

[www.pwc.com/pe](http://www.pwc.com/pe)

Caso de Inversión San Juan Bautista

# San Juan Bautista, Perú

Setiembre 2019

Informe Final



# Contenido

<b>1. Resumen Ejecutivo</b> .....	<b>6</b>
<b>2. Introducción</b> .....	<b>8</b>
<b>3. Identificación</b> .....	<b>9</b>
3.1. Definición de los Objetivos del Proyecto .....	9
3.2. Diagnóstico General.....	9
3.3. Definición de Área de Estudio .....	10
3.3.1. Aspectos Climáticos y Ambientales.....	11
3.3.2. Aspectos Económicos Relevantes .....	11
3.4. Situación actual del proceso de gestión de residuos sólidos de San Juan Bautista.....	13
3.4.1. Generación de Residuos Sólidos Municipales .....	14
3.4.2. Procesos Clave en la Gestión de Residuos Solidos .....	14
3.5. Definición del Problema .....	16
<b>4. Formulación</b> .....	<b>18</b>
4.1. Descripción de la Solución .....	18
4.1.1. Descripción del Proyecto .....	20
4.2. Definición del Horizonte de Evaluación del Proyecto.....	25
4.3. Presupuesto de Inversión Desagregado .....	26
4.3.1. Inversiones en Sistema de Evaporación de Lixiviados.....	26
4.3.2. Costos de Operación y Mantenimiento.....	26
4.4. Proyecciones Financieras .....	27
4.4.1. Flujos de Caja.....	27
4.4.2. Análisis de Sensibilidad .....	29
4.5. Identificación y gestión de riesgos del proyecto.....	30
4.5.1. Riesgos en Construcción / Instalación.....	30
4.5.2. Riesgos en Operación de Relleno Sanitario .....	30
<b>5. Operación Financiera Sugerida</b> .....	<b>32</b>
5.1. Financiamiento.....	32
5.1.1. Licitación de Operación, Mantenimiento y Ampliación.....	32
5.2. Monto .....	32
5.3. Plazo .....	32
5.4. Garantías.....	32
<b>6. Actores Relevantes</b> .....	<b>34</b>
6.1. Autoridades Locales .....	35
6.2. Proveedores Financieros.....	35

---

6.3. Empresas Operadoras de Residuos Sólidos .....	35
6.4. Ministerios .....	35
6.5. Proveedores de Tecnología .....	36
<b>7. Impacto del Proyecto .....</b>	<b>37</b>
7.1. Impacto Ambiental .....	37
7.2. Impacto Social.....	37
7.3. Impacto Económico .....	38
<b>8. Recomendaciones.....</b>	<b>39</b>
8.1. Sobre el Relleno Sanitario.....	39
8.2. Evaporación de Lixiviados.....	39
8.3. Mejorar la Recaudación Fiscal .....	39
8.4. Entender la problemática local.....	39
<b>9. Conclusiones .....</b>	<b>40</b>
<b>10. Anexos .....</b>	<b>41</b>

# Índice de Tablas

Tabla 1. Generación de Residuos Sólidos - Municipalidad San Juan Bautista .....	14
Tabla 2. Alcance del Servicio de Limpieza Pública .....	15
Tabla 3. Cantidad de predios afectos según tipo de servicio .....	15
Tabla 4. Cantidad de Lixiviados (Generación Diaria).....	18
Tabla 5. Costo de tratamiento de lixiviados .....	19
Tabla 6. Cantidad de RSU a disponer en área de interés.....	21
Tabla 7. Cantidad de lixiviados totales a tratar .....	22
Tabla 8. Cantidad de RSU acumulado por año y LFG generado .....	22
Tabla 9. Cantidad de lixiviado evaporado por m <sup>3</sup> de LFG.....	24
Tabla 10. Requerimiento de biomasa y costo de tratamiento .....	25
Tabla 11. Presupuesto sistema de evaporación de lixiviados.....	26
Tabla 12. Costos de operación y mantenimiento del relleno sanitario por año (en US\$).....	26
Tabla 13. Principales supuestos.....	27
Tabla 14. Resumen del flujo de caja económico del proyecto.....	28
Tabla 15. Resumen del flujo de caja financiero del proyecto.....	28
Tabla 16. Resumen de riesgos en construcción.....	30
Tabla 17. Resumen de riesgos en operación del relleno sanitario .....	30
Tabla 18. Monto de inversión inicial .....	32
Tabla 19. Resumen de actores claves del sector.....	34
Tabla 20. Reducción de emisiones de LFG en el relleno de SJB .....	37
Tabla 21 Cálculo de ahorros en los 10 años de proyecto.....	38

---

# ***Índice de Gráficos, Fotos y Figuras***

Gráfico 1. Área de Interés del Proyecto .....	10
Gráfico 2. Ubicación relleno sanitario San Juan Bautista .....	20
Gráfico 3. Generación de lixiviado durante vida útil del relleno .....	25
Gráfico 4. Flujo de caja económico del proyecto .....	27
Gráfico 5. Flujo de caja financiero del proyecto.....	28
Gráfico 6. Análisis de sensibilidad .....	29
Foto 1. Relleno sanitario "Villa San Juan" .....	11
Foto 2. Aserrín producido en Aserradero Forestal Marupa .....	12
Foto 3. Relleno sanitario "El Treinta" .....	17
Figura 1. Flujo general del proyecto .....	19
Figura 2. Sistema de evaporación de lixiviado.....	23
Figura 3. Evaporador modelo ZES EVAPORATOR SYSTEM.....	24
Figura 4. Mapa de actores claves según interés en el proyecto .....	34

# 1. Resumen Ejecutivo

La finalidad del presente documento es presentar un modelo de proyecto viable y replicable para la Municipalidad de San Juan Bautista (SJB), el cual consiste en una estrategia alternativa para el tratamiento de lixiviados mediante evaporación forzada instalando un evaporador de lixiviados en su relleno sanitario (llamado “Villa San Juan”) para el tratamiento de estos líquidos altamente contaminantes. Este evaporador funcionará utilizando el gas del relleno sanitario. Esto permitirá la reducción de emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), en concordancia con lo visto en las NDC de Perú, y podría significar una interesante oportunidad de inversión para optimizar los costos de operación del relleno sanitario.

El presente documento tiene tres objetivos principales:

1. Proponer un diseño conceptual de la implementación de un evaporador de lixiviados para el tratamiento de los mismos en el relleno sanitario “Villa San Juan”.
2. Proponer una estructura de financiamiento del proyecto permitiendo la participación del sector privado para su implementación y operación.
3. Contribuir con las metas nacionales de reducción de emisiones de GEI en el sector de residuos sólidos.

El área de interés definida para este proyecto es el distrito de SJB, provincia de Maynas, departamento de Iquitos. Este lugar tiene las características climáticas propias de la selva amazónica, como los altos niveles de precipitación anual y humedad, que ocasionan un aumento en la generación de uno de los subproductos más contaminantes encontrados en sitios de disposición final: los lixiviados.

Durante la visita en campo realizada por PwC se pudo observar que, actualmente, la gestión integral de residuos sólidos en la zona es llevada a cabo principalmente por la Municipalidad de SJB (recolección, barrido, transporte y valorización). Por su parte, la disposición final, se realiza en el relleno sanitario conocido como “El Treinta” a cargo de una empresa privada (Brunner), en el cual se disponen actualmente los residuos de los distritos de Iquitos, Punchana, Belén y San Juan Bautista suman aproximadamente 500 toneladas al día, a una tarifa de S/54 la tonelada. Cabe destacar, que para poder costear estos servicios la Municipalidad de SJB cobra a sus contribuyentes un arbitrio por Limpieza Pública y la tasa de morosidad para el pago de la misma asciende a 90%. En este sentido es crítico que la Municipalidad de SJB tome las medidas necesarias para elevar la recaudación, como el cobro de este servicio en los recibos de agua, uso de fideicomisos, entre otros.

Una vez culminado el proyecto del relleno sanitario de “Villa San Juan”, los residuos sólidos generados en la municipalidad de SJB, serán dispuestos en este relleno (el resto de distritos tienen su proyecto separado), esto debido a que el “El Treinta” tiene las características de un botadero. Es decir, no cuenta con un sistema de tratamiento adecuado de los líquidos lixiviados y de las emisiones que se generan.

El plan actual de la Municipalidad de SJB respecto al relleno sanitario de “Villa San Juan” es tratar los lixiviados en una planta de tratamiento de agua que se encuentra en la ciudad de Iquitos, lo cual implica altos costos de transporte y tratamiento, y riesgos ambientales relacionados.

Encargarse de esta problemática es de suma importancia para áreas con características climáticas similares a las de SJB, ya que sin un tratamiento efectivo el lixiviado puede permear hasta la capa freática llegando a fuentes de agua subterráneos y/o riachuelos y eventualmente contaminar ríos cercanos del cual dependen comunidades y fauna local para su alimentación. Por esta razón, el ejercicio de identificación de un tratamiento adecuado para los lixiviados es de vital importancia para SJB y el resto de la región.

Este análisis abarca únicamente el proceso de tratamiento de lixiviados generados en el relleno sanitario “Villa San Juan” donde se dispondrán los residuos sólidos municipales (RRSS) una vez sea culminado. En este sentido, para dar solución a la problemática descrita, se propone implementar un sistema de captura de gas del relleno sanitario y un sistema de evaporación forzada de lixiviados empleando este gas como combustible para tratar una parte del volumen de lixiviados. Ya que no habría suficiente gas para evaporar

---

todo el líquido generado, se propone utilizar biomasa como combustible alternativo y así tratar la totalidad del lixiviado generado.

Es importante señalar que en la región unas de las actividades económicas más importantes es la industria maderera, cuyo subproducto generado en los aserraderos es el aserrín, que se da en bastante abundancia en la zona y al que no se le da un uso local importante. Por este motivo, nuestro análisis considera que este subproducto se utilice como fuente alternativa de combustible para complementar el tratamiento de los lixiviados.

El horizonte de evaluación del proyecto es de 10 años y tendrá un costo de inversión inicial de US\$2.0 millones (ver sección 4.4.1 Flujo de Caja). Se plantea un esquema de financiamiento mediante leasing o préstamo corporativo del 80% del monto a una tasa de interés del 8%. El resto sería financiado por el capital de una Empresa Operadora de Residuos Sólidos (EO-RS)<sup>1</sup>. Durante dicho horizonte de evaluación se espera obtener un retorno de la inversión (RoI) del 18% gracias al cobro que le hará la EO-RS seleccionada a la Municipalidad por el servicio de tratamiento de lixiviados.

Bajo este esquema, el proyecto podría ser bancable y tendrá un impacto positivo a nivel ambiental, social y económico para la región de Loreto, contribuyendo a impedir que los lixiviados contaminen masas de agua cercanas y reduciendo durante la vida útil del relleno un total de 95,437 tCO<sub>2</sub>e. Esto siempre y cuando se logre una colaboración fructífera entre los diferentes niveles de gobierno, buenas relaciones entre el sector privado y público y fácil acceso a los sistemas de créditos y financiamiento.

---

<sup>1</sup> Los roles y responsabilidades de una Empresa Operadora de Residuos Sólidos se encuentran detalladas en el Capítulo 5 de la Ley 1278: Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

---

## **2. Introducción**

En el presente documento se realiza una evaluación de un proyecto que consiste en la implementación de una tecnología complementaria para el relleno sanitario “Villa San Juan”, ubicado en el distrito de San Juan Bautista, Loreto. Esta tecnología permitiría enfrentar la problemática de los subproductos generados en el relleno a partir de la descomposición de la fracción orgánica de los residuos dispuestos.

Los subproductos a los que se hace referencia son los líquidos lixiviados y los Gases de Efecto Invernadero (GEI). Debido a factores climáticos característicos de la selva peruana, como los altos niveles de precipitaciones y mayores temperaturas, la descomposición de la basura ocurre de manera acelerada y el volumen de lixiviados que se genera es elevado (en comparación a otras regiones). El alto volumen de estos líquidos ocasiona un problema al que se debe prestar atención, pues estos son altamente contaminantes y nocivos para el medio ambiente y los seres vivos que habitan en los alrededores. De no ser canalizados y tratados adecuadamente, estos líquidos podrían rebalsar las piscinas de lixiviados y filtrarse en las aguas subterráneas y ríos cercanos, lo que generaría gran contaminación.

Se buscó que la solución a evaluar fuese integral, de modo que permita la eliminación de ambos subproductos de manera eficiente. De este modo, se da solución al problema de los lixiviados, que puede tener consecuencias ambientales negativas considerables, y se mitigan los GEI, lo cual contribuye al compromiso de reducción de emisiones que tiene Perú, según lo pactado en el Acuerdo de París en 2015. Si bien no se espera que el volumen de GEI mitigado sea muy grande por las dimensiones del relleno, existe un factor de replicabilidad que podría hacer que este tipo de proyecto tenga un alto impacto en materia ambiental.

De manera adicional y conveniente, se plantea una operación de esta infraestructura de tratamiento de lixiviados llevada a cabo por una empresa privada operadora de residuos sólidos (EO-RS), pues estas cuentan con conocimientos técnicos e intereses económicos (ej. evitar penalidades por incumplimiento de contrato, rentabilidad de su servicio, entre otros) que las incentivarían a llevar la operación en óptimas condiciones, reduciendo el riesgo de contaminación por mal manejo del relleno y sus subproductos. Asimismo, se plantea que sea el mismo operador el encargado de la implementación del sistema de captura y evaporador de lixiviados, así como de futuras ampliaciones en nuevas celdas del relleno sanitario.

El presente documento fue elaborado para ser usado por el Ministerio de Ambiente (MINAM) como herramienta para promover la inversión privada de las EO-RS y para que estas puedan usar las proyecciones realizadas como insumo que brinde información referencial para sus propios análisis financieros y proyectos de inversión, que deberán ser ajustados en función a las decisiones que las diversas entidades involucradas adopten en el proceso de implementación, no sólo en el caso de San Juan Bautista, sino también en las ciudades donde esta tecnología pueda ser replicada.

## 3. Identificación

### 3.1. Definición de los Objetivos del Proyecto

El presente caso de inversión tiene 3 objetivos principales:

1. Proponer un diseño a nivel conceptual de la implementación de una tecnología complementaria para el relleno sanitario “Villa San Juan” que permita el tratamiento de los GEI y lixiviados generados en el relleno, así como permitir la reducción de costos operativos para el operador.
2. Proponer una estructura de financiamiento del proyecto permitiendo la participación del sector privado para su implementación y operación.
3. Contribuir con las metas nacionales de reducción de emisiones de GEI en el sector de residuos sólidos en línea con las iniciativas intersectoriales del MINAM en el marco de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC, por sus siglas en inglés: “*Nationally Determined Contributions*”).

Considerando que el grado de información disponible sólo permite un análisis conceptual sujeto a diversas definiciones que las autoridades involucradas deberán tomar respecto a la estructuración del proyecto, tanto las hipótesis utilizadas como los resultados obtenidos debe ser considerados como referenciales y sujetos a las decisiones que se vayan adoptando.

### 3.2. Diagnóstico General

Actualmente, en el Perú, existe una brecha en infraestructuras para la adecuada disposición final de Residuos Sólidos (RRSS). Las cifras, provistas por el MINAM, indican que, del total de residuos sólidos generados en el país, sólo el 52% se dispone en rellenos sanitarios aptos (existen 35 infraestructuras a marzo de 2019<sup>2</sup>), y el 48% restante se destina a botaderos, escombreras o lugares no autorizados. Para ayudar a cerrar esta brecha dentro de la gestión de RRSS urbanos, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) vienen apoyando la construcción de 31 rellenos sanitarios sostenibles y eficientes con el objetivo de promover municipios eco-eficientes, priorizando el reciclaje y disposición final segura<sup>3</sup>. El relleno sanitario de “Villa San Juan” es uno de estos rellenos.

Si bien este es un buen primer paso para lograr una gestión integral adecuada de RRSS; en temas de materia ambiental, aún queda mucho por hacer. Primero, la brecha en infraestructura es de 246 rellenos sanitarios<sup>4</sup>, por lo que la iniciativa solo llega a cubrir un 12.5% de esta; y segundo, estas infraestructuras no cuentan con tecnologías de reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y otro tipo de materia contaminante producto de la descomposición de los RRSS, como los lixiviados.

Para este caso de estudio en particular, el enfoque va dirigido al tratamiento del material contaminante generado en los rellenos: los líquidos lixiviados. Estos aparecen con la descomposición de la fracción orgánica de los RRSS presentes en el relleno y son altamente contaminantes y nocivos para la flora y fauna local. Esto presenta una preocupación particular ya que según el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge, el área de interés está localizada en la zona de vida de bosque húmedo tropical y es una región de un gran significado para la biodiversidad y con gran valor de conservación.

Debido a esto, el tratamiento de lixiviados resulta importante y especialmente delicado en zonas con clima tropical y precipitaciones frecuentes, pues la generación de este líquido es mucho mayor y aplicar una tecnología de recirculación dentro del mismo relleno no es suficiente para su tratamiento. Por lo que, en caso se filtrasen en las aguas subterráneas en los ríos cercanos, la contaminación podría extenderse y llegar

<sup>2</sup> [http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2019/03/listado-RELLENOS-SANITARIOS-EN-OPERACION\\_20-3-2019.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2019/03/listado-RELLENOS-SANITARIOS-EN-OPERACION_20-3-2019.pdf)

<sup>3</sup> <https://www.iadb.org/es/noticias/comunicados-de-prensa/2012-07-25/gestion-de-residuos-solidos-en-peru%2C10069.html>

<sup>4</sup> <https://diariocorreo.pe/peru/ministerio-del-ambiente-hay-un-deficit-de-246-rellenos-sanitarios-768692/>

a afectar la salud de las personas y otros seres vivos que dependen de dicha agua. Cabe mencionar que el plan actual de la Municipalidad de SJB es el traslado de los líquidos lixiviados a una planta de tratamiento de agua de la ciudad de Íquitos, la cual aún no se encuentra en operaciones. Este plan actual, tiene un costo superior y mayores riesgos relacionados directamente con el transporte y la capacidad de la planta de tratamiento para procesar este tipo de desecho.

Si bien aplicar una tecnología de centralización de gases para su quema o aprovechamiento en la planta de tratamiento de lixiviados no es de carácter obligatorio para rellenos de las dimensiones del de San Juan Bautista, de acuerdo a la última ley de Gestión de Residuos Sólidos, la alternativa planteada permitirá solucionar el problema de los lixiviados, a la vez que mitiga el daño ambiental ocasionado por las emisiones de Gas de Relleno (LFG, por sus siglas en inglés: “Landfill Gas”).

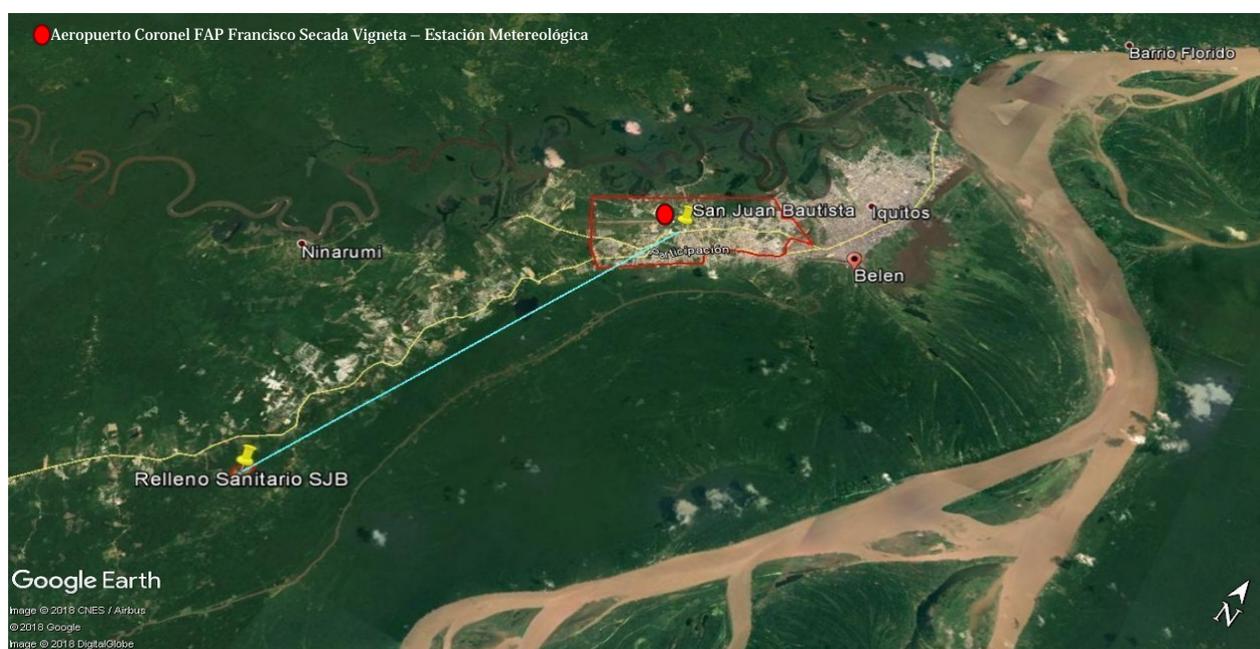
### 3.3. Definición de Área de Estudio

El área de interés definida para este proyecto es el distrito de San Juan Bautista (SJB), provincia de Maynas, departamento de Iquitos.

Esta provincia es beneficiaria de la iniciativa JICA/BID y pronto contará con un relleno sanitario operativo (ver foto N° 1). El análisis se realizó en esta ubicación debido a las condiciones atmosféricas de la selva amazónica, como los altos niveles de precipitación anual, y así poder realizar el ejercicio de identificación de un tratamiento adecuado para los lixiviados. Encargarse de esta problemática es de suma importancia para áreas con características climáticas similares a las de SJB.

El Gráfico N° 1 muestra el relleno sanitario “Villa San Juan”, el cual se encuentra a una distancia recta de 16 km del distrito de San Juan Bautista. La población beneficiaria estimada para este proyecto es de 127,005 habitantes; correspondiente a la población total del distrito<sup>5</sup>. Las coordenadas de ubicación para este proyecto se encuentran detalladas en el Anexo 01.

**Gráfico 1. Área de Interés del Proyecto**



Fuente: Google Earth

<sup>5</sup> <http://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>

**Foto 1. Relleno sanitario "Villa San Juan"**



Fuente: Propia

### ***3.3.1. Aspectos Climáticos y Ambientales***

Las características climáticas son factores que deben ser tomados en consideración para estimar los volúmenes de GEI y líquidos lixiviados que se generarán en el relleno. Para la caracterización del clima, se utilizó la información provista por la estación meteorológica del Aeropuerto Coronel FAP Francisco Secada Vigneta (Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial, en adelante CORPAC), por ser más cercana al proyecto (12 km aproximadamente).

En líneas generales, la temperatura promedio anual es de 26.8°C, y una precipitación media anual de 2499 mm. Es importante mencionar que en estos últimos años se está apreciando cambios en la estacionalidad, la temperatura y precipitaciones. Por otro lado, de acuerdo con el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (en adelante Senamhi) la tasa de evapotranspiración es de 564.98mm y el promedio de humedad relativa es de 85%. Los detalles de estas características se encuentran en el Anexo 02.

### ***3.3.2. Aspectos Económicos Relevantes***

Con el objetivo de brindar un marco para analizar la composición de los residuos sólidos y su tendencia de crecimiento a futuro, identificamos las principales actividades económicas que se desarrollan en el distrito de San Juan Bautista y realizamos un análisis de su entorno económico. Las cifras recolectadas nos permiten tener una idea más amplia del impacto que tienen estos comercios en la generación de residuos sólidos urbanos. Estos comprenderán principalmente materia orgánica, como resultado de las actividades productivas de la zona, pero una fracción relevante será producto de la extracción del recurso maderero (el aserrín).

### 3.3.2.1. Principales Actividades Económicas<sup>6</sup>

#### **Agricultura:**

La principal actividad de la población es la agricultura incipiente y de subsistencia. Recientemente se inició una especialización en cultivos vinculados a procesos industriales, como es el caso de la caña de azúcar para la producción de aguardiente, y el pijuayo palmito. El bajo rendimiento de la actividad agrícola se debe a la falta de asistencia técnica para la población y a las inundaciones por desbordes del río, por lo que no se cuenta con mucho excedente para el mercado local. Adicionalmente, la productividad de la zona se ve castigada por los elevados costos de transporte que no reeditúan utilidad. El compost como fertilizante podría ser una alternativa atractiva que permita recortar costos para el mercado local.

#### **Pesca:**

Se desarrolla con mayor incidencia en las cuencas de los ríos Nanay e Itaya.

#### **Avicultura:**

Existe gran cantidad de granjas avícolas, además de una planta incubadora de huevos y otra de procesamiento de alimentos balanceados. Esta actividad presenta gran nivel de producción en el distrito, sin embargo, registra elevados costos de producción por la dependencia de insumos traídos de la costa como harina de pescado y torta de soya.

#### **Industria maderera:**

La extracción forestal está limitada a la explotación de especies maderables para la producción de leña y carbón, también se emplea la madera para construcción. El subproducto que generan estas operaciones en los aserraderos es el aserrín, que se da en bastante abundancia en la zona y al que no se le asigna un uso local importante (ver foto N° 2). De hecho, en ocasiones este producto es arrojado al río o usado en las zonas populares para cubrir el suelo en las zonas donde no hay asfalto para reducir la humedad.

Es de nuestra consideración que este subproducto de la industria maderera se utilice como fuente alternativa de combustible para complementar el tratamiento de los lixiviados ya que solamente con el biogás producido en el relleno no es posible evaporar el 100% de los mismos. Además, se tiene que asegurar que el aserrín utilizado provenga de fuentes de producción sostenibles para así no exacerbar el problema de deforestación que existe en la región. En un solo aserradero se desechan al día 1000 sacos de aserrín que pesan entre 30 y 50 Kgs (dependiendo del grosor del aserrín), cantidad suficiente para complementar la combustión dentro del evaporador de lixiviados.

**Foto 2. Aserrín producido en Aserradero Forestal Marupa**



Fuente: Propia

<sup>6</sup> Plan de Gobierno Local Distrito de San Juan Bautista. Gestión Municipal 2011-2014.

### **3.3.2.2. Análisis del Entorno Económico**

Con respecto al mercado eléctrico, la región de Loreto no está conectada al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), sino que cuenta con su propio sistema aislado de generación eléctrica. Esto ocasiona que el costo promedio por Mega watt hora (Mwh) en la región sea muy alto con respecto a otras zonas del país, alrededor de 129 US\$/Mwh en el 2019 comparado con precio spot en el SEIN de aproximadamente 10 US\$/Mwh. Este punto es de vital importancia ya que como se podrá observar más adelante, los costos de consumo eléctrico para el evaporador de lixiviado representan alrededor del 45% del total de los costos directos (ver tabla N° 12).

Actualmente, existen dos centrales termo eléctricas que proveen a la región de electricidad: Central Térmica de Iquitos, recientemente ampliada<sup>7</sup>, y la Central Térmica Nueva Iquitos, inaugurada en 2017 y con el potencial para proveer energía eléctrica a 422,000 habitantes de Iquitos<sup>8</sup>. Ambas centrales funcionan en base a petróleo como combustible.

Adicional a esto, existe un proyecto mediante el cual se busca integrar a Iquitos al SEIN (Línea de Transmisión Moyobamba – Iquitos). Sin embargo, este parece estar lejos de concretarse, pues fue dado a concesión en 2014 y a la fecha no se ha avanzado en la construcción. Además, la empresa a la cual fue dado en concesión se declaró en quiebra. Esto nos lleva a concluir que, de momento, no se mantendrán las condiciones actuales de mercado, por lo que el estudio de costos realizado para la instalación y operación del evaporador de lixiviados se basó utilizando el costo promedio de energía eléctrica actual de la región, mencionado anteriormente.

Por otro lado, después de realizar la búsqueda de empresas relevantes en el distrito de San Juan Bautista y zonas cercanas al relleno, sólo encontramos una empresa trasnacional importante, Isolux, empresa que está encargada de la construcción de la Línea de Transmisión, la cual se encuentra en quiebra<sup>9</sup>. El resto de empresas identificadas son hoteles, restaurantes y pequeños negocios.

## **3.4. Situación actual del proceso de gestión de residuos sólidos de San Juan Bautista**

La Municipalidad de San Juan Bautista lleva a cabo los siguientes procesos dentro de su gestión integral de residuos sólidos municipales:

- Generación
- Almacenamiento
- Barrido
- Recolección
- Transporte
- Reciclaje
- Tratamiento
- Disposición Final (Empresa privada)

Estos servicios de limpieza pública y disposición final son financiados mediante el cobro de arbitrios de Seguridad Ciudadana, Limpieza Pública y Áreas Verdes. Sin embargo, según información provista por la Municipalidad de SJB, la tasa de morosidad para el distrito es de aproximadamente 90%.

El alcance de este análisis abarcará solamente el proceso de disposición final de los residuos sólidos municipales. En este sentido, no analizamos los procesos de valorización de residuos, pero si consideramos el efecto de las actividades de segregación con fines de reciclaje y compostaje para estimar los volúmenes de residuos sólidos municipales que llegarían a disposición final en el relleno sanitario.

<sup>7</sup> <http://maxchavez.blogspot.com/2014/08/hidroelectrica-de-mazan-cada-vez-mas.html>

<sup>8</sup> <https://gestion.pe/economia/mem-nueva-termoelectrica-iquitos-beneficiara-energia-422-000-personas-219678>

<sup>9</sup> <https://gestion.pe/economia/empresas/quiebra-empresa-espanola-construccion-e-ingenieria-isolux-corsan-proyectos-peru-138730>

### 3.4.1. Generación de Residuos Sólidos Municipales

La Tabla N° 1 muestra la estimación de generación de residuos sólidos desde el año 2017 al año 2049 en el Distrito de San Juan Bautista:

**Tabla 1. Generación de Residuos Sólidos - Municipalidad San Juan Bautista**

Año	Población (1)	GPC (kg/hab/día) (2)	Generación de RRSS Domiciliario (Ton/día) (3)	Generación de RRSS Comercial (Ton/día) (3)	Generación de RRSS Barrido (Ton/día) (3)	Generación RRSS Total (Ton/día) (4)=Σ(3)	Generación de RRSS Total (Ton/año) (5)=(4)x365
2017	127,005	0.660	83.76	10.12	2.93	97	35,334
2018	129,811	0.666	86.47	10.44	3.02	100	36,476
2019	132,678	0.673	89.26	10.78	3.12	103	37,655
2020	135,609	0.680	92.15	11.13	3.22	106	38,871
2021	138,605	0.686	95.13	11.49	3.32	110	40,127
2022	141,667	0.693	98.20	11.86	3.43	113	41,424
2023	144,797	0.700	101.37	12.24	3.54	117	42,762
2024	147,996	0.707	104.65	12.64	3.66	121	44,144
2025	151,265	0.714	108.03	13.05	3.77	125	45,570
2026	154,607	0.721	111.52	13.47	3.90	129	47,043
2027	158,022	0.729	115.12	13.90	4.02	133	48,563
2028	161,513	0.736	118.84	14.35	4.15	137	50,132
2029	165,081	0.743	122.68	14.82	4.29	142	51,752
2030	168,728	0.751	126.65	15.29	4.43	146	53,424
2031	172,455	0.758	130.74	15.79	4.57	151	55,151
2032	176,265	0.766	134.97	16.30	4.72	156	56,933
2033	180,159	0.773	139.33	16.83	4.87	161	58,772
2034	184,139	0.781	143.83	17.37	5.03	166	60,671
2035	188,207	0.789	148.48	17.93	5.19	172	62,632
2036	192,365	0.797	153.27	18.51	5.36	177	64,656
2037	196,614	0.805	158.23	19.11	5.53	183	66,745
2038	200,958	0.813	163.34	19.72	5.71	189	68,901
2039	205,397	0.821	168.62	20.36	5.89	195	71,128
2040	209,935	0.829	174.06	21.02	6.08	201	73,426

Fuentes: (1) <http://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>, (2) ECRS Municipalidad de SJB<sup>10</sup> (3) Estimación propia basada en expediente técnico del relleno sanitario elaborado por Fichtner.

Las proyecciones asumen un incremento poblacional de aproximadamente 2.21% por año<sup>11</sup>. La expectativa de un aumento en el número de habitantes, viene con la expectativa de un incremento en el nivel de riqueza y de consumo; y, por ende, a la generación de residuos en la ciudad. La proyección de generación total de residuos sólidos diaria en la zona urbana del distrito de San Juan Bautista al 2019 es de aproximadamente 103 Ton/día, que corresponden a la sumatoria de los residuos sólidos domiciliarios (89.26), comerciales (10.78) y barrido de calles (3,12)<sup>12</sup>.

### 3.4.2. Procesos Clave en la Gestión de Residuos Sólidos

La Municipalidad Distrital de SJB brinda los servicios de Recojo de Residuos Sólidos, Barrido de Calles, Parques y Jardines, y Serenazgo a todos los vecinos del distrito, los mismos que se aprecian en la Tabla N° 2. Cabe precisar que el costo efectivo del servicio de Limpieza Pública se debe de distribuir entre los predios afectos al pago de los arbitrios, para el caso de San Juan bautista esto quiere decir entre los 17,288 predios registrados en la base de datos de la Gerencia de Rentas (ver tabla 2), excluyendo los predios que estén sin construir ya que estos no se beneficiarían potencialmente de este servicio<sup>13</sup>.

<sup>10</sup> MDSJB: Estudios de caracterización de residuos sólidos MDSJB 2016

<sup>11</sup> Estimación propia, basada en resultados de Censos 2007 y 2017.

<sup>12</sup> Municipalidad San Juan Bautista: Estudio de caracterización de Residuos Sólidos 2016

<sup>13</sup> Municipalidad San Juan Bautista: Informe Técnico de Arbitrios 2016

**Tabla 2. Alcance del Servicio de Limpieza Pública**

Predio	Cantidad
Total de Predios	17,288
Total de Contribuyentes	16,436

Fuente: ECRS Municipalidad de SJB

Los costos totales de cada servicio se distribuyen entre el número de predios afectados conforme a la Tabla N° 3:

**Tabla 3. Cantidad de predios afectados según tipo de servicio**

Servicio a distribuir por predios	Nro. de Predios
Recojo de Residuos Sólidos	14,196
Barrido de Calles	3,365
Serenazgo	17,288
Parques y Jardines	14,196

Fuente: ECRS Municipalidad de SJB

### **3.4.2.1. Recolección y Transporte**

El distrito de San Juan Bautista tiene una extensión territorial de 3055.28 Km<sup>2</sup>, en cuyo suelo se han desarrollado fundamentalmente asentamientos humanos, asociaciones de vivienda y urbanizaciones. Las mismas cuentan con escasos servicios de agua y alcantarillado y poca infraestructura vial, solamente las avenidas principales o de penetración se encuentran asfaltadas. Por ello, el servicio de barrido de calles se realiza con distinta frecuencia en el distrito y sólo sobre las vías asfaltadas.

Este servicio se realiza directamente por la municipalidad, para lo cual se ha implementado la logística necesaria. La recolección de residuos, así como su transporte se realiza a través de rutas planificadas.

### **3.4.2.2. Disposición Final**

Actualmente, los residuos de los distritos de Iquitos, Punchana, Belén y San Juan Bautista suman aproximadamente 500 toneladas al día, las mismas que son dispuestas en el relleno sanitario “El Treinta” que se encuentra aproximadamente en el Km 28 de la carretera Iquitos – Nauta (ver foto N° 3). Este relleno sanitario es privado y está operado por la empresa Brunner, la cual presta el servicio de disposición final de los residuos sólidos de la Municipalidad actualmente.

Este lugar viene operando como un relleno sanitario desde el 2007, pero tiene las características de un botadero controlado a cielo abierto, el cual utiliza un método de recirculación de lixiviados para su evaporación. Sin embargo se ha reportado en varias inspecciones por las autoridades locales ambientales que este sistema de recirculación no está en buen estado, filtrándose gran cantidad de los mismos al terreno y a riachuelos cercanos que finalmente llegan al río, generando una mayor contaminación<sup>14</sup>. Otro aspecto a destacar es la presencia de casas de madera y plástico que los segregadores / recicladores han construido en los alrededores del relleno y así poder estar próximos a su único medio de subsistencia.

Es importante mencionar que en los últimos años Brunner brindó adicionalmente el servicio de barrido y transporte a la Municipalidad. Sin embargo, por problemas debido a los niveles de calidad de estos servicios el contrato de la gestión integral de RRSS fue disuelto en 2015. Posteriormente, al no tener la Municipalidad otro lugar para realizar la disposición final recurrieron nuevamente a Brunner el cual exigió una tarifa muy alta para la disposición final de los residuos sólidos (alrededor de S/54 la tonelada), dejándolos sin otra opción que asumir este costo al no contar con una infraestructura disponible.

Como respuesta a la problemática anteriormente descrita, las municipalidades de los distritos de Iquitos, Punchana, Belén y San Juan Bautista han planteado alternativas de solución, las mismas que se encuentran en curso:

<sup>14</sup> <http://www.actualidadambiental.pe/?p=51187>

**Relleno sanitario “Villa San Juan”:** Infraestructura de disposición final considerada en nuestro análisis. A día de hoy, la municipalidad de SJB, cuenta con el cofinanciamiento para la ampliación del relleno sanitario, a través del Ministerio del Ambiente, Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Ministerio de Economía. Este proyecto se ejecuta sobre un terreno que pertenece a la municipalidad de SJB (centro poblado Moralillo), el cual se encuentra en el Km 17 de la carretera Iquitos Nauta. De acuerdo con nuestras entrevistas con la Municipalidad de SJB, se estima que para agosto de 2019 se concluya la obra.

**Relleno sanitario de Iquitos:** Financiado vía obra pública con fondos gestionados por la Municipalidad a través del MINAM y el MEF. Este relleno recibirá los residuos sólidos de las Municipalidades de Maynas, Punchana y Belén (aproximadamente 400 a 420 toneladas al día), el mismo se encuentra en el km 46 de la carretera Iquitos Nauta. Este proyecto inició su construcción en abril de 2018 y se esperaba que estuviese operativo para octubre del mismo año<sup>15</sup>, actualmente se encuentra en construcción. De acuerdo a nuestras entrevistas con la Municipalidad de Maynas, se estima que esta obra se encuentra a la fecha de nuestro análisis a un 40% de avance.

El plan actual de la Municipalidad es que al finalizar los proyectos, estos rellenos sanitarios sean operados directamente por la Municipalidad, adicionalmente es importante señalar que ninguno de los 2 proyectos cuenta con infraestructura para tratamiento de lixiviados, y se planea transportar el lixiviado generado a una planta de tratamiento de agua, que a la fecha de nuestro trabajo no se encuentra operativa.

### **3.5. Definición del Problema**

La solución más común al problema de disposición final de RRSS municipales en Perú son los llamados “botaderos a cielo abierto”. Estas infraestructuras consisten en terrenos designados en los cuales se realiza directamente la disposición sobre los suelos, con impacto negativo ambiental y sanitario, y sin control de ningún tipo. Los botaderos no solo son una forma inadecuada de realizar la disposición final de RRSS, sino que, suelen atraer la presencia de segregadores informales que encuentran un medio de subsistencia en la comercialización del material reciclable del relleno y el cual los expone directamente a un gran número de vectores y enfermedades.

El caso de San Juan Bautista no era ajeno a esta realidad. La disposición de RRSS se realiza en el relleno sanitario “El Treinta” (ver foto N° 3), cuyas características son las de un botadero, el cual está catalogado ahora como un relleno sanitario según listado de infraestructuras de disposición final de residuos sólidos del MINAM<sup>16</sup>. El mismo está ubicado en la zona de amortiguamiento de la Reserva Natural Allpahuayo-Mishana, región selva, por lo que la contaminación ambiental alcanzaba a un mayor número de seres vivos, pues la operación del antiguo botadero no consideraba el tratamiento de los subproductos derivados del mismo (líquidos lixiviados y GEI). Una vez construido el relleno sanitario “Villa San Juan”, los residuos sólidos pasarán a ser dispuestos en este lugar.

Si bien la construcción del nuevo relleno permitirá realizar una adecuada disposición final de RRSS, no se tiene previsto un plan para los subproductos del mismo, gases y lixiviado, ya que al no ser este un relleno de grandes dimensiones (menos de 100 ton/diaria dispuestas en el caso del distrito de SJB), no se contempla una alternativa para reducir dichas emisiones. Cabe mencionar que según la ley de gestión integral de residuos sólidos 1278, sólo aquellas infraestructuras de disposición final que superen las 200 toneladas diarias de residuos depositados deberán tener un sistema de quema centralizada de gases de efecto invernadero.

El plan actual planteado en el expediente técnico del relleno sanitario “Villa San Juan”, desarrollado por la empresa Fichtner contempla el tratamiento de lixiviados mediante el transporte del mismo y tratamiento en una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) ubicada en Iquitos. Sin embargo, esta infraestructura no se encuentra operativa y no existe claridad sobre la capacidad de la misma para el tratamiento de lixiviados, ni la utilización posterior del agua tratada. Por otro lado, el costo de transporte y

<sup>15</sup> <https://proycontra.com.pe/supervisaron-proyecto-del-relleno-sanitario/>

<sup>16</sup> [http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/12/listado-de-rellenos-sanitarios-\\_4-12-2018\\_v2.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/12/listado-de-rellenos-sanitarios-_4-12-2018_v2.pdf)

tratamiento de estos líquidos hasta la PTAR tendría un costo superior a la alternativa que planteamos en el presente documento<sup>17</sup>.

Incluso si la alternativa de la PTAR fuera viable, esta solución no contempla diversos factores que pueden ocasionar un fallo en este tipo de tratamiento, como daños ambientales y contaminación del agua dado el grado de toxicidad del lixiviado y el tipo de tratamiento para aguas residuales. Tampoco se toma en cuenta la composición de los lixiviados, la cual puede ocasionar que resulte más difícil su tratamiento en comparación con las aguas negras para las que está diseñada la PTAR. Ante una eventualidad de este tipo, el tratamiento de lixiviados en la PTAR puede resultar muy costoso para la municipalidad.

Ante esta problemática es que se busca encontrar soluciones que permitan tratar ambos subproductos del relleno, de modo que las actividades puedan seguir su curso sin mayores inconvenientes, ni daños ambientales. Se busca que la solución permita una reducción en costos operativos para el operador del relleno, el cual deberá ser encargado del tratamiento de lixiviados.

**Foto 3. Relleno sanitario "El Treinta"**



Fuente: <http://www.actualidadambiental.pe>

---

<sup>17</sup> Informe N°3 – Expediente Técnico de Disposición Final y Reaprovechamiento de la Consultoría para la elaboración de estudios, expedientes y especificaciones técnicas, diseño e implementación de planes y supervisión de obras de los servicios de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales (Municipalidad Distrital de San Juan Bautista).

## 4. Formulación

El proyecto se formula siguiendo los estándares habituales que aplican a potenciales inversionistas privados planteando un modelo de negocio atractivo, rentable y sostenible.

Como se detalla en esta sección, actualmente existen diversos aspectos relacionados con la implementación del proyecto que aún no están definidos. En este sentido, el lector de este informe debe considerar las hipótesis presentadas, así como los resultados obtenidos como referenciales y sujetos a las decisiones que en el futuro se adopten respecto al esquema final de implementación del proyecto. En ese sentido, no se puede considerar que el presente informe constituye una recomendación de inversión ni un aseguramiento de ningún aspecto relativo a la conveniencia de desarrollar el proyecto. Cada inversionista u otro *stakeholder* deberá realizar su propia evaluación para determinar si resulta conveniente participar de la ejecución del proyecto y de la mejor forma de estructurarlo en función a las condiciones que finalmente sean propuestas por las entidades involucradas.

### 4.1. Descripción de la Solución

La estimación de la cantidad de lixiviado se ha realizado mediante el balance hídrico del relleno sanitario utilizando el modelo HELP (Hydrogeological Evaluation of Landfill Performance)<sup>18</sup> y el método propuesto por Tchobanoglous et al. (1993)<sup>19</sup>. Los resultados obtenidos guardan coherencia con el método de disposición final propuesto por Fichtner en su Informe N° 03 -Expediente técnico para la disposición final del relleno sanitario “Villa San Juan”<sup>20</sup>.

La tabla N° 4 muestra la cantidad diaria de lixiviados a producirse en cada año y que deberán tratarse a fin de evitar su impacto en el medio ambiente. Como se puede apreciar, existen años en los cuales se produce menos lixiviado que el año anterior, esto se produce al simular el uso de una cobertura de geo-membrana para cubrir el espacio ya utilizado de la celda y evitar que ingrese agua de lluvia, generando en este punto una disminución significativa de lixiviados, este efecto ocurre nuevamente al utilizar una nueva porción de la celda.

**Tabla 4. Cantidad de Lixiviados (Generación Diaria)**

Año	Residuos Sólidos Urbanos Dispuestos (Ton/año)	Lixiviado Total Generado (Gal/día)	Lixiviado Total Generado (m <sup>3</sup> /día)
1	34,443	9,725	36.81
2	35,555	10,055	38.06
3	36,704	13,424	50.82
4	37,890	10,752	40.70
5	39,115	13,706	51.88
6	40,379	11,445	43.33
7	41,683	14,581	55.19
8	43,030	12,197	46.17
9	44,421	15,494	58.65
10	45,856	13,021	49.29

Fuente: Elaboración propia basada en expediente técnico del relleno sanitario elaborado por Fichtner

La tabla N° 5 muestra el costo que se tendría por tratamiento de lixiviado en una PTAR. El cual asciende a más de US\$12 millones acumulados en los 10 años del proyecto.

<sup>18</sup> HELP: Hydrologic Evaluation of Landfill Performance, Schroeder et al. (1994).

<sup>19</sup> Gestión de Residuos Sólidos, Tchobanoglous (1998)

<sup>20</sup> Informe N°3 – Expediente Técnico de Disposición Final y Reaprovechamiento de la Consultoría para la elaboración de estudios, expedientes y especificaciones técnicas, diseño e implementación de planes y supervisión de obras de los servicios de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales (Municipalidad Distrital de San Juan Bautista).

**Tabla 5. Costo de tratamiento de lixiviados**

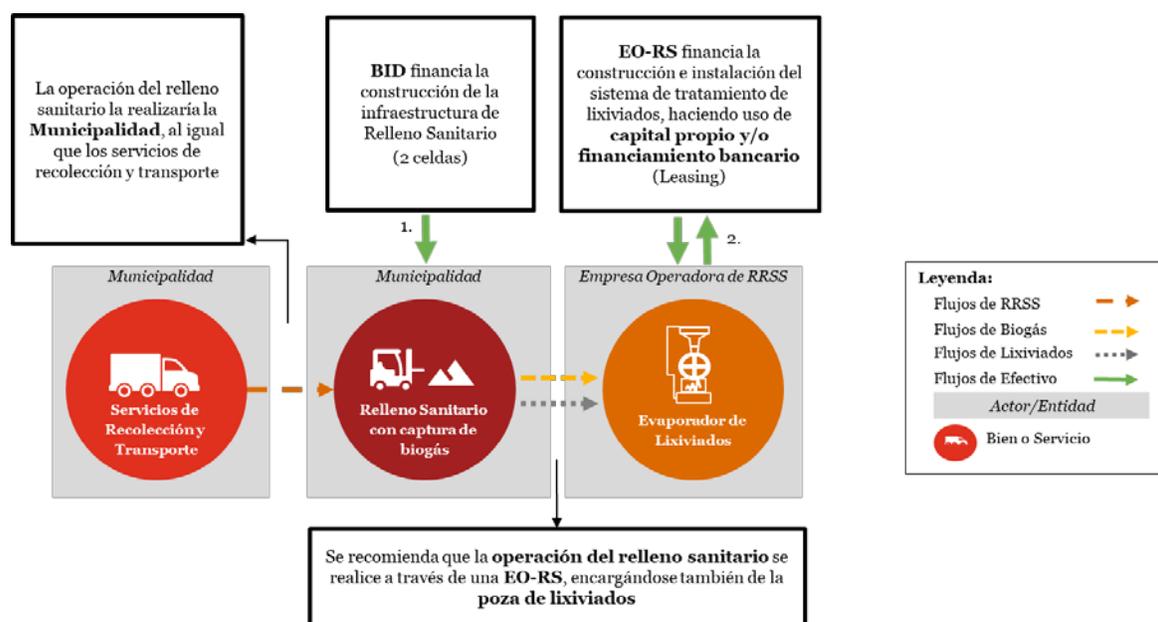
Año	Lixiviado Total Generado (Gal/día)	Lixiviado Total Generado (m <sup>3</sup> /día)	Tarifa de Tratamiento PTAR (US\$/m <sup>3</sup> )	Servicio de Transporte de Lixiviado a PTAR (US\$/m <sup>3</sup> )	Tarifa Total (US\$/m <sup>3</sup> )	Costo PTAR Inicial (US\$/Año)
1	9,725	36.81	11.00	44.78	55.78	749,483
2	10,055	38.06	11.39	47.01	58.40	811,341
3	13,424	50.82	11.78	49.37	61.15	1,134,173
4	10,752	40.70	12.20	51.83	64.03	951,208
5	13,706	51.88	12.62	54.43	67.05	1,269,704
6	11,445	43.33	13.06	57.15	70.21	1,110,308
7	14,581	55.19	13.52	60.00	73.53	1,481,227
8	12,197	46.17	14.00	63.00	77.00	1,297,614
9	15,494	58.65	14.48	66.15	80.64	1,726,336
10	13,021	49.29	14.99	69.46	84.45	1,519,351

Fuente: Elaboración propia basada en expediente técnico del relleno sanitario elaborado por Fichtner

Si bien es cierto el costo de transporte encarece el costo de tratamiento, la distancia entre el relleno sanitario y la planta de tratamiento es una dificultad que se presenta en casi la totalidad de los sitios de disposición final en la zona selva del Perú. Esta dificultad se debe tener en cuenta en la evaluación que deba hacer la compañía privada al evaluar el proyecto.

Para dar solución a la problemática descrita, se propone implementar un sistema de captura de Gases de Relleno Sanitario (LFG por sus siglas en inglés) y un evaporador de lixiviados. La tecnología planteada permitirá reducir el volumen de líquidos lixiviados mediante evaporación forzada, empleando el biogás como combustible para una parte del volumen y gas natural o alguna fuente alternativa de combustión para la fracción remanente.

**Figura 1. Flujo general del proyecto**



Fuente: Elaboración propia.

Es importante resaltar, que es recomendable que la Municipalidad contrate la operación y mantenimiento del relleno sanitario a una Empresa Operadora de Residuos Sólidos (EO-RS), incluyendo el tratamiento de líquidos lixiviados utilizando la tecnología propuesta, para así deshacerse de los subproductos no deseados del relleno asegurando altos estándares del servicio y contando con las mejores prácticas del sector.

Dependiendo del mecanismo contractual que se defina para este proyecto, deben establecerse los siguientes arreglos institucionales: entrega de recursos, apoyo de garantías (plazos contractuales, volumen de residuos dispuestos, garantías de financiamiento, entre otros) y capacitaciones técnicas.

### **4.1.1. Descripción del Proyecto**

En este documento se desarrolla la alternativa de una instalación basada en un sistema de evaporación forzada para reducir el volumen de lixiviados del relleno sanitario, utilizando como combustible este biogás. Para ello, se ha seleccionado la tecnología de evaporación desarrollada por John Zink Company quien es una compañía experta en combustión de biogás con experiencia probada mundialmente. La configuración elegida (evaporador) usara el biogás como combustible y si no fuera suficiente, se debe añadir una fuente externa de gas natural o gas licuado de petróleo (GLP) que se almacenaría en depósitos en el mismo emplazamiento.

#### **4.1.1.1. El Relleno Sanitario**

El relleno sanitario “Villa San Juan” está localizado en el centro poblado Moralillo del distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas, departamento de Loreto. Es una extensión de 21.3 Hectáreas y actualmente se encuentra en etapa de construcción. La compañía Fichtner elaboró el expediente técnico del proyecto de relleno sanitario donde se definen los lugares de disposición final de residuos sólidos urbanos (RSU) en plataformas, así como la ubicación de pozos de captación de lixiviados (Ver Anexo 1: Expediente Técnico). Se definieron dos sectores denominados Terraza Loma Sur y Terraza Loma Norte como los adecuados para la disposición final de residuos sólidos estableciendo una vida útil al proyecto de 10 años. Las siguientes imágenes muestran las terrazas donde se dispondrán los RSU. Ver coordenadas en el Anexo 02.

**Gráfico 2. Ubicación relleno sanitario San Juan Bautista**



Fuente: Google Earth

La cantidad de RSU a disponer en estos sectores se muestran a continuación en la tabla N° 6.

**Tabla 6. Cantidad de RSU a disponer en área de interés**

<b>Año</b>	<b>RSU Dispuesto (Ton/año)</b>	<b>RSU Acumulado (Ton)</b>
2019	34,443	34,443
2020	35,555	69,998
2021	36,704	106,702
2022	37,890	144,593
2023	39,115	183,707
2024	40,379	224,086
2025	41,683	265,769
2026	43,030	308,799
2027	44,421	353,220
2028	45,856	399,075
2029	47,338	446,413
2030	48,867	495,280
2031	50,446	545,726
2032	52,076	597,802
2033	53,759	651,561
2034	55,496	707,057
2035	57,289	764,346
2036	59,140	823,487
2037	61,051	884,538
2038	63,024	947,562

Fuente: ECRS Municipalidad de SJB

#### *4.1.1.2. Generación de Lixiviado y Costo de Tratamiento (línea de base)*

En base a este valor estimado de disposición de residuos, y tomando en cuenta las condiciones meteorológicas del lugar, así como también la técnica de la disposición final establecida en el estudio de Fichtner, se realizó una simulación sobre la cantidad de lixiviados a generar siendo que para el proyecto se estima un promedio de 15,000 galones por día. El estudio de Fichtner asume que los lixiviados anteriormente mencionados serán tratados en una PTAR ubicada en Iquitos, por lo que podemos establecer un costo aproximado del tratamiento, así como del transporte, para establecer una línea base que nos ayudará a acompañar luego el potencial ahorro al aplicar la tecnología de tratamiento por evaporación forzada.

Debido a que en el país no existe un caso o ejemplo donde se hayan tratado lixiviados en una PTAR, se ha establecido un costo de tratamiento tomando como referencia al relleno sanitario Santiago Poniente de Chile que realiza el tratamiento de lixiviados en una planta de tratamiento ubicada a 4 km del lugar. En base a esta referencia se puede inferir que al 2019 el costo de tratamiento en una PTAR está bordeando los 11US\$/m<sup>3</sup> de lixiviado (ver tabla N°7). No obstante, a diferencia del relleno sanitario Santiago Poniente que tiene una tubería de conexión desde sus balsas de lixiviado a la PTAR en este caso se emplearía una unidad cisterna que transportaría el lixiviado desde el relleno sanitario hasta la PTAR ubicada en la ciudad de Iquitos. Para calcular este costo adicional, se ha consultado con proveedores locales y esto resulta en un monto de 44.78US\$/m<sup>3</sup> de lixiviado.

Tomando en cuenta todos estos cálculos se llega al resultado que para tratar un m<sup>3</sup> de lixiviado en la PTAR de Iquitos la Municipalidad tendría que pagar aproximadamente 55.78 US\$ para el primer año.

La tabla N° 7 muestra la cantidad de lixiviados totales a tratar, así como sus costos referenciales de tratamiento.

**Tabla 7. Cantidad de lixiviados totales a tratar**

Año	RSU Dispuesto (Ton/año)	RSU Acumulado (Ton)	Lixiviado Total Generado (Gal/día)	Lixiviado Total Generado (m <sup>3</sup> /día)	Tarifa de Tratamiento PTAR (US\$/m <sup>3</sup> )	Servicio de Transporte de Lixiviado a PTAR (US\$/m <sup>3</sup> )	Tarifa Total (US\$/m <sup>3</sup> )	COSTO PTAR INICIAL (US\$/AÑO)
1	34,443	34,443	9,725	36.81	11.00	44.78	55.78	749,483
2	35,555	69,998	10,055	38.06	11.39	47.01	58.40	811,341
3	36,704	106,702	13,424	50.82	11.78	49.37	61.15	1,134,173
4	37,890	144,593	10,752	40.70	12.20	51.83	64.03	951,208
5	39,115	183,707	13,706	51.88	12.62	54.43	67.05	1,269,704
6	40,379	224,086	11,445	43.33	13.06	57.15	70.21	1,110,308
7	41,683	265,769	14,581	55.19	13.52	60.00	73.53	1,481,227
8	43,030	308,799	12,197	46.17	14.00	63.00	77.00	1,297,614
9	44,421	353,220	15,494	58.65	14.48	66.15	80.64	1,726,336
10	45,856	399,075	13,021	49.29	14.99	69.46	84.45	1,519,351

Fuente: Elaboración propia basada en expediente técnico del relleno sanitario elaborado por Fichtner y ECRS Municipalidad de SJB

Cabe resaltar que de acuerdo al estudio de ingeniería Fichtner contempla la construcción de tres pozas de 990m<sup>3</sup>, 842m<sup>3</sup> y 2328m<sup>3</sup> para el manejo de lixiviados, con el cual se logra almacenar 4160m<sup>3</sup> de lixiviados equivalente a 120 días de capacidad de regulación.

### 4.1.1.3. Generación de Biogás

En principio se tiene como punto de partida la cantidad de RSU que se espera tener en 10 años de proyecto. De acuerdo a la metodología ACM0001 de Naciones Unidas <sup>21</sup>, se estima el volumen de biogás en función a la cantidad de residuos, su composición y los parámetros climatológicos del lugar. La tabla N° 8 muestra la cantidad de RSU acumulada anualmente y el correspondiente volumen de LFG producido.

**Tabla 8. Cantidad de RSU acumulado por año y LFG generado**

Año	RSU Dispuesto (Ton/año)	RSU Acumulado (Ton)	LFG (m <sup>3</sup> /año)
1	34,443	34,443	224,571
2	35,555	69,998	445,846
3	36,704	106,702	664,421
4	37,890	144,593	880,842
5	39,115	183,707	1,095,612
6	40,379	224,086	1,309,195
7	41,683	265,769	1,522,024
8	43,030	308,799	1,734,506
9	44,421	353,220	1,947,023
10	45,856	399,075	2,159,939

Fuente: Elaboración propia basada en ECRS Municipalidad de SJB y Metodología ACM0001 UN

### 4.1.1.4. Sistema de Captura del Biogás

Para aprovechar este biogás es preciso conectar todos los 68 pozos establecidos en el estudio de Fichtner de tal manera que se evacue el biogás generado a través de estos pozos. El sistema consta de 68 pozos de captación de biogás al cual se les colocara cabezales de Accuflow, que son piezas utilizadas para medir flujos de elementos gaseosos, y así poder monitorear el ritmo de producción de cada pozo, mangueras flexibles, tubería de interconexión de polietileno de alta densidad y accesorios que harán posible que todo el gas de ambas zonas se dirija al sistema de evaporación de John Zink Company.

<sup>21</sup> <https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/JPYB4DYQUXQPZLBDVPHA87479EMY9M>

## 4.1.1.5. Sistema de Evaporación del Lixiviado

### 4.1.1.5.1. Evaporación utilizando LFG

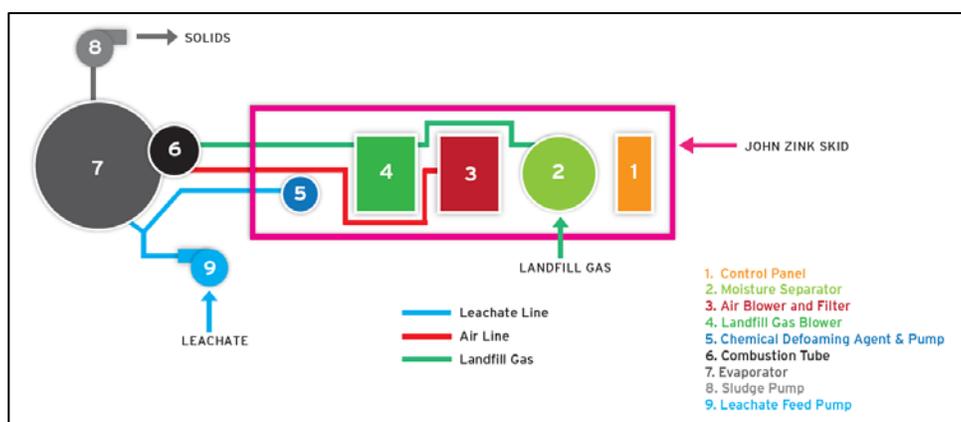
Para este caso de inversión se ha seleccionado la tecnología de evaporación forzada ya que cumple con dos objetivos importantes del proyecto: la reducción de emisiones de gases de relleno, ya que los mismos serán utilizados para evaporar los lixiviados a través de su combustión; y la reducción de lixiviados, mediante la evaporación forzada. Una limitante fuerte del proyecto es la disponibilidad de espacio físico en el relleno de SJB por lo que esta tecnología al ser relativamente compacta podría ajustarse si ningún problema.

Esta tecnología ha sido desarrollada por John Zink Company quien es una compañía experta en combustión de biogás con experiencia probada mundialmente, la misma se plantea como una opción referencial ya que existen otros métodos de evaporación empleados globalmente y por esta razón no debe tomarse como un canon rígido.

El sistema básicamente se compone de un panel de control (1), un separador de humedad (2), un soplador de aire (3), uno o dos sopladores de biogás (4), un agente antiespumante químico (5), un tubo de combustión (6), un evaporador (7), una bomba de lodos (8) y una entrada de alimentación de lixiviado (9).

La figura N° 2 describe el sistema de evaporación del lixiviado.

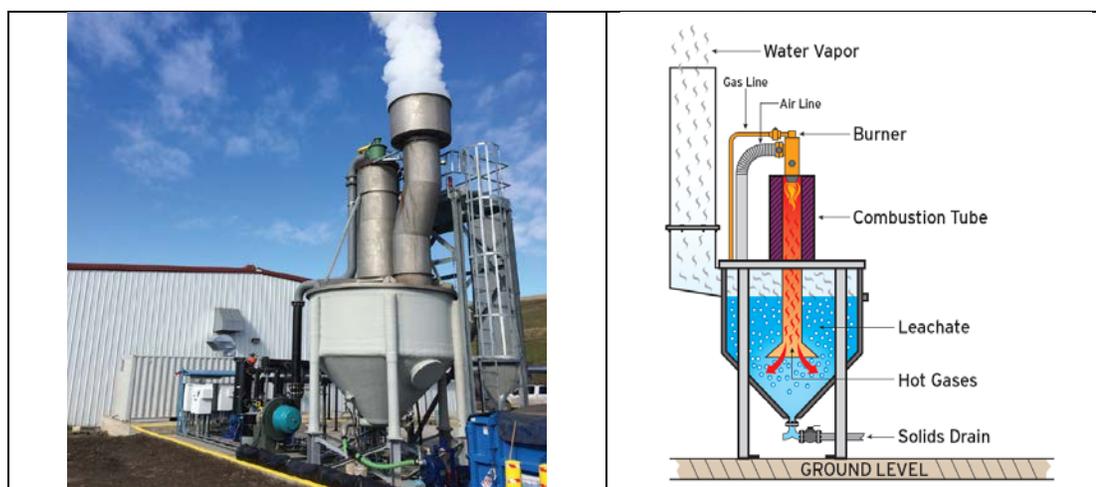
**Figura 2. Sistema de evaporación de lixiviado**



Fuente: John Zink Company

En la figura N° 3 se muestra un equipo evaporador modelo ZES EVAPORATOR SYSTEM de John Zink Company junto a un dibujo explicando sus partes.

**Figura 3. Evaporador modelo ZES EVAPORATOR SYSTEM**



Fuente: John Zink Company

El lixiviado se alimenta al recipiente del evaporador con una bomba de alimentación. La bomba opera con un control de nivel y se enciende según sea necesario. El gas del relleno se mezcla con el aire necesario para la combustión en un quemador de combustión baja y tubo de combustión. Los gases salen del tubo alrededor de 1600 °F y entra en contacto con el lixiviado dentro del evaporador. A medida que el lixiviado hierve, el vapor de agua se descarga directamente a la atmósfera y los sólidos caen al fondo del recipiente. Posteriormente, los sólidos pueden enviarse a un contenedor rodante para ser introducido de vuelta al relleno drenándose a través de una válvula automática abierta y utilizando parámetros operativos o un temporizador. Analizando el contenido de sólido del lixiviado, se puede programar un intervalo apropiado para que la unidad trabaje continuamente sin la necesidad de un operador dedicado, mientras que reduce efectivamente el volumen de lixiviado hasta en un 98%.

El Sistema de John Zink establece que por cada m<sup>3</sup> de LFG se evaporan forzadamente 0.00506356 m<sup>3</sup> de lixiviado (ver Tabla N° 9).

**Tabla 9. Cantidad de lixiviado evaporado por m<sup>3</sup> de LFG**

Año	Lixiviado (m <sup>3</sup> /día)	LFG (Sm <sup>3</sup> /día)	Evaporación de Lixiviado con LFG (m <sup>3</sup> /día)	% de Lixiviado Evaporado con LFG
1	36.81	615.26	3.1	8%
2	38.06	1,221.50	6.2	16%
3	50.82	1,820.33	9.2	18%
4	40.70	2,413.27	12.2	30%
5	51.88	3,001.68	15.2	29%
6	43.33	3,586.83	18.2	42%
7	55.19	4,169.93	21.1	38%
8	46.17	4,752.07	24.1	52%
9	58.65	5,334.31	27.0	46%
10	49.29	5,917.64	30.0	61%

Fuente: Elaboración propia basada en sistema de John Zink

De la tabla anterior se puede notar que con el LFG del relleno sanitario no se podrá evaporar todo el lixiviado generado debido a la cantidad de residuos dispuestos. Para el primer año, el volumen de este LFG solo puede evaporar el 8% de todo el Lixiviado generado; a medida que se va acumulando más residuos en las plataformas del relleno sanitario, se van generando más LFG y con ello se puede evaporar más lixiviado hasta lograr evaporar el 61% de todo el lixiviado generado, al año 10. El sistema de John Zink permite medir la reducción de emisiones debido al control automático de la concentración del biogás, la temperatura de combustión y el caudal de biogás empleado.

#### 4.1.1.5.2. Evaporación utilizando Biomasa

Ante esta situación y siendo el propósito del proyecto el tratar el lixiviado en el punto de generación para evitar riesgos fuera del relleno sanitario, es que se propone emplear biomasa existente en los aserraderos formales de la ciudad, y que actualmente no tienen ningún uso estando almacenados a la intemperie o vertiéndolos en el río.

Durante la visita en campo realizada se visitó una de las varias empresas madereras: agroforestal Marupa. Solo esta empresa produce 1,000 sacos diarios de aserrín equivalente a 25 toneladas por día que pueden ser utilizados como biomasa para su quema y así proveer al evaporador de la energía restante requerida para tratar todo el lixiviado. Al sistema de John Zink se le colocará un quemador complementario que usa biomasa para poder aprovechar el mismo sistema de evaporación y en base al poder calorífico de esta biomasa, se ha determinado que por cada kg de biomasa se evaporan 0,004842256 m<sup>3</sup> de lixiviado.

La tabla N° 10 muestra el requerimiento de biomasa así como su costo, el cual fue calculado en base a los costos de producción y transporte brindados por Marupa, para poder determinar finalmente su impacto en los costos de tratamiento. Puede notarse que la cantidad requerida de biomasa en el año 8 de operación del relleno es muy poca debido a que se privilegia la evaporación con el biogás por ser más abundante. Cabe mencionar que los aserraderos o empresas forestales de los que se compraría el aserrín deben ser de fuentes sostenibles (provenientes de empresas con concesiones forestales formales).

Adicionalmente, se podría analizar el aprovechamiento del vapor de agua que se genera producto de la evaporación como medio para pre-calentar el lixiviado que entra al equipo y así aumentar la eficiencia térmica del evaporador, ya que el mismo sale en condición saturada (100 °C y 1 atm). Se recomienda evaluar, en operación, el empleo de economizadores para precalentar el lixiviado

**Tabla 10. Requerimiento de biomasa y costo de tratamiento**

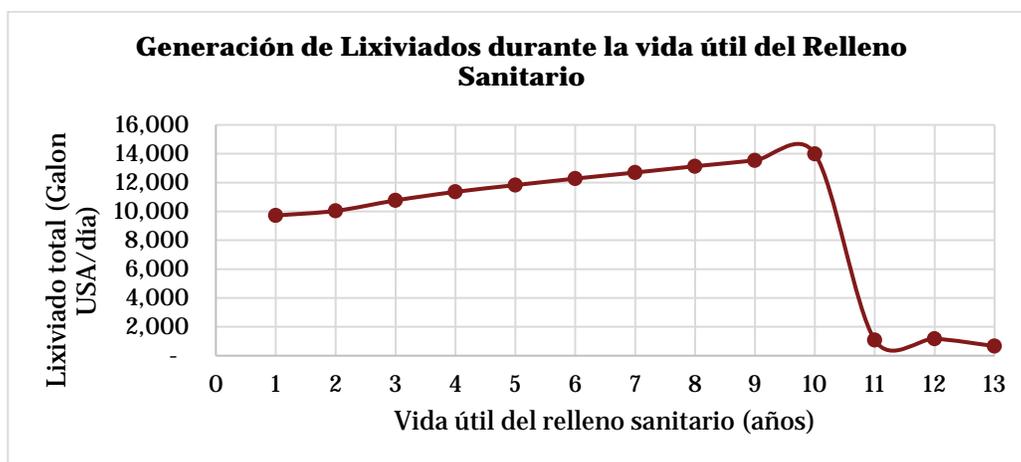
Año	Lixiviado (m <sup>3</sup> /día)	Evaporación de Lixiviado con LFG (m <sup>3</sup> Lix /día)	Evaporación de Lixiviado con Biomasa (m <sup>3</sup> Lix /día)	Biomasa Requerida (kg/día)	Tarifa Biomasa (US\$/kg)	Costo Biomasa (US\$/día)	Costo Biomasa (US\$/año)
1	36.81	3.1	33.70	6,959	0.040	276	100,618
2	38.06	6.2	31.88	6,583	0.041	269	98,034
3	50.82	9.2	41.60	8,591	0.042	361	131,766
4	40.70	12.2	28.48	5,882	0.043	255	92,922
5	51.88	15.2	36.68	7,576	0.045	338	123,274
6	43.33	18.2	25.16	5,197	0.046	239	87,098
7	55.19	21.1	34.08	7,038	0.047	333	121,496
8	46.17	24.1	22.11	4,566	0.049	222	81,183
9	58.65	27.0	31.64	6,534	0.050	328	119,677
10	49.29	30.0	19.32	3,991	0.052	206	75,281

Fuente: Elaboración propia basada en sistema de John Zink

## 4.2. Definición del Horizonte de Evaluación del Proyecto

Para el presente proyecto, se ha planteado un horizonte de evaluación de **10 años**. El motivo por el cual se define este plazo, es para que iguale el periodo de operación del relleno sanitario de San Juan Bautista y el momento en el cual la generación de líquido lixiviado disminuye considerablemente (ver gráfico N° 3) debido a que no se dispondrán más desechos. Luego del año 10, la generación de lixiviados es inmaterial y podrá ser tratado mediante recirculación.

**Gráfico 3. Generación de lixiviado durante vida útil del relleno**



Fuente: Elaboración propia

### 4.3. Presupuesto de Inversión Desagregado

#### 4.3.1. Inversiones en Sistema de Evaporación de Lixiviados

La Tabla N° 11 resumen las inversiones necesarias para la implementación del sistema de evaporación de lixiviados propuesto. El presupuesto estimado asciende a los US\$1.95 millones. Este incluye el evaporador de lixiviados de 10,000 galones por día (GPD), que representa el 56% de la inversión total, un sistema de captura y quema centralizada y un sistema de generación eléctrica para autoconsumo, cada uno representando el 5% de la inversión total.

**Tabla 11. Presupuesto sistema de evaporación de lixiviados**

Detalle	Presupuesto inversión inicial (miles US\$)	Presupuesto ampliaciones anuales (miles US\$)
<b>Sistema de evaporación de Lixiviados</b>		
Piping		22
Evaporador de lixiviados	1,089	
Quemador de Biomasa	100	
Integración electromecánica	100	
Pruebas	60	
Ingeniería	50	
Mano de Obra	50	
Instalación del evaporador	50	
<b>Subtotal (US\$)</b>	<b>1,499</b>	
Margen de Contingencia	120	
Gastos generales	171	2
Utilidad	161	2
<b>Total (US\$)</b>	<b>1,951</b>	<b>26</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.2. Costos de Operación y Mantenimiento

El detalle de los costos de operación y mantenimiento del relleno sanitario de San Juan Bautista se puede ver detallado en la tabla N° 12 que se presenta a continuación:

**Tabla 12. Costos de operación y mantenimiento del relleno sanitario por año (en US\$)**

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Costo Laboral	58,051	59,297	60,658	61,985	63,334	64,719	66,134	67,580	69,057	70,567
Materiales y Herramientas	16,344	16,695	17,078	17,451	17,831	18,221	18,619	19,027	19,443	19,868
Electricidad	72,998	79,246	111,087	93,424	125,045	109,642	146,660	128,819	171,825	151,613
Mantenimiento	11,469	11,716	11,984	12,246	12,513	12,787	13,066	13,352	13,644	13,942
Contingencia Operativa	7,943	8,348	10,040	9,255	10,936	10,268	12,224	11,439	13,698	12,799
<b>Total Costos Directos</b>	<b>166,805</b>	<b>175,301</b>	<b>210,848</b>	<b>194,361</b>	<b>229,660</b>	<b>215,637</b>	<b>256,704</b>	<b>240,216</b>	<b>287,668</b>	<b>268,789</b>

Fuente: Elaboración propia

## 4.4. Proyecciones Financieras

En esta sección se contemplan las proyecciones estimadas para el proyecto de Manejo de Lixiviados en el relleno sanitario. Los principales supuestos utilizados se basan en los presupuestos detallados en la sección 3.3. Por otro lado, utilizaremos los supuestos mostrados en la tabla N° 13 que impactan en la proyección de flujos de caja económico y disponible para la deuda.

**Tabla 13. Principales supuestos**

Detalle	Supuesto	Fuente
Tasa de Inflación (promedio)	2.5%	Supuesto Estándar
Margen de Contingencia - Construcción	8.0%	Supuesto Estándar
Margen de Contingencia - Operación	5.0%	Supuesto Estándar
Gastos Generales - Construcción	10.6%	Supuesto Estándar
Utilidad - Construcción	9.0%	Supuesto Estándar
Gastos Administrativos (% de O&M)	5.0%	Supuesto Estándar
Seguro - % de inversión inicial	1.0%	Supuesto Estándar
Impuesto a la Renta	29.5%	Tasa Efectiva de I.R.
<b>Tarifa</b>		
Tarifa Base (US\$/M <sup>3</sup> de lixiviado tratado)	40	Valor de Punto de Equilibrio
<b>Financiamiento</b>		
% Capital Accionista	20%	Valor Propuesto
% Endeudamiento	80%	Valor Propuesto
Costo de Capital	18%	Supuesto Estándar
Costo de Deuda	8%	Supuesto Estándar

Fuente: Elaboración propia

Es importante destacar que la tarifa base calculada representa el punto equilibrio del proyecto, esto quiere decir que esta es la cifra mínima que tiene que cobrar la EO-RS seleccionada para generar la rentabilidad mínima esperada por el servicio de tratamiento de lixiviados.

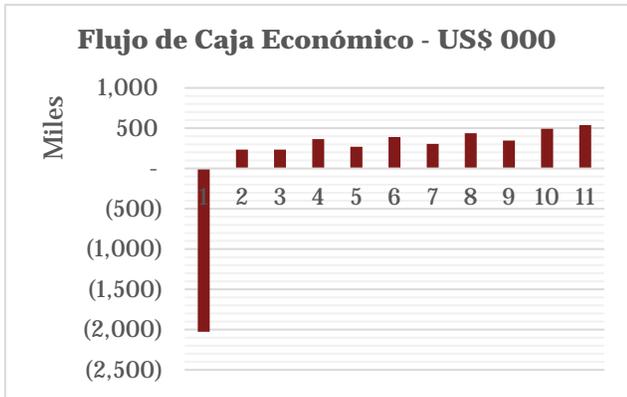
Si comparamos esta tarifa base con la tarifa calculada para el tratamiento de lixiviados en la PTAR de Iquitos, 55.78 US\$/m<sup>3</sup>, podemos observar que representa un ahorro del 23%. De forma acumulada se tendría un ahorro de US\$4.1 millones a la Municipalidad de San Juan Bautista.

### 4.4.1. Flujos de Caja

#### a. Flujo de Caja Económico

El siguiente gráfico muestra los flujos de caja económicos obtenidos a partir de las proyecciones de estado de resultados realizadas. El gráfico N° 4 y la tabla N° 14 muestra el detalle de dichos flujos.

**Gráfico 4. Flujo de caja económico del proyecto**



Fuente: Estimación propia

**Tabla 14. Resumen del flujo de caja económico del proyecto**

Flujo de Caja Económico (US\$ 000)	
Inversión Inicial	(2,026)
Año 1	226
Año 2	226
Año 3	354
Año 4	263
Año 5	380
Año 6	297
Año 7	426
Año 8	336
Año 9	479
Año 10	526

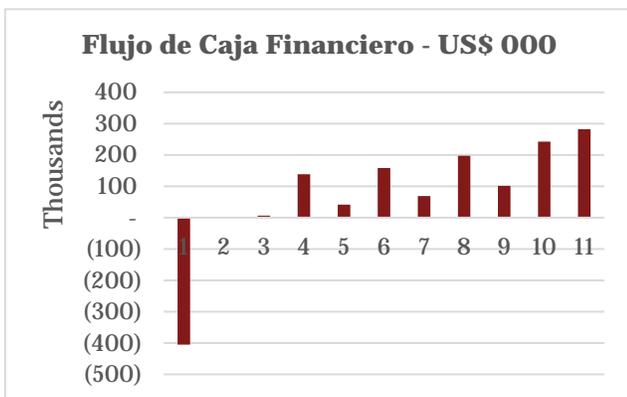
Fuente: Estimación propia

La inversión inicial está compuesta por el sistema de evaporación por US\$1,951 mil y el capital de trabajo inicial de US\$75 mil. Tal como se puede observar en el gráfico, el desembolso inicial del proyecto representa un monto que redondea los 2 millones de US\$, el cual se repaga mediante los flujos de ingresos que se proyectan a lo largo del periodo de evaluación del proyecto (10 años), mediante el cobro del servicio de tratamiento de lixiviados a la Municipalidad de SJB. El flujo económico o flujo libre de efectivo a la firma, sin embargo, no incluye el componente de servicio de deuda (amortización y egresos financieros). El valor presente de estos flujos aplicando una tasa ponderada de 8.1% aplicando la metodología WACC es de US\$264 mil.

### b. Flujo de Caja Financiero

El enfoque de flujo de caja financiero, tal como su nombre indica, incluye los componentes de servicio de deuda. Las proyecciones llevadas a cabo para este ejercicio de evaluación contempla una tasa de interés efectiva anual de 8%, correspondiente a la tasa de mercado actual para un proyecto con riesgos comparables. El Gráfico N° 5 y la tabla N° 15 muestra el movimiento de los flujos de caja financieros obtenidos en el ejercicio de evaluación.

**Gráfico 5. Flujo de caja financiero del proyecto**



Fuente: Estimación propia

**Tabla 15. Resumen del flujo de caja financiero del proyecto**

Flujo de Caja Financiero (US\$ 000)	
Inversión Inicial	(405)
Año 1	-
Año 2	7
Año 3	139
Año 4	42
Año 5	158
Año 6	69
Año 7	198
Año 8	101
Año 9	242
Año 10	282

Fuente: Estimación propia

La proyección del flujo de caja financiero o flujo de caja al accionista muestra efectivamente los flujos de ingresos que percibirían los accionistas del proyecto luego de cancelar todas las obligaciones para mantener la correcta operación del proyecto, incluido el servicio de deuda. El valor nulo en el flujo de caja del primer año de operación muestra que la tarifa estimada solo permite que en este primer año el proyecto genere la suficiente cantidad de ingresos para cubrir sus costos de operación y financiamiento, mas no para generar ingresos directos para sus accionistas. Una tarifa menor a la indicada provocaría una situación de *default*

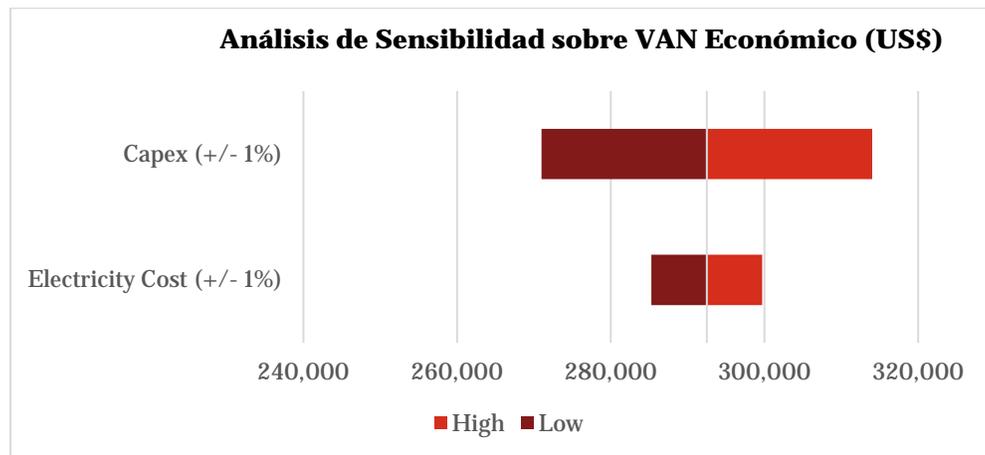
para la compañía, pues no sería capaz de cumplir sus obligaciones. De ahí el hecho de que la tarifa estimada sea una tarifa de equilibrio.

#### 4.4.2. Análisis de Sensibilidad

Esta sección contempla diversos análisis de sensibilidad que permitan prever casos en los cuales las variables de interés se comporten de manera diferente a lo esperado.

Como podemos apreciar la inversión en los equipos adquiridos al inicio del proyecto generan una sensibilidad mayor en el cálculo del retorno de la inversión. Una un aumento de 1% en el capex y un aumento en 1% en el costo de electricidad implicarían un aumento en la tarifa que podría estimarse en US\$42 a US\$44 al inicio del proyecto.

**Gráfico 6. Análisis de sensibilidad**



Fuente: Elaboración propia

## 4.5. Identificación y gestión de riesgos del proyecto

Se realiza un análisis de los potenciales riesgos a los que el proyecto se encontrará expuesto en sus distintas etapas, con el objetivo de brindar recomendaciones para mitigarlos.

Para su gestión efectiva, el sector público debe adoptar un rol más activo en el establecimiento de normas o lineamientos que permitan agilizar mecanismos eficientes para la distribución de riesgos entre las partes y poder en marcha proyectos de gestión integral de residuos sólidos, como la formación de APP's o mancomunidades por mencionar un ejemplo.

Los riesgos han sido catalogados de acuerdo a la fase en la cual se encuentre el proyecto:

- Construcción / Instalación
- Operación

### 4.5.1. Riesgos en Construcción / Instalación

El análisis realizado en esta sección aplica para la instalación del evaporador de lixiviados. Los riesgos de su instalación deben ser asumidos y gestionados por los actores a cargo dependiendo de la opción seleccionada, por ejemplo, si la instalación es realizada por el sector público, estos riesgos deben ser gestionados por éste, y de igual manera para el caso de la instalación por parte de una Empresa Operadora de RRSS.

**Tabla 16. Resumen de riesgos en construcción**

Tipo de Riesgo	Descripción
Riesgo Administrativo	Retrasos en el inicio de trabajos por la expedición de licencias y autorizaciones por la municipalidad o entidades regulatorias.
Riesgo con los Proveedores	Sobrecoste en el montaje por variación de jornada laboral.
Riesgo Ambiental	Retrasos por emisión de gases no controlados en las plataformas

Fuente: Elaboración propia

Para mitigar riesgos en la etapa de construcción / instalación, se recomienda firmar un contrato de Ingeniería, Procura y Construcción (EPC por sus siglas en Inglés) o “Llave en Mano”, donde la empresa EPC contratada diseña y realiza la construcción e instalación, adquiere los equipos y materiales para ello y lleva a cabo la ejecución de toda la obra. Para esto el cliente paga un precio previamente acordado por todo el Proyecto. En este tipo de contrato se transfiere a la empresa EPC contratada todas las responsabilidades de cumplir con los plazos establecidos, bajo un presupuesto pactado y asegurando el nivel de calidad de la instalación al ejecutor de la obra. Esta opción resulta bastante conveniente pues ante un incremento en los costos, la responsabilidad recae sobre el contratista y, en caso este no cumpla con los plazos, deberá pagar una penalidad al cliente. Otra práctica que sirve para mitigar el riesgo en esta etapa es la contratación de un seguro ante todo riesgo. De esta forma, la empresa se cubre ante cualquier eventualidad que pudiera afectar el desarrollo de la instalación del evaporador de lixiviados. El precio de estas pólizas depende del nivel de exposición a riesgos que tenga el proyecto.

### 4.5.2. Riesgos en Operación de Relleno Sanitario

La operación y mantenimiento del relleno sanitario “Villa San Juan” trae consigo riesgos asociados del tipo regulatorio, de pago, de proveedores y suministros, de la propia operación y sociales (ver tabla N° 17). Adicionalmente, se puede incluir un tipo de riesgo de control climático, ya que el ritmo de generación de lixiviado dependerá de los factores ambientales que se manifiesten en el momento y de si se siguen los procedimientos de mitigación del mismo (ej. uso de geomembrana sobre la superficie de residuos dispuestos en caso de lluvias). Cabe destacar que nuestros análisis se basan en estimaciones precisas pero la falta de control y condiciones climáticas adversas podrían generar condiciones críticas altamente contaminantes, como el rebalse de la poza de lixiviados.

**Tabla 17. Resumen de riesgos en operación del relleno sanitario**

<b>Tipo de Riesgo</b>	<b>Descripción</b>
Riesgo Regulatorio	Retrasos en el inicio de trabajos por la expedición de licencias y autorizaciones por la municipalidad o entidades regulatorias.
Riesgo de Pago	Municipalidad no cuente con los fondos para realizar el pago de los servicios por disposición final.
Riesgo con los Proveedores	Sobrecoste en el montaje por variación de jornada laboral.
Riesgo de Suministros	Riesgo de no recibir los residuos sólidos necesarios para ofrecer un servicio rentable de disposición final.
Riesgo Operativo	Menores ingresos por caída en precios, bajo rendimiento o mantenimiento de planta y equipos poco cuidadoso.
Riesgo Social	Paralización de trabajos por amedrentamiento de sindicatos extorsionadores segregadores informales.

Fuente: Elaboración propia

La primera medida que se usa para mitigar el riesgo en la fase de Operación y Mantenimiento (O&M), es la fijación de una tarifa para la prestación de los servicios de disposición final cercana al límite superior del rango propuesto. De esta manera, el operador solo queda expuesto a las fluctuaciones de sus costos operativos. Tomando en consideración que los costos operativos dependen del volumen de residuos que ingresan al relleno, una disminución en la cantidad de residuos sólidos que llegan, reduciría los ingresos en ese periodo, pero también reduciría los costos asociados a la operación.

Otro riesgo importante que hay que tomar en cuenta, es el que tiene que ver con el pago del servicio de disposición final. Como se mencionó anteriormente, el distrito de SJB sufre de una alta morosidad de pago de arbitrios, alrededor del 90%, por lo que se hace indispensable establecer garantías o mecanismos que aseguren fondos para el pago de los servicios prestados por la EO-RS (como por ejemplo el uso de fideicomisos o cuentas únicas del tesoro). Un mecanismo efectivo para incrementar los niveles de recolección es realizar el cobro de los arbitrios de Limpieza Pública a través de facturas de luz o agua, como ya se viene implementando en la municipalidad de Chancay<sup>22</sup>.

En cuanto a los riesgos de suministros, firmar un contrato de concesión sería una solución adecuada de mitigación, pues de esta manera las municipalidades (o mancomunidad) se comprometen a entregar los volúmenes pactados de residuos sólidos necesarios para que la operación del relleno (RRSS) sea rentable para la EO-RS.

<sup>22</sup> <https://gestion.pe/peru/municipios-cobrar-servicio-recojo-basura-via-recibos-luz-263396>

# 5. Operación Financiera Sugerida

## 5.1. Financiamiento

La alternativa de financiamiento propuesta para la EO-RS interesada en realizar este proyecto es un préstamo por arrendamiento financiero (o leasing), otra alternativa igualmente viable es utilizar un préstamo corporativo, debido al monto reducido de endeudamiento. Para este ejercicio se consideró un financiamiento al 80%, debido a que es la proporción típica en los contratos de financiamientos locales. Por otro lado, para este análisis es conveniente estresar el modelo incluyendo un financiamiento sólo del 80% para tener una tarifa que soporte tanto el costo de financiamiento como el costo de capital, teniendo en cuenta también que la variación no sería significativa.

Otro aspecto clave a destacar es que mediante este mecanismo la EO-RS al finalizar el plazo del Leasing tendrá la opción de adquirir el equipo de evaporación a un costo pactado inicialmente, pudiéndolo así utilizar en otro relleno sanitario de estar en buenas condiciones.

Es importante mencionar que otros mecanismos de financiamiento fueron evaluados, como el project finance. Este caso exige la realización de una debida diligencia del proyecto (Project Due Dilligence), esto por política de las entidades bancarias con las cuales conversamos. El monto que cobran los bancos por este servicio son elevados por lo que para justificar este monto los proyectos realizados bajo este mecanismo tienen que rondar los \$25-30 millones, el cual no es el caso para el proyecto de SJB (alrededor de \$2 millones).

### 5.1.1. Licitación de Operación, Mantenimiento y Ampliación

La operación del tratamiento de lixiviados sería tercerizada a la EO-RS seleccionada para operar el relleno sanitario y sería pagado por el mismo. Al tratarse de un relleno municipal, sería la municipalidad misma la que terminaría otorgando los fondos para el proyecto analizado.

## 5.2. Monto

El monto de inversión planteado corresponde a la suma de los conceptos que conforman la tabla de evaporación de lixiviados. Si bien es cierto que también se hacen inversiones en el sistema de captura centralizada de LFG, estas inversiones son graduales y pueden ser cubiertas con los ingresos de cada año siempre que se mantenga la tarifa de equilibrio sugerida.

**Tabla 18. Monto de inversión inicial**

US\$ 000	Inversión Inicial
Patrimonio	405
Deuda	1,621
Total	2,027

Fuente: Elaboración propia

## 5.3. Plazo

El plazo de financiamiento que se plantea es igual al del horizonte de evaluación del proyecto. Después de este periodo, el inversionista podrá escoger entre comprar el activo, seguir arrendándolo y buscar un nuevo relleno donde se necesite evaporación de lixiviados o simplemente dejar de operar. Todo esto depende también del acuerdo al que se pueda llegar en el contrato de arrendamiento financiero original.

## 5.4. Garantías

La estructura de las garantías que tendrían que ser aportadas en favor de la entidad financiera que apoye el proyecto y de la entidad estatal que promoció la ejecución de la infraestructura de tratamiento de lixiviados dependerá en gran medida de la fórmula legal que se utilice para la implementación del proyecto.

Dentro de esta estructura legal, las entidades financieras evaluarán la solidez de los mecanismos de retribución que considere el contrato, el cual podría incluir sólo la operación o la construcción y operación. En tal sentido, la estructura que se detalla a continuación puede verse afectada en función a la evaluación de riesgos que realice la entidad financiera y a las exigencias que establezca la entidad pública contratante.

En términos generales, para la estructura de financiamiento, se anticipa que el promotor privado deberá brindar el paquete de garantías habitual con el objetivo que la entidad financiera logre una seguridad jurídica de su capacidad de repago de la deuda tanto en los escenarios de funcionamiento de la infraestructura como en el caso que se presente algún evento que pudiera derivar en una terminación anticipada de la relación contractual.

En ese sentido, se solicitará como garantía el bien arrendado (evaporador y otros equipos) el cual no es un elemento decisivo para que una entidad financiera conceda el contrato de financiamiento, dependiendo de la envergadura y o condiciones de riesgo se suele solicitar garantías adicionales, pero esto es analizado caso por caso.

Adicionalmente, el contrato con el Estado podría incluir cartas fianzas en favor de la entidad contratante que suelen variar entre la fase de construcción y la fase de operación. Asimismo, en el caso que la estructura elegida considere un esquema de fideicomiso, se analizará los detalles de dicha operación para que los flujos disponibles puedan ser utilizados en favor del proyecto o de sus acreedores con el objetivo de solventar cualquier problema de liquidez que se pueda presentar durante la vida del proyecto.

## 6. Actores Relevantes

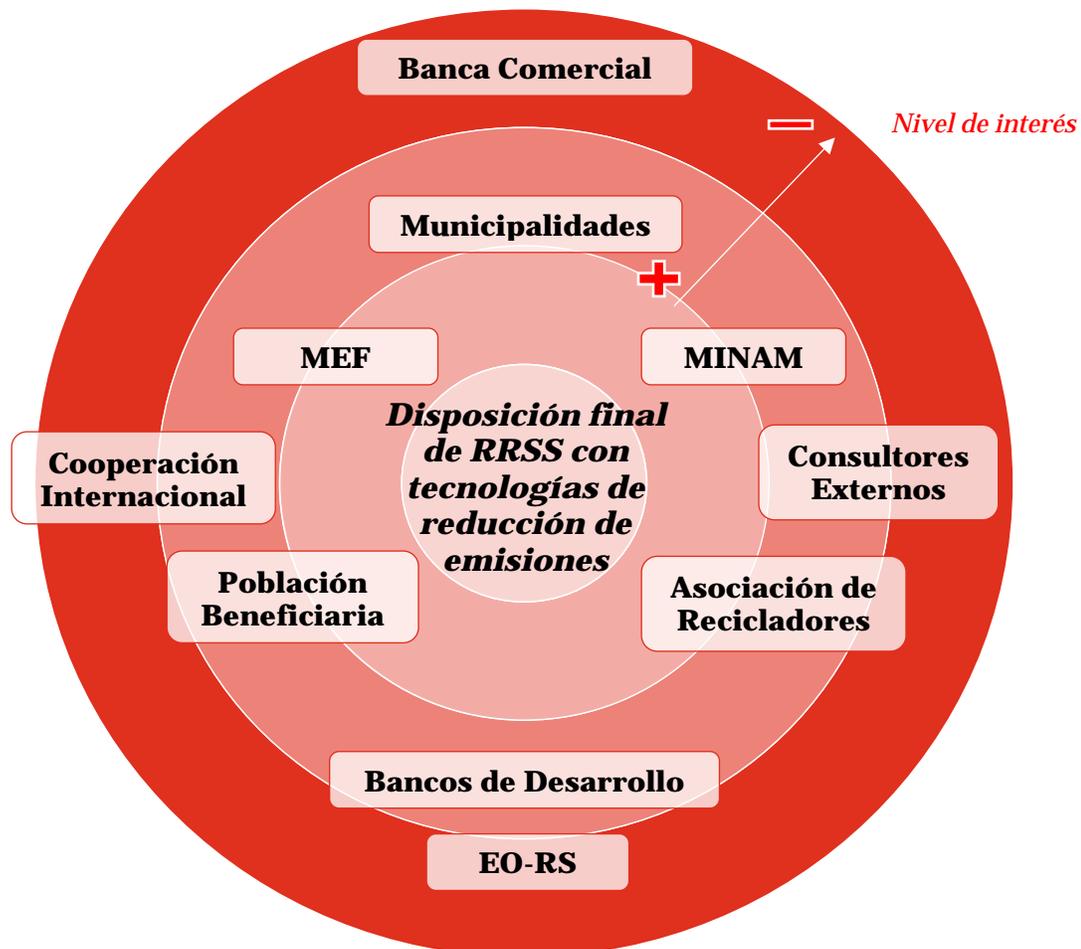
De acuerdo con las entrevistas realizadas a los diferentes actores identificados, se muestra en la figura N°4 la ubicación de acuerdo al interés mostrado en este tipo de proyectos. El círculo más cercano al proyecto indica mayor nivel de interés y el más alejado, menor interés.

**Tabla 19. Resumen de actores claves del sector**

Entidad	Rol en el Proyecto
<b>Autoridades Locales</b>	Principal interesado y beneficiario de proyectos de Infraestructura de disposición final de RSM.
<b>Proveedores Financieros</b>	Financiamiento y asesoría financiera para el proyecto.
<b>Empresas Operadoras de RRSS</b>	Encargadas de la formulación y financiamiento del proyecto, así como de la construcción y Operación de la Infraestructura de disposición final.
<b>Ministerios</b>	Ente Rector, planteamiento de la estrategia general a nivel país, apoyar en la implementación y definir entorno habilitante. Promotor de este tipo de iniciativas
<b>Proveedores Tecnológicos</b>	Proveer maquinaria necesaria para la implementación del proyecto.
<b>Asociación de Recicladores</b>	Promover la formalización de segregadores del relleno sanitario "El Treinta".

Fuente: Elaboración propia

**Figura 4. Mapa de actores claves según interés en el proyecto**



Fuente: Elaboración propia

## **6.1. Autoridades Locales**

Las autoridades municipales juegan un rol fundamental, pues son los encargados de la gestión o delegación de los residuos sólidos municipales. Son las encargadas de velar por la correcta gestión de los residuos sólidos municipales y, por ende, son las encargadas de la contratación de Empresas Operadoras de Residuos Sólidos (EO-RS). Asimismo, les corresponde realizar el pago por los potenciales servicios a ser prestados por las EO-RS. Finalmente, su involucramiento es clave para desarrollar e impulsar proyectos de esta envergadura, y en el caso de la Municipalidad Distrital de San Juan Bautista cuentan con una Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos.

## **6.2. Proveedores Financieros**

Los bancos comerciales y los de segundo piso son potenciales proveedores de financiamiento para esta clase de proyectos de impacto social y ambiental (caso APP). La empresa privada también puede ser candidato para proveer financiamiento en el caso en que se realice la obra por la modalidad de Obras por Impuestos.

Para el caso del relleno de San Juan Bautista el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) se encuentra financiando la construcción del relleno. Para la implementación de la tecnología de tratamiento de lixiviados la EO-RS seleccionada podría buscar financiamiento con la banca comercial a través de arrendamientos financieros (o leasing) para los equipos de evaporación o préstamo corporativo. Tal es el caso del relleno sanitario de Huaycoloro, donde Scotiabank financió a Petramás en la adquisición de equipos de generación eléctrica a través de la modalidad de Leasing.

## **6.3. Empresas Operadoras de Residuos Sólidos**

Las EO-RS son actores importantes no sólo para la disposición final de residuos, sino también para la recolección y transporte de los mismos. Existen varias empresas dedicadas a la actividad de gestión integral de residuos sólidos que podrían estar interesadas en desarrollar proyectos de este tipo. Sería conveniente además que estas empresas se involucren desde la fase de diseño del proyecto, pues al contar con el “*know-how*” del negocio se esperaría que brinden un servicio de calidad y cuiden de la infraestructura provista de manera óptima.

Para lograr esto es necesario presentar proyectos atractivos y bancables, en donde la construcción de infraestructuras de disposición final se realice a beneficio de una región o provincia, en vez de un solo distrito, ya que resultan económicamente más rentables al ofrecer un mayor volumen de residuos sólidos generados, lo que se traduce en menores costos de operación y servicio por economía de escala.

Entre las empresas de este rubro que hemos identificado se encuentran Acciona, Innova Ambiental, Kanay KDM, Petramás, Proactiva y Veolia. Las empresas estarían interesadas, principalmente si es que los proyectos involucran el manejo de un volumen significativo de residuos sólidos municipales a tratar (por lo menos de 400 Ton / día), como Lima, es por eso que estas empresas deberían evaluar su ingreso a provincias con menor generación, o identificar en el listado de EO-RS<sup>23</sup>, alguna que pueda estar interesada a expandir sus operaciones en otras ciudades.

Actualmente existe una EO-RS operando en la zona, la empresa Brunner. Sin embargo, en base a las entrevistas realizadas con funcionarios de las municipalidades de Maynas y SJB donde nos informaron acerca de las malas experiencias con esta empresa, Brunner no se debería considerar como un candidato para operar los nuevos rellenos sanitarios.

## **6.4. Ministerios**

El principal promotor de esta clase de proyectos es el Ministerio de Ambiente (MINAM). Las dos Direcciones competentes para esta clase de proyectos de mitigación son la Dirección General de Residuos Sólidos (DGRS) y la Dirección General de Cambio Climático y Desertificación (DGCCD). De ser posible, el MINAM debería liderar estas iniciativas y promover el consenso entre los actores para definir un plan de acción claro, en donde los actores puedan intervenir y aterrizar este tipo de proyectos.

---

<sup>23</sup> <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/274465-listado-de-empresas-operadoras-de-residuos-solidos-autorizadas-por-el-minam>

Por otra parte, el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) es otro actor gubernamental importante a considerar, pues es el encargado de velar por las obras de inversión privada (modalidades como OxI, APP y PA).

## ***6.5. Proveedores de Tecnología***

Hemos identificado a las empresas que podrían ser potenciales proveedores para la tecnología seleccionada. Por el lado de la estación de quema centralizada existen proveedores como Abisa, Haug, John Zink, Jorvex, Cidelsa y TDM y para la evaporación de lixiviados sólo hemos identificado a la compañía John Zink, cuya tecnología es la base para el cálculo de costos en nuestro informe.

# 7. Impacto del Proyecto

La población del distrito de San Juan Bautista será la principal beneficiaria de este proyecto de ampliación. Principalmente por la reducción de líquidos lixiviados los cuales pueden tener un impacto negativo endémico sobre el ecosistema de la región.

Un proyecto de este tipo también resulta de interés nacional, pues ayuda a la preservación de la naturaleza y contribuye con la reducción de emisiones de GEI, según lo establecido en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC's por sus siglas en inglés: "Nationally Determined Contributions"). El proyecto además tiene el potencial de poder sentar precedente como una forma viable de tratar los lixiviados de rellenos sanitarios en la Amazonía y de esta manera ser replicado en otras regiones con clima tropical y lluvioso, dándole una solución a la problemática que existe con este subproducto.

## 7.1. Impacto Ambiental

El impacto ambiental del relleno sanitario de San Juan Bautista será doblemente positivo debido a la mitigación de GEI y al tratamiento de líquidos lixiviados, evitando así contaminaciones de suelos y ríos.

En cuanto a la mitigación de GEI, la tabla N° 20 muestra las toneladas de CO<sub>2</sub>e que pueden lograrse con el biogás del relleno sanitario San Juan Bautista teniendo un total de 95,437 tCO<sub>2</sub>e reducidas en 10 años de proyecto.

**Tabla 20. Reducción de emisiones de LFG en el relleno de SJB**

Año	LFG (Nm <sup>3</sup> /año)	Reducción de emisiones (tCO <sub>2</sub> e/año)
1	224,571	1,691
2	445,846	3,475
3	664,421	5,238
4	880,842	6,983
5	1,095,612	8,715
6	1,309,195	10,437
7	1,522,024	12,153
8	1,734,506	13,867
9	1,947,023	15,581
10	2,159,939	17,297
<b>Total</b>	<b>11,983,979</b>	<b>95,437</b>

Fuente: Elaboración propia basada en expediente de Fichtner

## 7.2. Impacto Social

Los beneficiarios inmediatos del proyecto serían las personas que viven en la ruta del transporte del lixiviado en cisternas desde el relleno sanitario de San Juan Bautista hasta la PTAR de Iquitos, tal como se estimó originalmente en el estudio de Fichtner. Con esto, se eliminarán los olores y derrames de lixiviado durante el transporte, así como el riesgo de volcadura de esta unidad cisterna que tendría un impacto altamente negativo.

Como todo proyecto de una nueva instalación de Relleno Sanitario, se debe tener en cuenta el impacto en los segregadores informales que actualmente subsisten del reciclaje en los botaderos, puesto que estos pobladores podrían oponerse al cambio de infraestructura. La Municipalidad de SJB deberá gestionar este riesgo, el cual consideramos mínimo en este caso al ser un relleno de poca magnitud y al mantenerse todavía el volumen remanente de las municipalidades de Belén, Punchana e Iquitos que continuarán disponiendo 400 toneladas en "El Treinta" hasta que su nuevo relleno este construido.

Los pobladores de las provincias del área de interés serían también beneficiarios directos, ya que se minimiza el riesgo de vertido de lixiviado al suelo y río cercano causando un impacto ambiental altamente negativo.

### 7.3. Impacto Económico

La implementación del proyecto de evaporación de lixiviados tiene un impacto económico positivo, toda vez que se reduce el costo de tratamiento del lixiviado en un 10% durante la vida útil del relleno (alrededor de US\$4.1 millones acumulado en los 10 años del proyecto), en comparación con el tratamiento en la PTAR, reduciendo en consecuencia el costo de operación del relleno sanitario en su conjunto para la Municipalidad de SJB.

**Tabla 21 Cálculo de ahorros en los 10 años de proyecto**

	<b>Costo PTAR (US\$000/Año)</b>	<b>Costo Evaporación forzada (US\$000/Año)</b>	<b>Ahorro para la Municipalidad de SJB (US\$000/Año)</b>
Año 1	749	549	201
Año 2	811	581	230
Año 3	1,134	796	338
Año 4	951	653	298
Año 5	1,270	854	416
Año 6	1,110	731	380
Año 7	1,481	954	527
Año 8	1,298	818	480
Año 9	1,726	1,065	661
Año 10	1,519	917	602
<b>Total</b>	<b>12,051</b>	<b>7,918</b>	<b>4,133</b>

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, y solamente si se llegase a pactar un costo de tratamiento de lixiviado, este proyecto pudiese proporcionar una estructura de financiamiento y modelo comercial para la inversión privada y la colaboración público privada en la construcción y operación de rellenos sanitarios que no existía anteriormente fuera de Lima, y podría ser visto como un caso de estudio para movilizar la inversión privada hacia tecnologías de reducción de LFG y tratamiento de lixiviado, siendo replicado en áreas con condiciones climáticas similares.

## **8. Recomendaciones**

### **8.1. Sobre el Relleno Sanitario**

Debido a lo expuesto en el punto 5.3., se recomienda un modelo de negocio donde la operación del relleno sanitario (incluyendo el tratamiento de lixiviados) pase a manos de una EO-RS asegurando estándares de calidad y sostenibilidad durante la vida útil del mismo. Es importante destacar que la operación del relleno sanitario debe incluir dentro de sus procedimientos, el despliegue de geomembranas en la superficie de los residuos sólidos dispuestos como protección contra las precipitaciones y medida complementaria para la mitigación de líquidos lixiviados.

### **8.2. Evaporación de Lixiviados**

Es de vital importancia para la región que la instalación y operación del evaporador de lixiviados se realice según los estándares más estrictos de construcción y mantenimiento, ya que este sentará un precedente en la zona para el tratamiento alternativo del subproducto de relleno. Constante monitoreo y análisis de condiciones climáticas y parámetros de funcionamiento servirán para identificar escenarios óptimos de operación, los cuales servirán de ayuda a otras regiones selváticas para replicar el modelo.

### **8.3. Mejorar la Recaudación Fiscal**

Para viabilizar un proyecto de esta naturaleza, es necesario trabajar algunos temas que, de no tratarse, podrían desincentivar por completo la participación de actores privados en el sector de gestión de residuos sólidos. Un punto clave con el que se debe lidiar para que el proyecto planteado pueda ocurrir, es asegurar el pago por los servicios de disposición final ofrecidos.

Especialmente para SJB cuya tasa de morosidad, es aproximadamente 90%. Sin un flujo de retornos seguro por la prestación del servicio, la entrada de actores privados al sector es poco probable. Como solución a esta problemática, se recomienda incrementar la recaudación por el concepto de estos arbitrios, mediante un mecanismo que permita incorporar el cobro de los Arbitrios de Limpieza Pública al cobro de otros servicios públicos<sup>24</sup>. Un ejemplo del uso de este mecanismo se evidencia en Chancay, donde actualmente el cobro del arbitrio por Limpieza Pública está amarrado al cobro por el servicio de agua<sup>25</sup>.

### **8.4. Entender la problemática local**

Es importante que cuando se definan modelos de operación y usos de tecnologías en la gestión integral de residuos sólidos, se realice una consideración más profunda sobre los problemas que ahondan en cada región geográfica del país (costa, selva y sierra) ya que cada una de ellas presentan problemas generados por las características específicas de la zona (ej. altos niveles de precipitación en la selva, generación de polvo en la sierra) requiriendo soluciones diferentes para cada una de ellas.

---

<sup>24</sup> Artículo 70 del D.L. 1278: Decreto Legislativo que aprueba la Gestión Integral de Residuos Sólidos.

<sup>25</sup> <https://gestion.pe/peru/municipios-cobrar-servicio-recojo-basura-via-recibos-luz-263396>

## 9. Conclusiones

Cuando se trata de la gestión de residuos sólidos, el sector privado puede aportar con conocimientos técnicos, capacidad de organización y flexibilidad en la operación. Sin embargo, en la gestión de residuos de competencia municipal, el sector público debe involucrarse y poner reglas de juego claras, de modo que pueda realizarse una eficiente distribución de riesgos entre las partes y sacar adelante proyectos de gestión integral de residuos sólidos a través de mecanismos que así lo faciliten, como la formación de APP's o de mancomunidades por mencionar algunos ejemplos.

Tal y como se mencionó anteriormente, los proyectos de construcción de infraestructuras de disposición final para residuos sólidos municipales resultan económicamente más rentables cuando estos son realizados en beneficio de una provincia o región y no un solo distrito, pues a mayor cantidad de residuos dispuestos, se reducen los costos de operación y, por ende, la tarifa cobrada por el servicio (economía de escala). Finalmente, esto se traduce en proyectos más atractivos y bancables para el sector privado.

Con respecto a la tecnología de evaporación de lixiviados, la misma ayudaría a la reducción de 95,437 tCO<sub>2</sub>e en los 10 años de vida útil del relleno y así poder estar más cerca de lograr el objetivo país de mitigación de GEI. De igual manera, se estarían reduciendo externalidades negativas que podría tener el relleno sanitario por su tratamiento inadecuado, como la contaminación de las reservas de agua potable de la zona, afectando a sus habitantes y generando potenciales daños al frágil y valioso ecosistema de la selva amazónica. Adicionalmente, se estaría aprovechando el subproducto de las empresas madereras de la zona (el aserrín), disminuyendo así la contaminación por este material en río u zonas no autorizadas.

Este proyecto, como se mencionó anteriormente, tiene el potencial de poder sentar un precedente en cuanto al tratamiento efectivo de los lixiviados de rellenos sanitarios en la Amazonía, y de esta manera ser replicado en otras regiones con clima tropical y lluvioso, dándole una solución a la problemática regional que existe con este subproducto.

Por eso es importante ver a este proyecto, no sólo bajo el enfoque de rentabilidad y viabilidad, si no del impacto positivo que generará en la zona, ya se mencionó el impacto ambiental, pero consigo traerá de igual manera un impacto social y económico importante, ya que se espera que a través de la mejora de la calidad del servicio de disposición final y el contar con un relleno sanitario apto los pobladores se sientan incentivados a pagar los arbitrios de limpieza pública y ser más responsables con el ambiente facilitando las tareas de valorización de los residuos sólidos en beneficio del Municipio.

Entre las principales limitaciones para la implementación de este tipo de proyectos, está la capacidad de las municipalidades de establecer y recaudar los fondos necesarios para cubrir los costos de operación del relleno. Si bien lo ideal sería que “el generador de residuos pague” y cobrar a los ciudadanos, mediante arbitrios de Limpieza Pública, debería ser suficiente para hacer frente a los gastos por el servicio de disposición final, la realidad es que los índices de morosidad en el pago de estos son muy altos (alrededor de un 90% en las Municipalidades de esta región según la información provista por la Municipalidad de SJB) y se necesita primero mejorar el nivel de recaudación y adicionalmente contar con fondos provisionales del gobierno central o alguna otra entidad que sirva de garante para que el sector privado encuentre un escenario de riesgo/retorno aceptable para poder participar. Teniendo en cuenta esta barrera clave, venimos trabajando una lista de medidas para que esta realidad pueda cambiar, estas medidas incluyen el cobro de estos gastos a través de los recibos de agua, así como el uso de fideicomisos, para aumentar la recaudación. Sin embargo, estas medidas deberán ser implementadas directamente por cada Municipalidad.

Según los actores privados consultados para el presente estudio, estas barreras o limitaciones hacen que las empresas no contemplen en el corto plazo implementar proyectos de este tipo, por la falta de visibilidad y predictibilidad. Debido a este motivo, buscar soluciones a estas brechas debería ser de prioritaria atención por parte del Estado y MINAM.

# 10. Anexos

## Anexo 01: Coordenadas de ubicación del relleno sanitario

Vértice	Longitud (m)	Este	Norte
P1	628.05	683,297.745	9,567,628.407
P2	157.88	683,290.048	9,567,000.405
P3	298.30	683,164.431	9,567,096.004
P4	172.75	682,940.882	9,566,898.501
P5	204.25	682,825.264	9,567,230.292
P6	811.90	682,607.122	9,567,230.292
P7	33.31	683,265.286	9,567,635.886

Fuente: Expediente técnico del relleno sanitario "Villa San Juan"

## Anexo 02: Temperatura y precipitación en San Juan Bautista

Mes	Media de las temperaturas mínimas diarias (°C)	Media de las temperaturas máximas diarias (°C)	Media de las temperaturas diarias (°C)	Precipitación total media (mm)
Ene	31	23	27	242
Feb	31	23	27	230
Mar	31	23	27	262
Abr	31	23	27	263
May	30	22	26	238
Jun	30	22	26	177
Jul	30	22	26	133
Ago	31	22	26.5	135
Sep	32	22	27	169
Oct	32	22	27	206
Nov	32	23	27.5	207
Dic	31	23	27	237
<b>Total</b>	<b>31.0</b>	<b>22.5</b>	<b>26.8</b>	<b>2,499</b>

Fuente: CORPAC<sup>26</sup> y Weather Spark<sup>27</sup>

## Anexo 03: Supuestos estimación de RRSS

Supuesto	Estimación	Participación
Crecimiento Poblacional	2%	Crecimiento promedio anual
Crecimiento GPC	1%	Supuesto conservador
Volumen RRSS Domiciliarios	86.53%	Estudio de caracterización de RRSS municipales
Volumen RRSS Comercial	10.45%	Estudio de caracterización de RRSS municipales
Volumen RRSS Barrido	3.02%	Estudio de caracterización de RRSS municipales
Volumen RRSS Reciclables	4.65%	Fichtner
Volumen RRSS Compostable	3.88%	Fichtner
Densidad de RRSS	0.55 ton/m <sup>3</sup>	Supuesto estándar
Reducción del volumen por estabilización	6% anual	Supuesto estándar

<sup>26</sup> <http://www.corpac.gob.pe/app/Meteorologia/TRClimatologicas/Tablas.html>

<sup>27</sup> <https://es.weatherspark.com/y/147185/Clima-promedio-en-Aeropuerto-Internacional-Coronel-FAP-Francisco-Secada-Vignetta-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>

## Anexo 04: Composición de los residuos sólidos -

Tipo de residuos sólidos	% RRSS	RRSS domiciliario (Ton/día)	RRSS No Domiciliarios (%)	RRSS no domiciliario (Ton/día)	RRSS Municipal Total (Ton/día)	% Promedio
1. Materia Orgánica	74.53%	69.13	65.44%	7.69	76.82	73.51%
2. Madera, Follaje	3.00%	2.78	0.58%	0.07	2.85	2.73%
3. Papel	3.36%	3.11	6.16%	0.72	3.84	3.67%
4. Cartón	2.30%	2.14	5.36%	0.63	2.77	2.65%
5. Vidrio	1.65%	1.53	1.87%	0.22	1.75	1.67%
6. Plástico PET	3.39%	3.15	4.15%	0.49	3.63	3.48%
7. Plástico Duro	3.14%	2.91	1.67%	0.20	3.11	2.97%
8. Bolsas	2.65%	2.46	4.46%	0.52	2.98	2.85%
9. Tetrapak	0.66%	0.61	0.68%	0.08	0.69	0.66%
10. Tecnopor y similares	0.51%	0.48	0.41%	0.05	0.52	0.50%
11. Metal	0.19%	0.18	0.15%	0.02	0.20	0.19%
12. Telas, textiles	2.78%	2.58	0.82%	0.10	2.68	2.56%
13. Caucho, cuero, jebe	0.12%	0.11	0.90%	0.11	0.22	0.21%
14. Pilas	0.00%	0.00	0.02%	0.00	0.00	0.00%
15. Restos de medicinas, etc.	0.06%	0.06	0.02%	0.00	0.06	0.06%
16. Residuos Sanitarios	0.55%	0.51	2.81%	0.33	0.84	0.80%
17. Residuos Inertes	0.05%	0.04	0.00%	0.00	0.04	0.04%
18. Envolturas	0.36%	0.33	1.71%	0.20	0.53	0.51%
19. Latas	0.44%	0.41	1.00%	0.12	0.53	0.50%
20. RAEE	0.08%	0.08	0.06%	0.01	0.08	0.08%
21. Huesos	0.00%	0.00	0.25%	0.03	0.03	0.03%
22. Otros	0.18%	0.17	1.49%	0.18	0.34	0.33%

Fuente: Municipalidad Distrital SJB: *Estudios de caracterización de residuos sólidos MDSJB 2016*

## Anexo 05: Supuestos para la estimación de Emisiones

Physical parameters of compounds				
Parameters	Unit	Value	Explanantion	Source
$\Phi$	-	0.75	Model correction factor to account for model uncertainitites	According to the ""Emissions from solid waste disposal sites" (Version 06.0.1)", page 2
f	%	0.0	Fraction of CH4 captured to the SWDS	Considered 0 since the Tool - Annex 13 also considers an Adjustment Factor
GWP (1st Crediting Period)	tCO2e/tCH4	25	Global Warming Potential	According to the "Emissions from solid waste disposal sites" (Version 06.0.1), page 2
GWP (2nd Crediting Period)	tCO2e/tCH4	25	Global Warming Potential	According to the "Emissions from solid waste disposal sites" (Version 06.0.1), page 2
OX	-	0.1	Oxidation factor	According to the "Tool v.6" page 3, considering the material utilized for covering the landfill (at the clousure)
F	%	0.5	Fraction of CH4 in the SWDS gas	According to the "Emissions from solid waste disposal sites" (Version 06.0.1), page 2
DOC <sub>t</sub>	%	0.5	Fraction of degradable organic carbon that can decompose	According to the "Emissions from solid waste disposal sites" (Version 06.0.1), page 3
MCF	-	1.0	Methane Correction Factor	According to the "Emissions from solid waste disposal sites" (Version 06.0.1) page 4, considering the management of the landfill
$\rho_{CH4}$	tonnes/m <sup>3</sup>	0.0007168	Density CH4	According to the ""Emissions from solid waste disposal sites" (Version 06.0.1), page 9 (density of methane at normal conditions)
OX <sub>top_layer</sub>	-	0.1	Fraction of methane that would be oxidized in the top layer of the SWDS in the baseline	Consistent with how oxidation is accounted for in the methodological tool Emissions from solid waste disposal sites
CH4 (%v/v)	%	50%	CH4 concentration	To be monitored (this value as a default per PDD calculations)
Equipment Details				
Parameters	Unit	Value	Explanantion	Source
$\eta_{PJ}$	%	0.75	GCE of the equipment installed	Default value as per page 10/23 of ACM0001 / Version 13.0.0 "Flaring or use of landfill gas"
Blower	HP	30	1 blower engine 60HP; 3,600 RPM; 03Phase; 60HZ	Project Developer
Compressor	HP	4.00	1 compressor INGERSOLL RAND; 7,5HP; 1,800 RPM; 480V; 03 Phase; 60HZ.	Project Developer
Blower purge	HP	0.50	1 blower purge that functions only when the system is operating: 3/4 HP; 1,800 RPM; 01 Phase.	Project Developer
Cooler	HP	1.50	1 cooling system of 3 HP	
Electronic System	kW	2	Various	Project Developer
EC <sub>PJ,y</sub>	MWh/yr	252.7	Electricity Consumption, yearly	Calculated
hflare,m	%	1.0	Flare Efficiency in the minute m	Default value according to the tool "Project emissions from flaring" version 02.0.0
CEG	MW	1.137	Capacity of Each Generator	Project Developer
GE	%	40.20%	Generator efficiency	"ESTUDIO DE DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA EFECTIVA Y RENDIMIENTO DE LOS GRUPOS CAT 1, 2 Y 3 DE LA CENTRAL TÉRMICA HUAYCOLORO"
FLGE	m <sup>3</sup> /h	510.74	Flow LFG each generator	Calculated
T <sub>cn</sub>	m <sup>3</sup> /h	0	Thermal Consumption	NA
E <sub>boiler</sub>	%	0	Boiler efficiency	NA
Working times				
Parameters	Unit	Value	Explanantion	Source
helec	h/year	8,000	Hours of generators	Project developer
hbl	h/year	8,000	Hours of blowers	Project developer
hth	h/year	0	Hours of thermal consumption	NA
Other parameters				
Parameters	Unit	Value	Explanantion	Source
PE <sub>FC,j,y</sub>	tCO2e/year	CALCULATED	Emissions from heat consumption by the project activity	Project evaluator

CH <sub>4</sub> LHV	KJ/mol	890	Methane LHV	IPCC
FC <sub>i,j,y</sub>	m <sup>3</sup> /year	0.0000	Fuel consumption	Project developer
NCV <sub>i,y</sub>	GJ/ m <sup>3</sup>	26.3000	Weighted average net calorific value of the fuel type i (LPG)	Values from the fuel supplier will be used.
EFCO <sub>2,i,y</sub>	tCO <sub>2</sub> /GJ	0.0656	Weighted average CO <sub>2</sub> emission factor of fuel type i (LPG)	Values from the fuel supplier will be used.
<b>Site characteristics</b>				
Parameters	Unit	Value	Explanantion	Source
MAT	°C	26.8	Mean Average Temperature	<a href="http://www.worldweather.org/029/c00108.htm">http://www.worldweather.org/029/c00108.htm</a>
MAP	mm/year	2,499	Mean average Precipitation	<a href="http://www.worldweather.org/029/c00108.htm">http://www.worldweather.org/029/c00108.htm</a>
PET	mm <sup>3</sup> /mm <sup>2</sup>	565	Potential evapotranspiration	<a href="http://www.fao.org/geonetwork/srv/fr/graphover.show?id=12739&amp;fname=aridity_index.gif&amp;access=public">http://www.fao.org/geonetwork/srv/fr/graphover.show?id=12739&amp;fname=aridity_index.gif&amp;access=public</a>
Waste basis	-	wet	Waste basis (wet / dry)	Project developer

Fuente: <https://cdm.unfccc.int/methodologies/index.html>. Datos planteados de acuerdo a las características del relleno

# Anexo 06: Cronograma y Etapas de Implementación

FASE	MESES														
	-	-	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingeniería				█	█	█	█								
Provisión Evaporador John Zink				█	█	█	█	█	█	█	█				
Provisión de Quemador de Biomasa							█	█	█	█	█				
Transporte												█			
Obra Civil									█	█	█				
Montaje Mecánico													█		
Montaje Eléctrico														█	
Comisionamiento															█
Puesta en Marcha															█

## **Anexo 07: Detalle Técnico de la combustión con Biomasa**

Definimos **biomasa** como cualquier tipo de combustible sólido, líquido o gaseoso, no fósil, compuesto por materia vegetal o animal, o producido a partir de la misma mediante procesos físicos y químicos, susceptibles de ser utilizado en aplicaciones energéticas.

Establecemos la siguiente clasificación de los distintos tipos de biomasa:

**Biomasa natural:** procedente de forma espontánea en la naturaleza (generalmente de masas forestales).

**Biomasa residual:** se incluyen todas aquellas materias primas que se generan en las actividades de producción, transformación y consumo. Se incluyen residuos agrícolas herbáceos, leñosos, residuos industriales agroalimentarios, residuos forestales, residuos generados en las industrias de transformación de la madera, residuos ganaderos, aguas residuales y residuos sólidos urbanos (RSU).

**Biomasa producida:** que es la cultivada con el propósito de obtener biomasa transformable en combustible.

La ventaja de la biomasa es su balance neutro en emisiones de CO<sub>2</sub>. Al quemar la biomasa para obtener energía se libera CO<sub>2</sub> a la atmósfera, pero hay que tener en cuenta que durante el crecimiento de la materia orgánica vegetal se absorbe CO<sub>2</sub>. De esta forma el ciclo se cierra y el nivel de emisión de CO<sub>2</sub> en la atmósfera se mantiene constante, de forma que la energía de biomasa no contribuye a generar el cambio climático.

También al emplear la biomasa como combustible se eliminan residuos, desechos, aguas residuales y purines que son fuente de contaminación del subsuelo y de las aguas subterráneas y en otros casos, se prevendrían incendios.

Otra ventaja de la energía renovable obtenida de la biomasa es que se produce y consume en un ámbito local y puede mejorar las economías rurales. Con la recogida, transporte y tratamiento de la biomasa para obtener energía se desarrolla un sector industrial que aporta innumerables ventajas para zonas rurales.

Las aplicaciones de la biomasa son térmicas y para la producción de electricidad. Las aplicaciones térmicas con producción de calor y agua caliente sanitaria son las más comunes dentro del sector doméstico. Ésta puede alimentar un sistema de climatización del mismo modo que si se realizara con cualquier combustible convencional fósil.

### **1.1. Tipos de biomasa**

En la actualidad existen una gran variedad de biomásas susceptibles de ser utilizadas como combustibles. Los más empleados son:

- Pellets, producidos de forma residual
- Astillas, provenientes de industrias de la primera o segunda transformación de la madera o de tratamientos silvícolas o forestales (podas, clareos, etc.).
- Residuos agroindustriales, como cáscara de frutos secos, huesos de aceituna, etc.
- Leña, que puede obtenerse en el mercado o ser producida por el propio usuario.

## 2. Sistema Empleado

Al ser un sistema complementario al diseño empleado del evaporador de John Zink, se emplea un quemador de aserrín de la fábrica Hai Qi Machinery



Quemador de biomasa aserrín. Hai Qi Machinery

### 2.1 Características:

1. Materiales a emplear. Este equipo puede utilizar amplia materia prima, polvo de madera, polvo de bambú, polvo de cáscara de arroz, polvo de cáscara de palma, etc. Menos de 60-80 materiales de malla pueden ser quemados directamente.
2. Automatismo. El funcionamiento es simple, utiliza del panel de control automático PLC Taida.
3. Aislamiento. El equipo usa tres capas de aislamiento recubierto, horno resistente de alúmina de alta temperatura elegida para anti corrosión. La camisa de agua de refrigeración del horno externo para una vida más larga y la operación más estable.
4. Principio de funcionamiento del quemador de biomasa. La tecnología de combustión de bajo carbono genera alta temperatura de pirolisis. El tiempo de residencia de quemado es de más de dos segundos para la combustión suficiente.
5. Alta eficiencia de conversión, la eficiencia térmica es generalmente arriba de 90 a 95%, la operación continua estable, operación y mantenimiento fácil.
6. Buenas medidas de sellado y presión negativa del horno.

### 2.2 Integración:

El equipo de combustión de biomasa de Hai Qi contribuye con el calor que necesita el evaporador de John Zink para poder evaporar los lixiviados. Se realizará una modificación en la tubería de la línea de entrada del gas de combustión de John Zink para este efecto.



## ***Anexo 08: Vacíos de Información***

El presente estudio muestra un análisis rápido en base a la información recogida para este fin y el diseño conceptual de un sistema de evaporación forzada de lixiviados a partir de biogás y complementada con biomasa como combustible. Sin embargo, se tienen vacíos de información a considerar para incluir en el estudio de pre-factibilidad.

### ***En la Etapa de Estudio:***

- No se cuenta con un estudio de impacto ambiental, vial y social del tratamiento del lixiviado.
- No se tiene un estudio detallado de toda la biomasa presente en el lugar.
- No se tiene un estudio de factibilidad eléctrica para dotar de energía del SEIN al relleno sanitario.

### ***En la Etapa de Construcción:***

- NO hay información sobre el impacto económico generado por la paralización de obra por la existencia de sindicatos
- NO hay información sobre el impacto económico generado por la paralización de la obra por retrasos en la expedición de licencias.

### ***En la Etapa de Operación:***

- No se tiene contemplado el coste de las actividades contempladas en el estudio de impacto ambiental.
- No se tiene contemplado usar un grupo electrógeno de respaldo en las operaciones, asumimos que el relleno sanitario cuenta con uno.



Federal Ministry  
for the Environment, Nature Conservation  
and Nuclear Safety

This document is an output from the Mobilising Investment project, an initiative of the Climate and Development Knowledge Network (CDKN) and Low Emission Development Strategies Global Partnership (LEDS GP) contracted through SouthSouthNorth (SSN).

The Mobilising Investment project is funded by the International Climate Initiative (IKI) of the German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), on the basis of a decision adopted by the German Bundestag. Delivery partners for the project include the National Renewable Energy Laboratory (NREL), Overseas Development Institute (ODI) and PriceWaterhouseCoopers UK (PwC).

The views expressed are not necessarily those of, or endorsed by, BMU or any of the entities delivering the Mobilising Investment project, who can accept no responsibility or liability for such views or information, or for any reliance placed on them. This publication has been prepared for general guidance on matters of interest only, and does not constitute professional advice. You should not act upon the information contained in this publication without obtaining specific professional advice. No representation or warranty (express or implied) is given as to the accuracy or completeness of the information contained in this publication, and, to the extent permitted by law, the entities managing the delivery of the Mobilising Investment project do not accept or assume any liability, responsibility or duty of care for any consequences of you or anyone else acting, or refraining to act, in reliance on the information contained in this publication or for any decision based on it.

## Contacts



**Ian Milborrow**

[milborrow.p.ian@pwc.com](mailto:milborrow.p.ian@pwc.com)



**Yasomie Ranasinghe**

[yasomie.ranasinghe@pwc.com](mailto:yasomie.ranasinghe@pwc.com)



**Guillermo Guerrero**

[guillermo.guerrero@pwc.com](mailto:guillermo.guerrero@pwc.com)

At PwC, our purpose is to build trust in society and solve important problems. We're a network of firms in 158 countries with more than 236,000 people who are committed to delivering quality in assurance, advisory and tax services. Find out more and tell us what matters to you by visiting us at [www.pwc.com](http://www.pwc.com).

This publication has been prepared for general guidance on matters of interest only and does not constitute professional advice. You should not act upon the information contained in this publication without obtaining specific professional advice. No representation or warranty (express or implied) is given as to the accuracy or completeness of the information contained in this publication, and, to the extent permitted by law, PwC does not accept or assume any liability, responsibility or duty of care for any consequences of you or anyone else acting, or refraining to act, in reliance on the information contained in this publication or for any decision based on it.

© 2019 PwC. All rights reserved. "PwC" refers to the PwC network and/or one or more of its member firms, each of which is a separate legal entity. Please see [www.pwc.com/structure](http://www.pwc.com/structure) for further details.