con efecto focalizado, mitigado a partir de la construcción de un playón de colección de líquidos, los que son conducidos a un pozo absorbente

IV.2.2. Recepción y gestión de los desechos en las trincheras

El residuo transportado hasta el relleno sanitario será recibido en el mismo y deberá gestionarse a través de las tareas de descarga en la trinchera asignada, compactación, tapado progresivo, tapado final o de cierre de trinchera por un año y finalmente, construcción de nueva trinchera para seguir recibiendo residuos.

Esta gestión del material y de las trincheras, deberá ser atendida de manera tal que no genere los posibles efectos ambientales que seguidamente se evalúan, y para los cuales se proponen las correspondientes medidas de mitigación que se reseñan en la siguiente tabla.

Efecto ambiental de la acción o tarea	Impacto y Mitigación
a. Pérdida o descarga descontrolada de los residuos en la trinchera o en sus inmediaciones	De carácter leve, efecto focalizado, se mitiga a través de prácticas operativas que evitan la dispersión por pérdida de material, mediante instrucciones precisas a los transportistas respecto de la forma y lugares de descarga planificados.
b. Posible generación de olores desagradables en el acopio de los residuos hasta su tapado parcial o definitivo	De carácter leve y focalizado, mitigado a partir de un periódico tratamiento de cobertura del residuo recibido, según lo establecido respecto de espesores de material acopiado. Este tapado debe ser, al menos, realizado una vez al día.
c. Posible voladura de materiales pulverulentos en las tareas de cobertura del residuo	De carácter leve y focalizado, mitigado mediante operatoria de descarga del material de suelo reservado para esta tarea, manejándolo en forma segura y ordenada.
d. Gestión de gases de descomposición	De carácter leve y focalizado, extendido en el tiempo de vida del relleno, se mitigan los posibles peligros de combustiones a través de la implementación de la cubierta de tapado, especificada en la descripción del proyecto.
e. Construcción de nuevas trincheras	Según carácter y modo de mitigación ya descrita en anteriores evaluaciones de esta actividad.
f. Aparición de moscas	De carácter leve y focalizado, mitigado mediante operatoria de fumigación en caso de ser necesario.
g. Aparición de gaviotas y rapaces	De carácter leve y focalizado, mitigado a partir de la operatoria de tapado periódico del residuo.

IV.3. Efectos e impactos para la Fase 3: Gestión del residuo estabilizado para su reúso

Las actividades susceptibles de afectar el ambiente en la etapa que se agrega al proyecto por la gestión de los residuos estabilizados, tienen identificación a través de lo que contiene la Tabla de más adelante, donde se listan las mismas.

Acción principal	Acción o tareas comprendidas
Apertura y remoción de material estabilizado, de la celda a intervenir	Destape de la cobertura de estéril que cubre el material de la celda intervenida
	Retiro del material estabilizado y depósito en la planchada de mezcla
Recepción de materiales en sector de formulación y preparación de la mezcla	Recepción de los componentes de la mezcla a realizar
	Mezcla, con maquinaria pesada, de los componentes hasta dar homogeneidad al conjunto
Retiro y traslado del fertilizante formulado para su reúso	Evacuación de la planchada de mezclado, mediante equipo de carga y transporte y reacondicionamiento de la misma

Seguidamente se describen, para la referida tarea, los efectos ambientales previstos y las medidas propuestas para su mitigación.

IV.3.1. Apertura y remoción de material estabilizado, de la celda intervenida

Las tareas comprendidas es esta acción principal prevén la necesidad de una planificación previa, que determine, en función de los registros de tiempos de depósito de las diferentes celdas ya cerradas, la prioridad de la que será objeto de intervención.

Asimismo, se deberá delinear una logística específica, para determinar la localización de la planchada de mezclado, a emplear en el manejo de los sólidos que intervienen en la formulación del material fertilizante a elaborar.

Ya definida la celda a intervenir y la localización de la planchada de mezclado, los trabajos de remoción de material de tapada deben dar inicio, con la finalidad de alcanzar el material depositado y en estado de estabilización que es objeto de remoción para la preparación de la mezcla fertilizante a reusar.

En esta operación será conveniente llevarla a la práctica en condiciones climáticas tales que exista al menos una tenue brisa, a efectos de conseguir el barrido y mezclado de los gases propios del depósito con el aire ambiente lo que, extremará los recaudos de seguridad ya que, de por sí, en virtud de los cálculos de emisiones realizados para el caso, las condiciones de generación de gases, tanto combustibles como odoríferos, son de escasa cuantía y riesgo.

En igual ámbito operativo, debido al tipo de material de cobertura, cuya calidad puede coincidir con la necesaria para la realización de la mezcla de componentes del fertilizante a elaborar, será conveniente acopiar al mismo en la planchada de mezclado, ya que con ello se consigue la recuperación de esta fracción de material que, al momento de su retiro del sitio, puede arrastrar parte del residuo estabilizado, el que con esta práctica, no se habrá de perder.

Las acciones mencionadas, generarán posibles efectos sobre el medio natural y socioeconómico, los que se pueden identificar y calificar según el detalle que sigue, en el que, asimismo, se describen las mitigaciones pertinentes a cada caso.

Efecto ambiental de la acción o tarea	Impacto y Mitigación
a. Posible generación de ruidos y vibraciones en las tareas de excavación y acopio del material a remover	De carácter leve, transitorio y focalizado, cuenta a su vez con la favorable situación de la localización del sitio de trabajo, muy distante de zonas urbanas, así como de otros usuarios del entorno
b. Perturbaciones a consecuencia de voladuras de material particulado desde el sitio de extracción y acopio del suelo pobre a emplear en la mezcla fertilizante	De carácter leve, transitorio y focalizado, cuenta a favor la simplicidad operativa de los trabajos, la localización distante del emprendimiento, respecto de lugares poblados y la reutilización de material de tapada que reduce los volúmenes necesarios de suelos pobres para la mezcla. Se mitiga el posible impacto, en caso de resultar necesario, efectuando irrigaciones de los suelos intervenidos
c. Perturbaciones por voladuras de material particulado y liberación de gases en las tareas de remoción de material estabilizado y de su acopio en planchada de mezcla	De carácter leve, transitorio y focalizado, cuenta a favor la humedad del residuo y la textura del mismo que difícilmente libere importantes cantidades de sólidos particulados y de gases de descomposición, debido a la corta vida de las celdas de depósito luego de sus cierres. Asimismo, la localización distante del emprendimiento, respecto de lugares poblados aporta niveles de seguridad respecto de la proliferación eventual de gases odoríferos.

IV.3.2. Recepción de materiales en sector de formulación y preparación de la mezcla

La fase de desarrollo de la recepción de materiales para la formulación y preparación de la mezcla fertilizante, comprende una serie de acciones o tareas, principalmente asociadas a los movimientos de suelos y materiales, así los efectos ambientales previstos para la misma se restringen a aquellos propios de la generación de material particulado y afectaciones a la calidad del aire atmosférico, a consecuencia de ello.

Varios de los recaudos operativos a respetar en esta fase, son similares a las comentadas para la acción principal antes mencionada dedicada al destape y remoción de los sólidos depositados en las celdas a intervenir.

Así, las acciones en cuestión son susceptibles de generar efectos sobre el medio natural y socioeconómico, los que se han identificado y calificado según el detalle de la tabla que sigue, en la que se describen también las mitigaciones propuestas.

Efecto ambiental de la acción o tarea	Impacto y Mitigación
a. Posible generación de ruidos y vibraciones en las tareas de movimiento de materiales acopiados	De carácter leve, transitorio y focalizado, cuenta a su vez con la favorable situación de la localización del sitio de trabajo, muy distante de zonas urbanas, así como de otros usuarios del entorno. Se mitiga con la operación a través de equipos con mantenimiento tal que evite la generación de ruidos
b. Perturbaciones a consecuencia de voladuras de material particulado	De carácter leve, transitorio y focalizado, cuenta a favor la simplicidad operativa de los trabajos, la localización distante del emprendimiento, respecto de lugares poblados. Se mitiga el posible impacto, en caso de resultar necesario, efectuando irrigaciones de los materiales acopiados y gestionados

IV.3.3. Retiro y traslado del fertilizante formulado para su reuso

El material fertilizante elaborado se tiene previsto que sea empleado para uso cautivo del proyecto, para mejorar la calidad de los suelos en que se realizarán trabajos de forestación o cultivos.

Independientemente de lo anterior, también se prevé la entrega en el medio local de estos suelos fertilizantes, para mejorar los rendimientos de la producción agropecuaria de los campos linderos. Por tal razón es factible que una parte del

material fertilizante obtenido sea transportando por los caminos y rutas locales, con camiones, hasta los referidos destinos, acción que debe contar con los recaudos ambientales del caso.

Esta actividad, al momento de alcanzar los traslados fuera del espacio geográfico del proyecto, tiene efectos ambientales asociados a la propia circulación vehicular y al particular tipo de producto transportado, que cuenta con posibilidades de emitir materiales particulados si el mismo no está suficientemente húmedo o si se carece de lona para la tapada de la carga, recaudos éstos que deberán ser observados cuidadosamente.

En ese sentido, se operará con transportes que se conducirán por las rutas citadas en anteriores apartados, sin generación alguna de contradicciones con el tránsito vehicular normal, ya que el porte de los mismos es asimilable al de los que normalmente se mueven en el trazado de las arterias a emplear.

Igualmente, existe la necesidad de dar un manejo adecuado a la tarea en cuestión para no afectar al medio circundante. De tal forma, una visión sumaria de estos efectos y de sus medidas de mitigación, se muestra en la tabla siguiente.

Efecto ambiental de la acción o tarea	Impacto y Mitigación
a. Posible generación de ruidos y vibraciones en las tareas de carga de equipos para el transporte del fertilizante obtenido	De carácter leve, transitorio y focalizado, cuenta a su vez con la favorable situación de la localización del sitio de trabajo, muy distante de zonas urbanas, así como de otros usuarios del entorno. Se mitiga con la operación a través de equipos con mantenimiento tal que mitigue la generación de ruidos
b. Perturbaciones al aire atmosférico circundante al sitio de carga, a consecuencia de voladuras de material particulado	De carácter leve, transitorio y focalizado, cuenta a favor la simplicidad operativa de los trabajos, la localización distante del emprendimiento, respecto de lugares poblados. Se mitiga el posible impacto, en caso de resultar necesario, efectuando irrigaciones de los materiales a cargar
c. Perturbaciones en el aire atmosférico en el ámbito del proyecto, como consecuencia del transporte interno del fertilizante hasta el sitio de empleo cautivo	De carácter leve, transitorio y focalizado, cuenta a favor la simplicidad operativa de los trabajos, la localización distante del emprendimiento, respecto de lugares poblados y la carencia de vecindades cercanas. Se mitiga el posible impacto, a través del empleo de camiones con lona para tapar la carga
d. Interferencias con el tránsito propio de las vías de acceso a los destinos	De carácter leve y focalizado, mitigado a partir de un respetuoso accionar respecto de las normas viales establecidas para el desenvolvimiento en las vías de tránsito empleadas. Ello más allá de que el movimiento

Efecto ambiental de la acción o tarea	Impacto y Mitigación
previstos fuera del predio del proyecto	de transporte de carga empleado no difiere de los comúnmente circulantes en las rutas a usar y que esta actividad correrá por cuenta de terceros
e. Liberación de gases de combustión, ruidos y material particulado desde la carga, por parte de los camiones de transporte y equipos	De carácter leve y focalizado al área de tránsito, se mitigará mediante la revisión continua de la condición de emisión de humos por escapes y del estado de los silenciadores para evitar ruidos. El control de las emisiones desde la carga se realizará a través de la colocación ineludible de lona de tapada de la carga

V. PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL

El PGA tendrá por objeto organizar la estrategia de gestión, que en el proyecto asegure una adecuada implementación de las medidas formuladas para los impactos identificados, así como el seguimiento y control de las acciones de monitoreo ambiental de los efectos negativos visualizados.

Las planillas que se detallan a continuación, contienen los elementos básicos a considerar con carácter de seguimiento y control y de monitoreo a concretar, los que se deberán usar como marco para el accionar en la materia y guía de las secuencias de actividades a llevar a cabo.

Los ejecutores de estos programas podrán definir protocolos de acción específicos, debiendo ser tomadas las acciones que seguidamente se presentan como base de los mismos.

ETAPA DE ADECUACIÓN DEL PREDIO

Obras de preparación del sitio y construcción de trincheras o zanjas de disposición

Medida de mitigación	Descripción	Acciones a adoptar			Plazo
		ACCIÓN 1	ACCIÓN 2	ACCIÓN 3	
M1	Señalizar los distintos sectores de las áreas de trabajo internos y externos al predio de la empresa	Procurar las señales de obra	Disponerlas en su sitio	Mantenerlas hasta finalizar la obra	Al inicio de los trabajos
M2	Atender niveles de emisiones de motores de combustión interna de equipos fijos	Exigencia de buenas prácticas al respecto a los contratistas	Tareas de Mantenimiento	-	Desde el inicio hasta el final de las actividades
M3	Los materiales removidos, que tendrán acopio transitorio, se dispondrán en proximidad de su lugar de origen, manteniendo un ordenamiento que permita su fácil accesibilidad para el posterior empleo	Instruir a operadores de maquinaria sobre el particular	Identificar sitios de posible acopio	Realizar el acopio ordenado	Desde el inicio de actividades hasta finalización
M4	En días de viento mitigar por rociado con agua, de los sitios de acopio de materiales y sectores de circulación de camiones, para evitar la voladura de polvos	Acondicionar un regador	Aplicar riego en las ocasiones que se hace necesario	-	Desde el inicio de actividades hasta el final de ellas
M5	Trabajos de excavaciones y zanjeo en jornadas de escaso viento	Establecer instructivos para el caso	Comunicar a los niveles de mando	Ejecutar la acción según lo acordado	A lo largo de toda la tarea

Medida de mitigación	Descripción	Acciones a adoptar			Plazo
		ACCIÓN 1	ACCIÓN 2	ACCIÓN 3	
M6	Las excavaciones y movimientos de materiales de suelo se limitarán con cinta de aviso de peligro	Definir sitios de uso y procurar cinta de aviso	Colocar cinta en momentos necesarios	Retirar finalizado el mismo	Al momento requerido

ETAPA DE GESTIÓN DEL RELLENO SANITARIO

Recepción de residuos, compactación, tapados, cierre y construcción de nuevas trincheras

Medida de mitigación	Descripción	Acciones a adoptar			Plazo
		ACCIÓN 1	ACCIÓN 2	ACCIÓN 3	
M7	Búsqueda de operatoria adecuada para evitar pérdidas de desechos en la descarga	Dar instructivo de descarga a los transportistas	Definir en forma precisa los sitios y formas de descarga	-	Previo a inicio de la recepción de residuos
M8	Definir operatoria de cobertura (espesores de carga de residuos, espesor de material de cobertura, frecuencias de tapados)	Elaborar protocolo de trabajo de la cobertura	Instruir a maquinistas	Verificar coberturas periódicas	Previo a la recepción de desechos
M9	Definir operatoria de fumigación	Elaborar protocolo de trabajo y frecuencia	Instruir al personal	Verificar cumplimiento asignada	En todo el período de trabajo

ETAPA DE GESTIÓN DEL RESIDUO ESTABILIZADO PARA SU REÚSO

Destape de celdas, retiro de materiales, formulación y preparación del fertilizante y carga y transporte del fertilizante producido

Medida de mitigación	Descripción	Acciones a adoptar			Plazo
		ACCIÓN 1	ACCIÓN 2	ACCIÓN 3	
M10	Definición de la cronología de apertura de celdas y de la logística para la remoción de materiales y su acopio en planchada de mezclado	Confección del programa de intervención de celdas con desarrollo cronológico	Definir las localizaciones de las planchadas de mezclado para disminuir distancias de traslado de materiales		Previo al inicio de los trabajos de intervención en celdas de depósito
M11	Definir operatoria de apertura de celdas y de manejo de los materiales a remover de las mismas	Elaborar protocolo de trabajo de la apertura de las celdas y acopio de materiales extraídos	Instruir a maquinistas	Verificar condiciones para el trabajo de apertura y remoción de materiales	Previo al inicio de los trabajos de intervención en celdas de depósito
M12	Definir operatoria de gestión de materiales para	Elaborar protocolo de	Elaborar protocolo de	Instruir y verificar	A lo largo de todo el

Medida de mitigación	Descripción	Acciones a adoptar			Plazo
		ACCIÓN 1	ACCIÓN 2	ACCIÓN 3	
	la formulación y preparación de los materiales fertilizantes	formulación para distintos usos del fertilizante	trabajo para la preparación del formulado	cada formulación y tareas de elaboración	proyecto desde la primera formulación
M13	Definir operatoria para la carga, transporte y descarga de las formulaciones de fertilizantes realizadas	Elaborar protocolo de trabajo para la carga del material fertilizante producido	Elaborar protocolo de trabajo para el transporte interno al proyecto	Elaborar protocolo para el transporte externo del producto elaborado	Antes de la primera carga y transporte de producto generado

VI. PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL

A fin de controlar las variables que identifican la calidad obtenida, a partir de la ejecución de las medidas de mitigación delineadas, en relación al sistema de gestión del relleno sanitario, se desarrolla a continuación, un Programa de Monitoreo Ambiental de mínima, a cumplimentar.

Para ello, se deberán llevar a cabo una serie de monitoreos ambientales y de actividades como los que básicamente se definen seguidamente, los que podrán ser ampliados bajo las necesidades del operador del mismo y/o de lo que estime la Autoridad de Aplicación ambiental Municipal o Provincial.

Para ello, se propone:

- Monitoreo de gestión de desechos recibidos

Para los desechos recibidos en la etapa operativa del relleno sanitario, se llevará un registro de las cantidades, fechas de recepción, tipos, tratamientos y localización de la o las trincheras en que se los destinó a los mismos.

- Monitoreo de la estabilidad alcanzada en los residuos con el tiempo

El tiempo aproximado de transformación de los residuos en material aprovechable, es el resultado de un análisis de equilibrios de beneficios entre la mayor estabilización o mineralización del desecho con el mayor paso del tiempo, que habla de un posterior mejor aprovechamiento del material como fertilizante, y el acortamiento de tales tiempos en la búsqueda de menores generaciones y consecuentes emisiones de gases de descomposición.

Tanto la información existente acerca de la generación de gases mayoritarios de descomposición (CO_2 y CH_4 principalmente por su interés y magnitudes) como lo encontrado a partir de la experiencia de muestreos analíticos sobre residuos con una vida de cierre de ocho meses, sobre un relleno de similares condiciones a las del relleno sanitario que se analiza en el presente caso, dan cuenta de que la estabilización del material tiene un avance tal que satisface las posibilidades de empleo del material para la elaboración de mejoradores de suelos a partir del

mismo, al tiempo que la generación de gases se presenta incipiente y reducida en cantidad relativa de metano (CH_4) sobre el total emitido a lo largo de ese período.

Tal circunstancia, que habrá de ser verificada a través de muestreos específicos en el relleno que nos ocupa, habla de que la adopción de un año de antigüedad del cierre de las celdas, podrá ser tomado como plazo inicial para la condición de trabajo ya que se logra un equilibrio entre la estabilización del residuo (denotada por los resultados analíticos, cuyos valores se acompañan en una tabla en esta presentación), al tiempo que la cantidad de biogases emitidos, por la descomposición en un año (179263 m^3), se ubica en 14 veces menos que la que se generaría con una vida de la celda de 5 años y de 24 veces menos si la antigüedad de la estabilización se hiciese llegar hasta los 10 años.

Para evaluar la estabilización del residuo, se emplearán los parámetros ya analizados en el residuo estabilizado testigo, que se mencionó anteriormente, siendo los principales de ellos:

- *Humedad*
 - *pH*
 - *Conductividad*
 - *Materia orgánica*
 - *NTK*
 - *P extractable*
 - *Ca*
 - *Mg*
 - *Na*
- Monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas

Atendiendo a las profundidades en que se encuentran las aguas subterráneas en la zona del predio del relleno sanitario y a las condiciones del balance hídrico practicado previamente para estimar el movimiento de los lixiviados del repositorio, se recomienda solo una verificación analítica anual de las aguas subterráneas próximas al relleno, desde los freáticos ya instalados.

Esto se sustenta con lo señalado por la bibliografía específica, la que menciona lo siguiente³²:

"Existen algunos casos donde no es necesario el análisis de las aguas subterráneas:

- *Sitios donde la primera capa freática es muy baja (**más de 40 m bajo la capa de fondo del relleno**)*
- *Sitios con una barrera geológica impermeable (ver capítulo 2.4.1.1.)*
- *Regiones áridas con menos de 300 mm de lluvia anuales*
- *Rellenos pequeños y muy pequeños donde no se disponen desechos peligrosos de procedencia industrial*

Para ello se sugiere la cuantificación de:

- *pH*
 - *Conductividad*
 - *Nitratos*
 - *Nitritos*
 - *Fosfatos*
 - *DBO5*
 - *DQO*
- **Monitoreo de inmisiones**

Atendiendo a las características del relleno sanitario y a las condiciones del residuo, se propone un monitoreo de calidad de aire anual, desde donde se sugiere el monitoreo como mínimo de un punto a sotavento, cuantificando:

- *Metano*
- *Sulfuro de hidrógeno*
- *Amoníaco*
- *Monóxido de carbono*

³² Eva Röben, Servicio Alemán de Cooperación Social- Técnica (Deutscher Entwicklungsdienst) y Municipalidad de Loja Ecuador, Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales 2002

VII. BIBLIOGRAFÍA EMPLEADA PARA CONFECCIÓN DE LA DAP

- BIANCHI E., PLANIFICACIÓN RED DE MONITOREO, CONTROL DE PERFORACIONES, DISEÑO DE POZO, CONARPESA S.A., agosto 2018
- CAROLA DASOVICH, ANEXO II INFORME VIABILIDAD AGRONOMICA. PROYECTO PRODUCTIVO AGROPECUARIO/FORESTAL ARCANTE S.A. Chubut, mayo 2018
- Canadian Food Inspection Agency, Fish Products Standard and Methods Manual
- CORBITT R.; "Standard Handbook of Environmental Engineering"; Mc Graw-Hill, Inc 1989.
- CUADERNOS CIFCA (PNUMA); Aguas Subterráneas.
- ESCORCIA D., D. HERNÁNDEZ, M. SÁNCHEZ Y M. BENAVENTE; "Diseño y montaje de una planta piloto para la extracción de quitina y proteínas"; Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
- Estructplan On Line; Disposición Final, Principios básicos de un relleno sanitario;
<http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=760>
- FREEMAN H., "Standard Handbook of Hazardous Waste and Disposal; Mc Graw-Hill Book Company 1988.
- GLYNN HENRY J., HEINKE G.; "Ingeniería Ambiental" 2da edición, Prentice Hall, Pearson Education, 1996.
- Greenpeace; "Resumen de los impactos ambientales y sobre la salud de los rellenos sanitarios"; Campaña Contra la Contaminación, Tercera revisión: septiembre 2008
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA; "Contaminación de las Aguas Subterráneas: Tecnología, Economía y Gestión"; ONU FAO 1981.
- JARAMILLO J., ZEPEDA F., "Residuos Sólidos Municipales; Guia para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales"; Organización Panamericana de Salud – Organización Mundial de Salud, Washington D.C., 1991
- PEINADO LORCA M., SOBRINI SAGASETA I., "Avances en evaluación de impacto ambiental y ecoauditoría", Ed. Trotta, 1997.
- PINZÓN URIBE L., SOTELO ROJAS H., "Análisis de las características físico químicas de los suelos empleados como cobertura final en el relleno sanitario Doña Juana", Facultad de Ingeniería, Bogotá, Colombia
- PO Box 5595, Managua, Nicaragua; 2009

- REY BENEYAS J.M.; "Aguas Subterráneas y Ecología, Ecosistemas de Descarga de Acuíferos en Arenales"; ICONA S.C.I.C. 1991
- RÖBEN E., Servicio Alemán de Cooperación Social- Técnica (Deutscher Entwicklungsdienst) y Municipalidad de Loja Ecuador, Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales 2002
- SAMPAT A. GAVANDE, "Física de Suelos. Principios y Aplicaciones", Editorial Limusa, México 1976.
- STILING P., 1996 "Ecology, theories and applications", 2º edition.
- TORRI S.; ¿Qué es un relleno sanitario?; Departamento de Recursos Naturales y Ambiente, Facultad de Agronomía, UBA, 2017
- URBASER S.A., "Diseño, Construcción y Operación del Centro de Disposición Final, Estaciones de Transferencia y Plantas de Separación en la Región I – Provincia de Chubut – Consorcio Público Intermunicipal de Gestión de Residuos Sólidos", 2011



Estudio de Ingeniería Ambiental **EIA**
Santa Margarita **1518**
Rawson-Chubut **(9103)**
0280-4482384
0280-154413235/154668292
www.estudioeia.com

ANEXO DOCUMENTAL

**RELLENO PARA RESIDUOS
ORGÁNICOS DE LAS PLANTAS
DE PUERTO MADRYN Y
RAWSON, GRUPO CONARPESA**

SEPTIEMBRE 2018