



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL

INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE CONVERSIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN
ENERGÍA PARA LA EMPRESA REINVENT

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN GESTION PARA LA
GLOBALIZACIÓN

PABLO IGOR ALTAMIRANO AZOCAR

PROFESOR GUIA:

JORGE LARA BACCIGALUPPI

MIEMBROS DE LA COMISION:

CHRISTIAN DIEZ FUENTES
JAVIER VENEGAS NÚÑEZ

SANTIAGO DE CHILE

SEPTIEMBRE 2013

RESUMEN

En este trabajo se estudiaron los principales factores que se espera afecten la implementación de un proyecto de conversión de residuos en energía en Chile.

En la investigación realizada se evaluaron las condiciones generales existentes en Chile a través de un análisis PESTEL. Además, se revisaron los principales residuos generados en Chile considerando, entre otros, factores tales como la logística inversa, el volumen de generación, la disponibilidad libre del residuo y el valor energético del mismo. Se revisó también el estado actual de las tecnologías de conversión de residuos en energía en el mundo, identificando el nivel de madurez comercial de cada tecnología.

Este trabajo continúa con el estudio de los mercados asociados a un proyecto de conversión de residuos en energía y culmina con el diseño y evaluación de un proyecto que permite generar electricidad a partir de la digestión anaeróbica de lodos residuales de las plantas de tratamiento de aguas servidas de la 8ª Región. El diseño del proyecto cuenta con la participación de la empresa Belga OWS como proveedor de la tecnología necesaria.

El análisis PESTEL revela que en Chile se están gestando condiciones adecuadas para el desarrollo de proyectos de transformación de residuos a energía. Con un adecuado ambiente político e institucional, con una economía en crecimiento y una legislación en constante mejora para enfrentar los desafíos de gestionar los residuos de manera ambientalmente sustentable y resolver los problemas de la matriz energética del país.

La revisión de residuos generados en Chile permite identificar a los lodos generados por las empresas sanitarias (lodos PTA), como un residuo con alto potencial para un proyecto de transformación de residuos en energía y la revisión de tecnologías muestra que la digestión anaeróbica es una tecnología madura comercialmente. La digestión anaeróbica es además adecuada para la recuperación de energía desde lodos PTA. Se constata además la casi nula presencia en el país de proveedores de esta tecnología lo que obliga a buscar proveedores extranjeros.

El análisis de los mercados relevantes destaca los incentivos para diversificar la matriz de energía con medios renovables no convencionales, mientras que por otro lado remarca el poder de los generadores de residuos como una limitante al éxito económico de un proyecto de transformación de residuos en energía. La legislación en actual gestación (proyectos de ley general de residuos y ley de responsabilidad extendida del productor) deberían controlar el poder de los generadores de residuos, mejorando en el mediano plazo las condiciones para el desarrollo de estos proyectos.

La evaluación económica del proyecto de transformación de lodos PTA en energía eléctrica, entrega una tasa interna de retorno de 13%, la cual es inferior al retorno de 25% requerido por la empresa Reinvent. La evaluación económica muestra además, de forma inesperada, una elevada dependencia del proyecto con la venta del material residual del proceso, característica que aumenta la complejidad del proyecto y con ello la incertidumbre sobre su éxito económico.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	ii
Índice de Contenido	iii
Índice de tablas	vii
Índice de ilustraciones.....	viii
1. Aspectos generales	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Justificación de la oportunidad de negocio.....	2
1.3 Objetivos	2
1.4 Metodología	3
2 Macro ambiente de negocios: análisis PESTEL	3
2.1 Político	4
2.1.1 Política energética	4
2.1.2 Gestión de residuos.....	5
2.1.3 Coyuntura política.....	6
2.2 Económico	6
2.3 Social	9
2.4 Tecnológico.....	12
2.5 Ambiental	12
2.6 Legal	14
2.6.1 Residuos.....	14
2.6.2 Energía.....	15
2.7 Resumen.....	16
3 Diagnóstico de la Industria.....	17
3.1 Residuos generados en Chile	17
3.2 Tecnologías de conversión de residuos en energía.....	18
3.3 El Mercado Eléctrico en Chile	18
3.3.1 Productores	18
3.3.2 Consumidores.....	19
3.3.3 Pequeños medios de generación	20
3.4 Selección y descripción del proyecto	20
3.4.1 El proyecto.....	22
3.5 Análisis de las fuerzas de Porter para el subsector de pequeños generadores no convencionales.	22

3.5.1	Rivalidad entre firmas	23
3.5.2	Riesgo de entrada	23
3.5.3	Riesgo por sustitutos	23
3.5.4	Poder de los proveedores.....	24
3.5.5	Poder de los compradores.....	25
3.5.6	Resumen	25
3.6	Análisis de las fuerzas de Porter para la industria de gestión de residuos.....	26
3.6.1	Rivalidad entre firmas	27
3.6.2	Riesgo de entrada	27
3.6.3	Riesgo por sustitutos	28
3.6.4	Poder de los proveedores.....	28
3.6.5	Poder de los compradores.....	28
3.6.6	Resumen	29
3.7	Análisis FODA	30
3.7.1	Fortalezas	30
3.7.2	Oportunidades	30
3.7.3	Debilidades	31
3.7.4	Amenazas.....	31
3.7.5	Matriz FODA.....	31
4	Implementación	32
4.1	Modelo de negocios	32
4.1.1	Propuesta de Valor	32
4.1.2	Segmentos de mercado.....	33
4.1.3	Relación con los clientes	33
4.1.4	Canales de distribución	33
4.1.5	Fuentes de ingresos	34
4.1.6	Actividades clave	34
4.1.7	Alianzas clave.....	34
4.1.8	Recursos clave	35
4.1.9	Estructura de costos	35
4.1.10	Resumen del modelo de negocios	36
4.2	Proveedores de tecnología	36
4.3	Plan de operaciones.....	37
4.3.1	Flujo de operaciones	37
4.3.2	Plan de inversiones	38

4.3.3	Plan de producción y adquisiciones.....	39
4.3.4	Infraestructura física	40
4.3.5	Personal de operación.....	42
4.3.6	Controles a realizar.....	42
4.4	Plan de implementación	43
4.5	Evaluación Económica.....	43
4.5.1	Supuestos.....	43
4.5.2	Resultados de la evaluación económica.....	44
4.5.3	Opciones de Financiamiento	45
4.5.4	Análisis de Sensibilidad	46
4.5.5	Resumen y conclusiones.....	47
5	Resumen y Conclusiones	48
	Bibliografía	50
	Anexo A. Revisión de los residuos generados en Chile	52
	Residuos Industriales: residuos generados en grandes industrias.	52
	Residuos sólidos municipales	52
	Residuos Industriales.....	53
	Residuos industriales con potencial de Biogás	54
	Aceites usados.....	55
	Neumáticos	56
	Anexo B. Tecnologías de conversión de residuos en energía	57
	Tecnologías Térmicas: Incineración.....	57
	Argumentos en favor de la incineración.....	59
	Argumentos en contra de la incineración.....	59
	Tecnologías Térmicas: otras opciones.....	59
	Gasificación	59
	Despolimerización térmica.....	60
	Pirolisis	60
	Gasificación con arco de plasma	60
	Tecnologías no térmicas	61
	Digestión anaeróbica	61
	Fermentación.....	62
	Combustible Derivado de Residuos.....	63
	Plantas de incineración de residuos domiciliarios en Europa	63
	Plantas de incineración de residuos domiciliarios en EEUU	64

Anexo C: Matriz residuo-tecnología	65
Anexo D. Propuesta OWS.....	73
Layout propuesto por OWS para la planta de digestión anaeróbica.	85
Anexo E. Proveedores de tecnología contactados.....	87
Anexo F. Análisis Físico Químico de lodo PTA	88
Anexo H. Definición de Medios de Generación no Convencionales.....	89
Anexo K. Generación de lodos PTA en Chile.....	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Balance de energía primaria en Chile en el año 2009 (6).	4
Tabla 2. Ingreso mensual per cápita en Chile por quintiles de ingreso	10
Tabla 3. Tabla esquemática de las fuerzas de Porter para el sector de la pequeña generación no convencional.....	25
Tabla 4. Tabla esquemática de las fuerzas de Porter para la industria de gestión de residuos.....	29
Tabla 5. Matriz FODA para el proyecto de biodigestor y pequeña generación eléctrica acoplada.....	32
Tabla 6. Componentes principales del modelo de negocios.	36
Tabla 7. Plan anual de producción y adquisiciones.....	39
Tabla 8. Carta Gantt para la fase inicial del proyecto desde la firma de contratos hasta el inicio de operaciones regulares.	43
Tabla 9. Flujo de caja del proyecto. Valores en dólares. Nota: se utiliza coma (",") como separador de miles.	45
Tabla 10. Composición promedio de los residuos municipales en Chile.....	53
Tabla 11. Generación de residuos sólidos industriales en el año 2009, desagregados por sector económico	54
Tabla 12. Cuadro resumen de residuos con potencial de biogás. Se considera el poder calorífico del metano como 8.596 Kcal/m ³	55
Tabla 13. Caracterización físico-química de lodo residual de la planta de tratamiento La Farfana.....	88

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Producto interno bruto histórico Chileno. Fuente: World Bank Database.....	7
Figura 2. Precio promedio anual del cobre en la Bolsa de Metales de Londres (LME).	7
Figura 3. Producto Interno Bruto y consumo eléctrico histórico en Chile (1).....	8
Figura 4. Evolución del costo marginal y del precio nudo para el SIC. Fuente: CNE	8
Figura 5. Generación de residuos sólidos en Chile, años 2000 al 2009 (2).	9
Figura 6. Producto interno bruto per cápita para Chile y para los países de la OCDE. Valores en USD 2010. Fuente: Base de datos del Banco Mundial	11
Figura 7. Emisiones de CO2 en toneladas métricas per cápita. Fuente World Bank Database.....	13
Figura 8. Representación gráfica de la fuerzas de Porter incluyendo la evolución de las mismas en el mediano a largo plazo.	26
Figura 9. Representación gráfica de la fuerzas de Porter incluyendo la evolución de las mismas en el largo plazo.....	30
Figura 11. Diagrama de bloques que ilustra el flujo de operaciones del proyecto.....	38
Figura 12. Fotografía aérea del relleno sanitario de Copiulemu en el que se identifican las áreas disponibles para desarrollo.	41
Figura 13. Variación porcentual del VPN con respecto al caso base en función de la variación porcentual de 4 variables relevantes.....	46
Figura 14. Planta de incineración de Spittelau ubicada en el centro de Vienna, es una de varias plantas que proveen electricidad y calefacción domiciliaria en la capital de Austria.	57
Figura 15. Esquema de una planta de incineración de parrilla móvil.	58
Figura 16. Diagrama esquemático del proceso Plasco.	61

1. ASPECTOS GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN

Junto con el aumento sostenido de la población mundial y el consiguiente aumento de la producción de bienes y servicios, cada día crece en el mundo la demanda por energía. Como respuesta a esta necesidad, se ha hecho crucial la búsqueda de nuevas fuentes renovables de energía que permitan a las naciones, por un lado, resolver sus necesidades energéticas y por otro, ganar independencia de insumos escasos como el petróleo.

De forma paralela al problema energético, el aumento de la población y del consumo ha hecho crecer la generación de residuos, lo que a su vez ha creado la necesidad de contar con estrategias de manejo ambientalmente sustentable de estos.

Desde hace ya varios años, muchos países desarrollados tratan ambos problemas, el de la energía y el de los residuos, con la misma solución y reutilizan sus residuos para convertirlos en energía.

Chile posee una matriz energética poco diversificada y tiene una alta dependencia de la importación de energía primaria. Además, nuestro país ve crecer la cantidad de residuos generados cada año y su ingreso a la OECD le impone reglas estrictas para su manejo. Estos elementos, sumados al hecho de que Chile tiene poca experiencia de transformación de residuos en energía, crean una oportunidad.

La tesis propuesta trata sobre la gestión de residuos para su conversión a energía. Se compone de dos etapas. La primera es una investigación sobre la potencialidad de los residuos generados en Chile para ser convertidos a energía, buscando duplas de residuos y tecnologías que estén probadas en otros lugares del mundo. Una vez hecho este análisis se procederá a elegir un residuo y una tecnología específica para abordarlo en detalle, estudiar la factibilidad de implementación en Chile y realizar la correspondiente evaluación económica.

Reinvent es un holding y un fondo de inversión que actualmente posee dos empresas, Hidronor y Copiulemu, las que trabajan en el tratamiento y gestión de residuos domiciliarios e industriales, incluyendo residuos peligrosos. La empresa busca constantemente nuevas oportunidades de inversión relacionadas con su área de negocios y actualmente exploran el área de conversión de residuos en energía, donde identifican potencial y sinergias con su proceso productivo actual.

Reinvent es el sponsor de esta tesis y participará de la misma entregando su conocimiento en el manejo de residuos y aportando con la gestión de contactos con empresas extranjeras y nacionales para facilitar la obtención de información de potenciales proveedores de tecnología y socios inversionistas.

En la etapa inicial del proyecto se evaluará la potencialidad de distintos residuos generados en Chile versus las tecnologías de conversión a energía probadas en el

extranjero. En esta etapa se revisarán además temas como análisis de la industria y la legislación chilena. A continuación, en conjunto con Reinvent, se elegirá un caso específico, es decir un residuo y una tecnología con los cuales desarrollar esta tesis.

1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA OPORTUNIDAD DE NEGOCIO

La demanda por energía en Chile crece aceleradamente. De acuerdo al Ministerio de Energía, la demanda por energía eléctrica se ha cuadruplicado en los últimos 20 años (1), tendencia que se espera se mantenga o incluso aumente en los próximos años. Este hecho obliga a aumentar la capacidad instalada de generación de forma permanente para evitar una situación de escasez y sus negativas consecuencias sobre la producción y el desarrollo del país. Este aumento de la capacidad de generación exige un sistema diversificado, con generadoras de distinto tamaño y distinta fuente de energía primaria, al mismo tiempo que empuja los precios de la energía al alza.

Por otro lado, la generación de residuos en Chile aumentó cerca de un 40% entre los años 2000 y 2009 (2), año en el que se generó un total de 16,9 millones de toneladas de residuos en el país. Si se considera la procedencia de los residuos, estos pueden clasificarse en dos grandes categorías, residuos industriales y residuos municipales y en Chile ambas categorías crecen a una tasa sostenida. Este hecho impone un verdadero desafío para la gestión de residuos, al mismo tiempo que las autoridades preparan cambios en la legislación pertinente (3), de forma de asegurar una gestión ambientalmente sustentable los mismos. Bajo estas condiciones, es inminente un aumento en los costos de gestión de residuos en Chile. Actualmente en Chile, el costo de disponer una tonelada de residuos municipales es de aproximadamente 15 dólares (4) y se estima que a mediano plazo este costo aumente hasta los valores presentes en otros países miembros de la OCDE, en los cuales disponer una tonelada de residuos municipales cuesta como mínimo 60 dólares.

En este escenario, la potencialidad de instalar en Chile tecnologías de conversión de residuos en energía es enorme, ya que crea un vínculo entre dos actividades productivas en expansión, resolviendo las necesidades en ambos sectores. A esta alta potencialidad se suma el hecho que, mientras en los países desarrollados estas tecnologías han estado disponibles por más de veinte años, su presencia en Chile es prácticamente inexistente. En la práctica esto implica que la implementación en Chile de cualquier proyecto de conversión de residuos en energía deberá contar en alguna de sus etapas, con la participación de un actor extranjero, definiendo así una obvia oportunidad de globalización.

El conjunto de elementos planteados en esta sección motiva el presente trabajo.

1.3 OBJETIVOS

Los resultados esperados para este trabajo son:

1. Una revisión, no exhaustiva, de alternativas para la conversión de residuos en energía actualmente en operación en el extranjero.

2. La selección de una alternativa de conversión de residuos en energía cuya implementación en Chile sea viable. La viabilidad estará en función del tipo de residuo a tratar, del proceso/tecnología de tratamiento, del producto final del proceso y de las consideraciones legales y ambientales asociadas.
3. Evaluación de la instalación y operación en Chile de la alternativa seleccionada incluyendo una evaluación económica y cualquier otro aspecto que se considere relevante.
4. Redacción de recomendaciones basadas en la evaluación indicada en el punto anterior.

1.4 METODOLOGÍA

Para realizar la selección y posterior evaluación de las opciones de residuo-tecnología se completarán las siguientes actividades:

- **Estudio del estado actual de las tecnologías de conversión de residuos en energía:** Levantamiento del estado de la práctica en relación a las tecnologías de conversión de residuos en energía en el mundo, diferenciando aquellas que hayan alcanzado madurez comercial.
- **Selección de residuo:** se seleccionará, en conjunto con Reinvent, un residuo generado en Chile basándose en el volumen generado anual, en su disponibilidad en relación a usos alternativos y en la potencialidad de su uso como recurso energético. Por requerimiento de Reinvent el residuo a seleccionar debe ser un residuo de tipo orgánico y no debe considerar el contenido orgánico de la basura sólida municipal.
- **Selección de proveedor-tecnología:** En conjunto con Reinvent se seleccionará un proveedor para la tecnología elegida para la conversión en energía del residuo seleccionado.
- **Modelo de Negocios:** Explicación del modelo de negocios a desarrollar para la implementación del proyecto en Chile.
- **Desarrollo de Proyecto:** Descripción de la implementación del modelo de negocios definido en el punto anterior, que contenga los principales elementos que garanticen una apropiada evaluación económica del mismo.
- **Evaluación y análisis económico:** Análisis de rentabilidad económica empleando TIR y VPN entre otras.

2 MACRO AMBIENTE DE NEGOCIOS: ANÁLISIS PESTEL

Esta sección presenta un análisis de las condiciones generales presentes en Chile siguiendo la metodología conocida como “análisis PESTEL”. El análisis que se presenta

aquí no pretende ser completo sino que se ha orientado para considerar los elementos relevantes para el desarrollo de un proyecto de conversión de residuos a energía.

2.1 POLÍTICO

Desde su independencia Chile construyó una reconocida tradición republicana reconocida internacionalmente. Esta tradición, junto con la estructura política interna y la imagen internacional del país se vieron profundamente afectadas por la dictadura militar de los años 70 y 80. Desde el regreso a la democracia en 1990, Chile ha reconstruido la estabilidad, la salud del ambiente político y la capacidad del país para fijar objetivos y acciones que trasciendan al gobierno actual. Como muestra de este proceso de recuperación, la solidez del manejo institucional chileno permitió que el país se integrara a la OCDE el año 2010.

Dentro de este contexto general, se han producido en los últimos diez años, diversos ajustes institucionales gatillados por la necesidad tener mejores herramientas para la gestión ambiental y energética del país. Estos ajustes se han acelerado debido a los requerimientos que exige la OECD.¹

2.1.1 POLÍTICA ENERGÉTICA

Chile es un importador neto de energía, con una altísima dependencia del crudo extranjero, de sus derivados y del gas natural. De acuerdo a la Comisión Nacional de Energía (CNE), Chile importa más del 60% de la energía primaria consumida en el país. Por su parte, en el año 2009 la Agencia Internacional de Energía (IEA) situó a Chile en la posición número 22 en la lista de países importadores de energía (5).

	Producción	Importación	Total
Petróleo Crudo	1.397	108.806	110.204
Gas Natural	19.695	7.287	26.982
Carbón	2.765	43.400	46.165
Hidroelectricidad	21.496	0	21.496
Eólico	33	0	33
Leña	51.170	0	51.170
Total	96.556	159.493	256.049
Unidades: Tetra calorías			

Tabla 1. Balance de energía primaria en Chile en el año 2009 (6).

Para enfrentar el tema energético, el Estado chileno ha tomado diversas medidas. Por ejemplo, a comienzos del año 2005, el Gobierno Chileno creó la Programa Nacional de Eficiencia Energética (PPEE) con el objetivo de establecer una política permanente de uso eficiente de los recursos energéticos del país. En el año 2008, el PPEE pasó a ser

¹ . Por ejemplo, en el año 2005 en su Informe de evaluación de desempeño ambiental (8), la OCDE formuló 52 recomendaciones en materias de institucionalidad ambiental, eficiencia energética, energías renovables no convencionales, agricultura, recursos forestales y cambio climático.

dependiente de la Comisión Nacional de Energía (CNE). En el mismo año 2008, se promulgó la ley de fomento a las energías renovables no convencionales (ERNC)² con el objetivo de acentuar los esfuerzos por diversificar la matriz energética del país.

Para reforzar la política energética, el Gobierno actual creó, en el año 2010, el Ministerio de Energía y ha continuado impulsando medidas para avanzar en asegurar el suministro energético. Dentro de estas medidas se encuentra el perfeccionamiento de la Ley General de Servicios Eléctricos y la implementación de instrumentos de apoyo directo a iniciativas de inversión en ERNC incluyendo el proyecto de ley que pretende elevar la meta a 20% de energía ERNC inyectada al año 2020³.

2.1.2 GESTIÓN DE RESIDUOS

Con el objetivo de diseñar y aplicar políticas en materia ambiental y de promover el desarrollo sustentable, se creó, en el año 2010, el Ministerio de Medio Ambiente (MMA). La programación del MMA, para el período 2010-2014, incluye acciones específicas en el tema de gestión de residuos. Estas acciones tienen el objetivo de robustecer la política de reducción, reciclaje y reutilización de los mismos. Estas políticas, conocidas internacionalmente como “políticas de 3R”, reportan importantes ganancias ambientales, disminuyendo la presión en el uso intensivo de algunos recursos naturales y evitando la generación de nuevos pasivos ambientales y otros tipos de residuos que generan daños ambientales con altos costos de reparación.

Las propuestas específicas del MMA incluyen la preparación de la futura Ley General de Residuos o Ley 3R, la elaboración de los reglamentos relacionados con la Responsabilidad Extendida del Productor (REP), la implementación de un Sistema de Información Integral de Residuos y la revisión de la legislación asociada a la gestión de residuos sólidos domiciliarios incluyendo Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades y la Ley de Rentas II.

La futura ley 3R pretende crear un marco legal único que compile en un solo cuerpo las distintas leyes y reglamentos que actualmente afectan la gestión de residuos. El objetivo es orientar la gestión integral de residuos a través de una estrategia jerarquizada que priorice la reducción en la generación de estos y en caso de no ser posible, la reutilización, el reciclaje, la valorización energética y como alternativa final el tratamiento y disposición final de los residuos.

La Responsabilidad Extendida de Productor pretende ampliar las obligaciones en la gestión de productos para incluir el manejo adecuado de los residuos generados durante la vida útil de los mismos. Los reglamentos para la ejecución de esta iniciativa se aplicarán a productos de consumo masivo incluyendo entre otros a los envases, neumáticos, refrigeradores, vehículos, baterías, aceites y productos electrónicos.

² Ley ERNC N° 20.257

³ www.senado.cl/prontus_galeria_noticias/site/artic/20120118/pags/20120118205615.html

2.1.3 COYUNTURA POLÍTICA

El quehacer político en los últimos años ha estado muy marcado por grandes eventos. El actual Gobierno asumió funciones con un país sacudido por unos de los más grandes sismos registrados en la historia. El terremoto del 27 de Febrero de 2010 y el proceso de reconstrucción marcaron en inicio del nuevo Gobierno. El terremoto fue seguido por los esfuerzos de rescate de 33 mineros que quedaron atrapados a 750 metros de profundidad por más de 100 días. El año 2011 fue marcado por una de las más largas movilizaciones estudiantiles de la historia de Chile, movilizaciones que inundaron el día a día por casi todo el año y que lograron, en su exigencia por mejorar la calidad y el acceso a la educación, un apoyo ciudadano transversal y muy elevado⁴. Estos eventos obligaron a rehacer la agenda política al mismo tiempo que marcaron un divorcio entre la ciudadanía y la clase política, el cual se vio reflejado en bajísimos niveles de aprobación ciudadana, tanto del Gobierno como de la oposición, aprobación que cayó bajo el 30% y el 20% respectivamente⁵. En este escenario y en la antesala de la carrera para las elecciones municipales de 2012 y las presidenciales de 2014, los esfuerzos políticos estarán enfocados en la reconquista del electorado y muy probablemente dejarán de lado las materias que tengan bajo impacto público.

Como resumen para el análisis político podemos decir que en Chile existe hoy una presión no menor por diversificar la matriz energética y por otro lado exigencias internas y compromisos externos para mejorar la gestión de residuos. En ambas materias, el ingreso de Chile a la OECD, exige soluciones ambientalmente sustentables las que crean un ambiente favorable para las tecnologías renovables no convencionales. Chile cuenta con una institucionalidad sólida y existe además la voluntad política para avanzar en estos temas, tal como lo marcan, por ejemplo, los objetivos definidos por el Ministerio de Medio Ambiente. Sin embargo la coyuntura política, muy marcada por grandes eventos como el sismo de Febrero de 2010 o la movilizaciones estudiantiles de 2011 y el desapruebo mayoritario de la población a la actividad política, tendrán muy por seguro como consecuencia que la legislación específica necesaria para promover las tecnologías de conversión de residuos a energía queden postergadas en el corto plazo y solo se pueda contar con ellas en el mediano a largo plazo.

2.2 ECONÓMICO

Chile ha mostrado un importante desarrollo económico en los últimos 10 años con una tasa de crecimiento estable. Esta tendencia fue solo perturbada por la crisis financiera global del año 2008, la cual solo tuvo un impacto moderado en la economía chilena. De hecho, el país tuvo una rápida recuperación, con un buen nivel de crecimiento desde el 2010 y buenas proyecciones para el año 2013.

⁴www.lanacion.cl/movilizacion-estudiantil-el-gran-hito-que-marco-2011/noticias/2011-12-22/151743.html

⁵ Adimark GfK, Encuestas de Opinión Pública. <http://www.adimark.cl/es/estudios/index.asp>

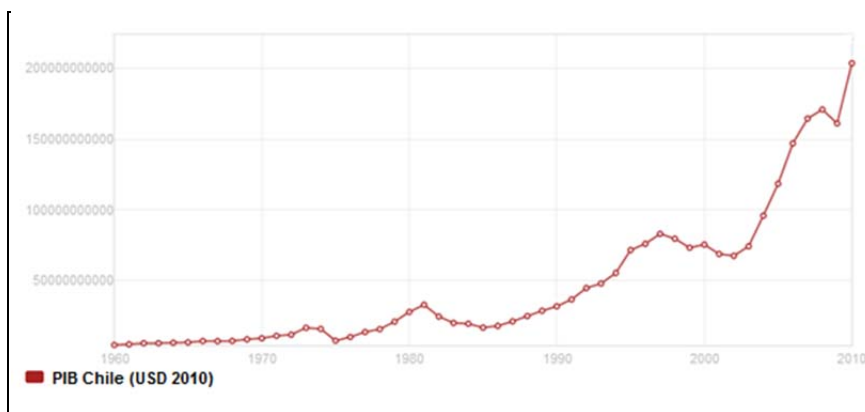


Figura 1. Producto interno bruto histórico Chileno. Fuente: World Bank Database

Chile promueve la liberalización económica y ha firmado tratados de comercio con zonas económicas que cubren casi todo el planeta, incluyendo el NAFTA, la Unión Europea, EFTA, India, Mercosur, Japón, Corea del Sur y China. En esta posición Chile tiene el objetivo de transformarse en la puerta de entrada preferida a América Latina, al mismo tiempo que orienta su economía hacia la exportación de bienes. Las exportaciones chilenas se componen en un 45% por bienes industriales, un 45% por productos asociados a la minería y un 10% de productos agrícolas. El cobre es el principal producto chileno con un peso aproximado de 40% del total de las exportaciones. El elevado precio actual del cobre en el mercado internacional, el que ha alcanzado niveles históricos, ha ayudado a reducir el impacto de la crisis financiera y potenciado la recuperación.

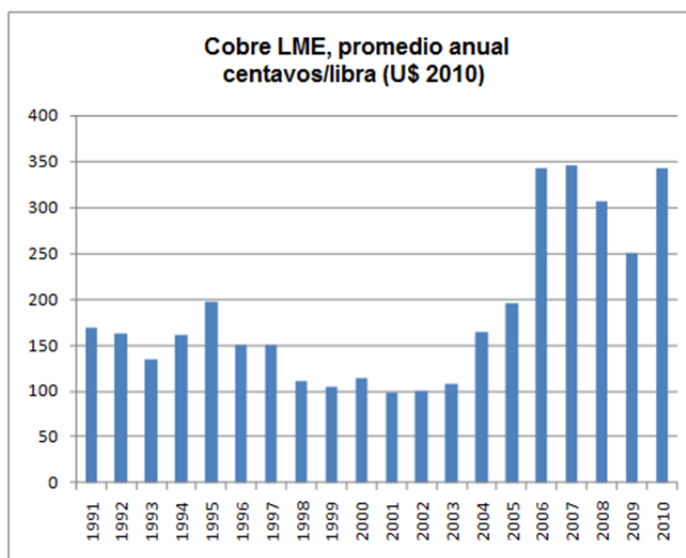


Figura 2. Precio promedio anual del cobre en la Bolsa de Metales de Londres (LME) (7).

El crecimiento económico de los países se vincula directamente con un aumento en la demanda por energía y un aumento en la generación de residuos. Chile no es una excepción a esta regla y el sostenido crecimiento de su economía ha provocado un aumento de casi un 40% en la cantidad de anual residuos en una década y ha cuadruplicado el consumo eléctrico en 20 años.

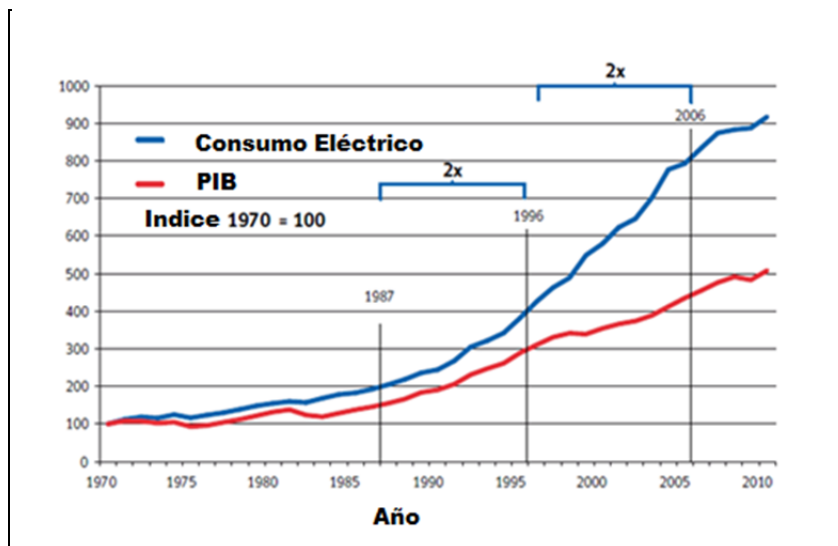


Figura 3. Producto Interno Bruto y consumo eléctrico histórico en Chile (1).

El creciente aumento en la demanda por energía ha empujado una expansión de la capacidad de generación y esto ha traído consigo un consiguiente incremento en el valor de la energía eléctrica en Chile, él que se ha multiplicado más 4,5 veces⁶ en menos de una década. De hecho Chile tiene uno de los precios más altos de la energía del mundo⁷.



Figura 4. Evolución del costo marginal y del precio nudo para el SIC. Fuente: CNE

Por otro lado, junto con el desarrollo económico, la generación total de residuos sólidos industriales y municipales en el país ha aumentado considerablemente. En el periodo entre el año 2000 y el año 2009, los residuos sólidos totales aumentaron en 4,7 millones de toneladas.

⁶ <http://www.biobiochile.cl/2010/09/30/asimet-chile-tiene-uno-de-los-precios-de-la-electricidad-mas-altos-del-mundo.shtml>

⁷ ASIMET: Asociación de Industrias Metalúrgicas y Metalmeccánicas

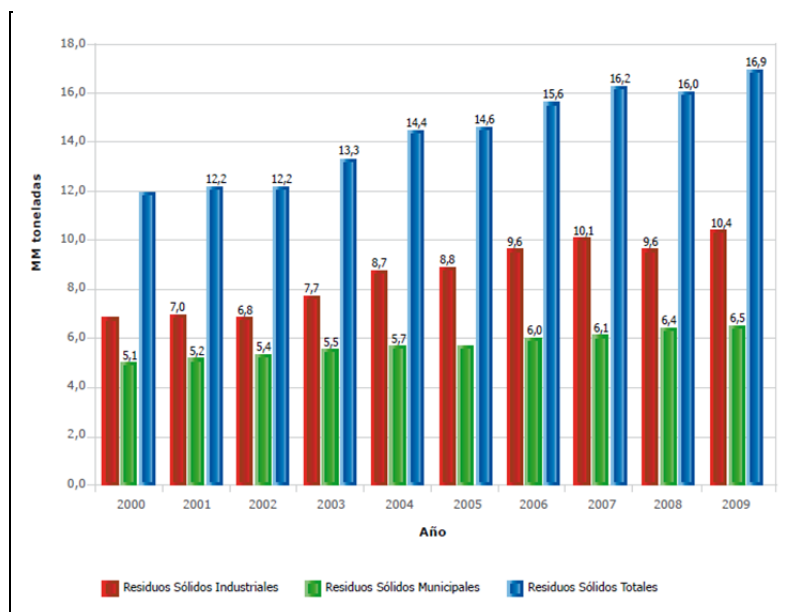


Figura 5. Generación de residuos sólidos en Chile, años 2000 al 2009 (2).

En el caso particular de la basura municipal, esta se incrementó de 326 Kg por habitante en el año 2000 a 384 Kg por habitante en el año 2009. Este dato implica un alza de la generación de este tipo de residuo que aún es más bajo que lo producido por un país en promedio OCDE. Adicionalmente, la población chilena en este periodo también creció a una tasa anual del 1,2%⁸.

Otros tipos específicos de residuos siguen la misma tendencia, por ejemplo, directamente vinculado al aumento del poder adquisitivo de los chilenos, el parque automotriz crece rápidamente en Chile, entre el 2009 y 2010 este aumento fue de un 7,8%⁹. Esto significa, entre otras cosas, una creciente necesidad de disposición o reutilización de aquellos neumáticos que cada año se van quedando fuera de uso.

2.3 SOCIAL

El desarrollo económico Chileno tiene sus puntos bajos. Uno de estos es que la distribución del ingreso sigue siendo bastante injusta, aún a pesar de mejoras en los últimos años. En el año 2005 las Naciones Unidas ubicó a Chile en la posición 110 en la lista de Igualdad de Ingreso, mientras que en 2010 Chile había ascendido hasta la posición 45, siendo el país latinoamericano con el rango más alto en la lista.

⁸ Datos Unicef, http://www.unicef.org/spanish/infobycountry/chile_statistics.html

⁹<http://diario.latercera.com/2011/05/29/01/contenido/pais/31-70816-9-parque-automotriz-crece-78-y-tacos-se-agudizan-en-capitales-regionales.shtml>

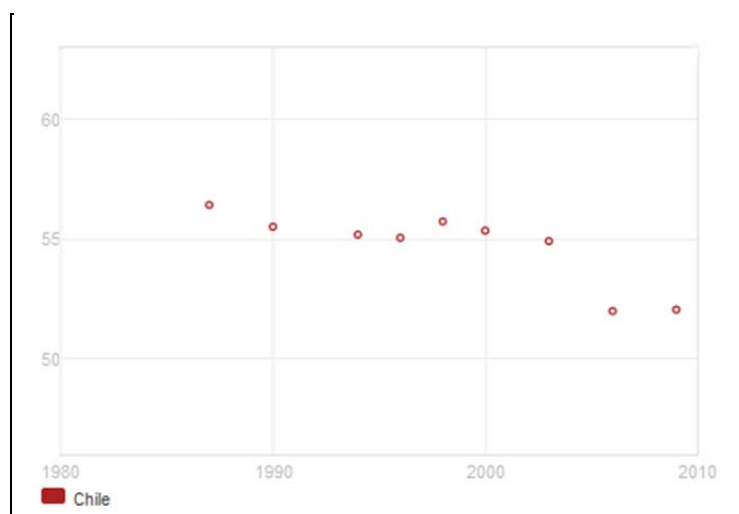


Figure 1. Índice de Gini para Chile. Fuente base de datos del Banco Mundial.

Aún con las mejoras en la distribución del ingreso, Chile está muy por detrás de los otros países miembros de la OCDE. Actualmente en Chile, el 10% más rico de la población accede a más del 40% del ingreso, mientras que el 10% más pobre accede a menos del 2% del ingreso total¹⁰. Este asunto en particular define a la sociedad chilena y su corrección exige mayores esfuerzos del Estado y de la clase política.

Quintil	Ingreso Mensual USD/ per cápita 2010
I	Menor a 113
II	De 113 a 192
III	De 192 a 300
IV	De 300 a 541
V	Mayor a 541

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas

Tabla 2. Ingreso mensual per cápita en Chile por quintiles de ingreso

Por otro lado, Chile es aún un país con un ingreso total moderado, el ingreso per cápita es aproximadamente un tercio del ingreso promedio de los países de la OCDE. Este hecho, junto con los problemas en la distribución del ingreso tiene como consecuencia que el ingreso disponible es bastante reducido para un gran porcentaje de la población.

¹⁰ World Bank Database <http://data.worldbank.org>

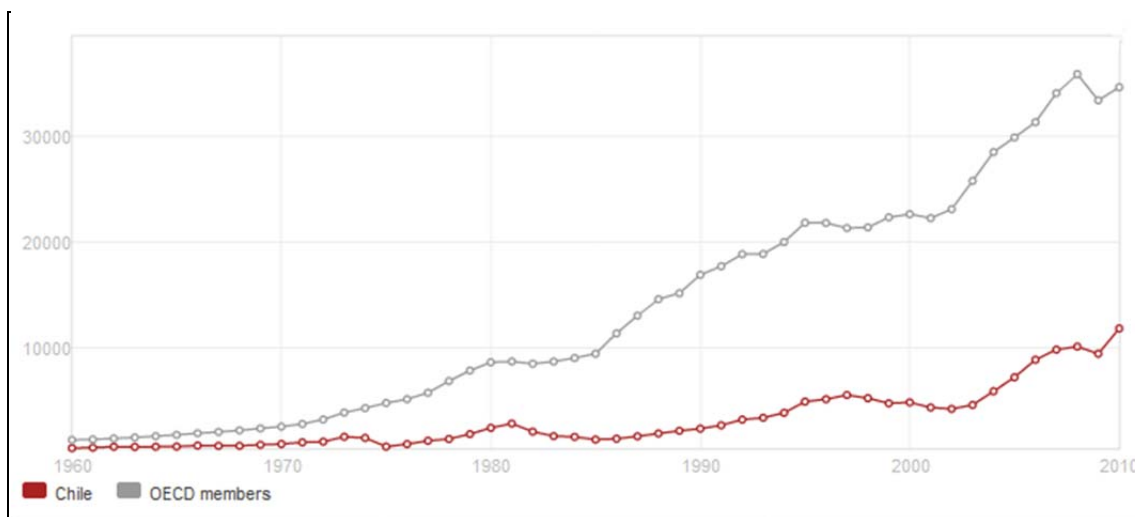


Figura 6. Producto interno bruto per cápita para Chile y para los países de la OCDE. Valores en USD 2010.
Fuente: Base de datos del Banco Mundial

El crecimiento económico sí ha logrado impulsar a una clase media que ha ido ganando terreno en términos monetarios. Mayor información y educación ha hecho que la población sea más exigente en temas medio ambientales. Esta situación genera dos problemas asociados a la disposición de la basura.

El primer problema es que ningún habitante está dispuesto a permitir la creación de un nuevo vertedero o relleno sanitario cerca de su casa. Algunos de los riesgos percibidos son las enfermedades por descomposición de la basura, contaminación de aguas, aire y suelo y el efecto en el paisaje cercano a este tipo de instalaciones. Todo lo anterior hace que las familias estén preocupadas tanto por los efectos en la salud como por la desvalorización de sus propiedades.

En segundo lugar, han surgido grupos ecológicos con mayor poder y capacidad de movilización social que han impedido o al menos ponen trabas a nuevas inversiones en materia energética o que generen residuos de empresas. Por ejemplo, el año 2011 fue testigo de una fuerte oposición pública en contra del proyecto hidroeléctrico Hidroaysen. Aún con los graves problemas energéticos del país, el gobierno ha estado presionado por la población para no seguir apoyando este proyecto, noticia que ha traspasado las fronteras nacionales, con titulares en todo el mundo. No sólo existen casos emblemáticos en el área de generación de energía, sino de contaminación de aguas por empresas como es el caso Celco, que con sus desechos contaminó aguas y causó la muerte de Cisnes de la Región de la Araucanía.

Incidentes como los citados han hecho que la sociedad chilena esté más atenta a cualquier nuevo proyecto relacionado con energía y manejo de residuos. Esta mayor conciencia podría ser una oportunidad o una amenaza para transformación de basura en energía. Es positivo si el proyecto se percibe como una ayuda en la disminución nuevos vertederos o rellenos sanitarios, y a su vez se ve como una energía renovable que ayude al medioambiente. Sin embargo, podría ser una amenaza si la tecnología usada se percibe como contaminante. Es por ello, que en cualquier caso debería haber un estricto control ambiental que permita dar confianza a la sociedad sobre las emisiones y los efectos ambientales.

2.4 TECNOLÓGICO

La transformación de residuos a energía es una realidad hace más de 20 años en países desarrollados como Estados Unidos y países de Europa. Tecnologías de incineración y biogás son las más antiguas, sin embargo, la pirolisis, gasificación y arco de plasma han surgido como nuevas promesas que ofrecen tecnologías limpias con el medioambiente.

Chile, sin embargo, se ha mantenido al margen de este desarrollo mundial. No es de extrañar si por una parte, Chile tiene muy bajo nivel de inversión en R&D, pero por otra parte los inversionistas en Chile no quieren invertir en proyectos que consideren en alguna medida riesgosos.

Actualmente Chile no tiene ningún proyecto de conversión de residuos en energía a gran escala, sólo algunos intentos de productores avícolas por generar biogás, de la industria cementera, que utiliza los neumáticos como combustible secundario y de las empresas sanitarias que recuperan metano desde parte de sus desechos. Distintos rellenos sanitarios capturan el biogás que se genera espontáneamente en las fosas de acumulación, pero en la mayoría de los casos el biogás es incinerado a cambio de bonos de carbono.

El lado positivo en el tema tecnológico crece de la mano del estilo abierto de la economía chilena y de los múltiples tratados de libre comercio que el país ha firmado. Gracias a estos acuerdos, los distribuidores y consumidores chilenos tienen fácil acceso a tecnología y equipamiento fabricado en cualquier lugar del mundo.

2.5 AMBIENTAL

Durante ya un par de décadas y acorde con las tendencias mundiales, Chile ha incrementado notablemente su preocupación por el medio ambiente. Este cambio de actitud está presente tanto en los ciudadanos como en el aparato institucional. Este último aún requiere de reformas para alcanzar los estándares de la OECD, pero el avance es indiscutible.

En el año 1994 se presentaron los primeros signos de este cambio institucional, con la promulgación de la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente y la creación de la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), la cual, sin suprimir las competencias de los servicios públicos, sentó las bases para una institucionalidad de tipo transversal. Otro ejemplo de este avance ocurrió en el año 2005, cuando Chile firmó el protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Como respuesta a las indicaciones dadas por la OCDE en su Informe de Evaluación del Desempeño Ambiental del año 2004 (8) y con el objetivo de fortalecer las instituciones ambientales, el Gobierno de Chile dio inicio al Programa Nacional de Eficiencia Energética y en el año 2010 se dio creación al Ministerio del Medio Ambiente (MMA), al Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) y la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), estableciéndose un sistema único de fiscalización ambiental.

El Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), en su Informe Ambiental Semestral del 2011 resaltó el progreso en la protección ambiental en Chile desde que el país se convirtió en miembro de la OECD. El informe destacó la reforma ambiental institucional que se lleva a cabo en el país, la que incluye además del MMA, la SEA y la SMA la creación de Cortes Ambientales (proyecto actualmente en trámite legislativo) y otros avances importantes como la inclusión de aspectos regulatorios ambientales para las mayores industrias del país tales como minería, industria forestal y pesqueras.

Siguiendo el protocolo de Kioto, Chile participa en el Programa de Reducción Certificada de Emisiones (Bonos de Carbono) y muchas de las grandes compañías chilenas destacan públicamente su huella de carbono y los planes para reducirla, ayudando a crear y aumentar la conciencia pública aún cuando Chile tiene un bajo nivel de emisiones per cápita, de hecho mucho menor que el resto de los países miembros de la OCDE.

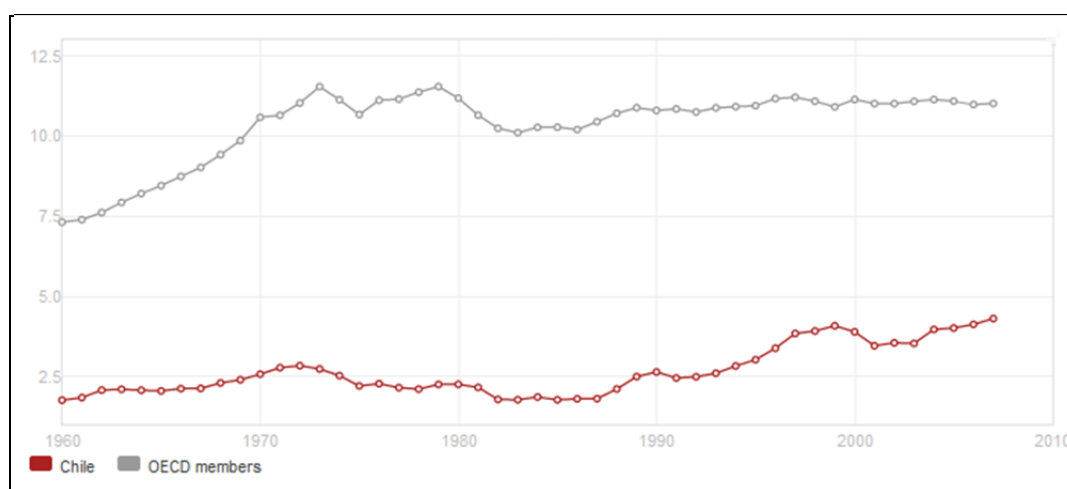


Figura 7. Emisiones de CO2 en toneladas métricas per cápita. Fuente World Bank Database

En los últimos años un importante aumento en la participación pública en temas ambientales, educación ambiental y promoción por el cuidado del medio ambiente ha tomado lugar en Chile. Entre otros elementos, las noticias asociadas al medioambiente aparecen permanentemente en los medios y la educación ambiental es parte del currículo escolar. La población chilena se ha vuelto bastante receptiva al impacto ambiental del desarrollo humano, esta actitud ha ganado posición gatillada por temas puntuales tales como la alta polución del aire en Santiago o el debilitamiento de la capa de ozono, la cual tiene alto impacto en Chile. El PNUD ha advertido que el nivel de conciencia ambiental está positivamente correlacionado con el nivel de ingreso y el nivel de educación, sin embargo la opinión pública general ha sido fuerte y transversal en varios casos tales como la oposición a grandes proyectos de infraestructura cuyo impacto ambiental es alto o poco claro, como por ejemplo en el caso del proyecto Hidroaysen en el cual las encuestas de opinión¹¹ registraron un nivel de oposición del 70% basado en el impacto ambiental sobre las áreas protegidas y los Parques Nacionales.

¹¹ <http://diario.latercera.com/2011/05/15/01/contenido/reportajes/25-69083-9-74-rechaza-hidroaysen.shtml>

Como conclusión se puede decir que el país se mueve desde los ámbitos político, institucional y social hacia un nivel más alto de conciencia ambiental. Estas condiciones crean un escenario adecuado para la penetración de tecnologías limpias o que aborden temas complejos como el del manejo de los residuos. Sin embargo, son necesarios mayores esfuerzos para promover estas tecnologías y hacerlas conocidas a la población.

2.6 LEGAL

2.6.1 RESIDUOS

En Chile no tiene una institución con competencia específica ni exclusiva sobre la gestión de residuos, en su lugar la estructura pública pertinente se compone de múltiples organismos sectoriales que incluyen de una u otra manera y de forma parcial, el tema de los residuos como uno más de sus ámbitos de competencia.

Más aún, la normativa legal actual se considera dispersa e incompleta (3) lo que dificulta la coordinación de los distintos organismos que participan en la gestión de residuos y crea inseguridad jurídica. Esto, obviamente, acarrea múltiples trabas para una efectiva y eficiente gestión de residuos en el país.

La Ley de Bases Generales del Medio Ambiente no aborda el tema de forma específica y es por eso que en enero del año 2011 fue sometido a consideración en el Consejo Consultivo Nacional el documento borrador de la Ley General de Residuos. Este proyecto de Ley busca regular la gestión sustentable de residuos, con el objeto de prevenir su generación y aumentar su aprovechamiento como materia prima secundaria y como fuente de energía alternativa para procesos productivos, disminuyendo así la cantidad de desechos dispuestos en rellenos sanitarios, con la finalidad última de proteger el medio ambiente.

Uno de los principales temas incorporados en el proyecto de ley se refiere a la Responsabilidad Extendida del Productor (REP), como mecanismo para mejorar la gestión de residuos masivos aplicándolos a determinados productos prioritarios a través de un cambio en los derechos de propiedad de determinados productos que obliga a los productores a responsabilizarse de los residuos derivados de sus productos al término de su vida útil. Esto significa que un productor (o importador) se debe hacer cargo, o ser como mínimo co responsable, de un producto una vez terminada su vida útil. Esta responsabilidad abarca todo el ciclo de vida de un producto, empezando con la extracción de la materia prima necesaria, el diseño de un producto, su producción, distribución y uso, y terminando con la eliminación adecuada de los residuos generados por el producto. Con este propósito se han realizado estudios que demuestran la factibilidad económica, ambiental y social de la REP así como se han llevado a cabo una serie de iniciativas tanto públicas como privadas para avanzar en cada uno de los productos fuera de uso, entre ellos los neumáticos (9).

El proyecto de Ley también contempla que todo gestor de residuos deberá presentar al Ministerio del Medio Ambiente una póliza de seguro que asegure y garantice que contará con los recursos económicos suficientes para hacer frente a cualquier

contingencia y al pago de daños al medio ambiente y a terceros que se pudieran causar durante el manejo de los residuos y/o financiar el control después del cierre de la instalación de manejo. Para tales efectos, la calidad de beneficiario y asegurado le corresponderá a la Superintendencia del Medio Ambiente, y la cantidad y suma asegurada ingresará a su patrimonio para los efectos establecidos en el artículo 14 del Artículo Segundo de la ley N° 20.417, que crea la Superintendencia del Medio Ambiente y fija su ley orgánica.

Los avances institucionales y legales en este tema se aceleraron con el ingreso de Chile a la OCDE el año 2010. Durante el trabajo previo a su ingreso Chile debió suscribir una serie de compromisos en diversos ámbitos para poder cumplir con los requerimientos de la organización. En el ámbito del Medio Ambiente la OCDE persigue el objetivo de mejorar el hábitat con uso de tecnologías y aplicando mecanismos de mercado que generen incentivos adecuados.¹²

2.6.2 ENERGÍA

La institucionalidad asociada a la energía en Chile es está centralizada en el Ministerio de Energía, cuyo objetivo general es “elaborar y coordinar los planes, políticas y normas para el buen funcionamiento y desarrollo del sector energético”¹³. Para cumplir este objetivo, el Ministerio de Energía coordina las actividades de la Comisión Nacional de Energía (CNE) y de la Súper Intendencia de Electricidad y Combustibles (SEC). La función de la CNE es analizar los precios, tarifas y normas técnicas del sector energía, mientras que la SEC es el organismo encargado de supervigilar el mercado de la energía en Chile.

El mercado de la energía en Chile es muy dinámico y uno de los de mayor crecimiento en el país. El sector en Chile es eminentemente privado, sobre todo en el área de la electricidad, y el rol del Estado se limita a la regulación, fiscalización y eventualmente a la entrega de subsidios a los consumidores.

El dinamismo del mercado de la energía se ha potenciado, principalmente, gracias a tres cuerpos legales: las leyes cortas I y II que afectan a la industria de la energía eléctrica y la ley ERNC. En conjunto estos tres cuerpos legales han perfeccionado la regulación en una industria, que es monopolio natural, para que se comporte de la forma más parecida posible a un mercado competitivo¹⁴.

La Ley Corta I o Ley 19.940, fue promulgada en Marzo del año 2004 para regular el mercado de la transmisión eléctrica, definiéndolo como un servicio público y siguiendo un esquema de regulación de operación técnico-económica de empresa modelo. Esta definición permitió que se definieran de manera más clara los costos de peaje por transmisión de energía eléctrica, lo que a su vez permitió que los grandes consumidores pudieran comprar energía de empresas distribuidoras, aunque estas no estuvieran en su zona geográfica. Como consecuencia se aumentó la competencia y los incentivos a la inversión en generación.

¹² www.ecosistemas.cl/1776/fo-article-87133.pdf

¹³ www.minenergia.cl/ministerio/objetivos-y-funciones.html

¹⁴ www.bcn.cl/carpeta_temas_profundidad/ley-corta-1-2-electricidad

Otro punto importante de la Ley Corta I es que los pequeños generadores¹⁵ están eximidos del pago de peaje por transporte de energía y además pueden exigir ser conectadas a los distribuidores en caso de no poder acceder a las redes de distribución troncales. En la práctica esta disposición beneficia a las ERNC, que antes de la ley no estaban en condiciones de competir en un mercado dominado por grandes generadoras.

Por otro lado, la Ley Corta II o Ley 20.018, promulgada el año 2005 define un sistema de licitaciones competitivas para la generación de energía eléctrica. Estas licitaciones, al asegurar el precio de la energía por una cantidad de tiempo determinado, reducen la incertidumbre sobre los proyectos incentivando la inversión.

Finalmente, la Ley ERNC o Ley 20.257 establece cuotas de energía renovable no convencional para grandes generadores y consumidores de energía eléctrica, esto es actores con capacidad superior a 200 MW. Los generadores están obligados a que un 5% de la energía que comercializan provenga de fuentes no convencionales, esta exigencia aumentará año a año hasta alcanzar un 10% en el año 2024. Por su parte los grandes clientes deben certificar que al menos un 10% de la energía que consumen en un año venga de una fuente no convencional. Actualmente se discute en el congreso un proyecto de ley que pretende aumentar la exigencia de energía no convencional a 20% a partir del año 2020, el proyecto es conocido como “Ley 20/20”.

En conjunto, estas tres leyes crean un escenario comercialmente muy favorable para el florecimiento de proyectos de generación de pequeño y mediano tamaño basadas en tecnologías renovables no convencionales tales como la mayoría de las tecnologías de transformación de residuos a energía.

2.7 RESUMEN

Chile cuenta con un sistema político y una institucionalidad sólida que ha sido internacionalmente reconocida con la entrada de Chile a la OCDE. La estabilidad del ambiente institucional ha sido acompañada con un crecimiento económico sostenido por más de una década, crecimiento que se funda en una amplia apertura económica, la cual le permite al país acceder a bienes y servicios producidos en casi cualquier parte del planeta. Como parte de este proceso de desarrollo, el país avanza desde distintos ámbitos hacia un mayor grado de cuidado medio ambiental, desde una avanzada conciencia ambiental desplegada por la población, hasta el diseño y la implementación de nuevas leyes que protegen el medio ambiente. La conclusión general, es que el panorama avanza favorablemente en la creación de las condiciones que permitan la implementación de proyectos que recuperen energía desde desechos, aún cuando algunos cambios necesarios aún deban esperar para hacerse realidad.

¹⁵ El costo de peaje va desde 0%, para generadoras de menos de 9 MW, hasta 100% para las generadoras de 20 MW y más.

3 DIAGNÓSTICO DE LA INDUSTRIA

3.1 RESIDUOS GENERADOS EN CHILE

En esta sección se resumirá qué tipos de residuos se generan en Chile y su disponibilidad. Para mayor información por favor ver Anexo A.

Residuos sólidos municipales: el año 2009 se generaron 6,5 millones de toneladas de este tipo de residuo con un crecimiento del 2,3% anual. Está compuesto en promedio por un 53% de materia orgánica, con un poder calorífico de 8.490 Kj/Kg¹⁶. Este valor tenderá a aumentar en un futuro dado que el aporte del plástico se incrementará. Adicionalmente sólo 1% del total de la basura generada se recicla, usa en compostaje o incinera.

Residuos Industriales: Chile ha experimentado un crecimiento económico importante desde los años noventa a la fecha lo que ha impactado en la generación de residuos industriales según la actividad económica. Hasta el año 2009 se producían 10,4 toneladas de residuos industriales, con un crecimiento anual de 4,8%.

Residuos industriales con potencial de Biogás: Una de las áreas donde se considera mayor potencial energético es en los residuos orgánicos con los que se genera biogás. Actualmente en Chile las grandes procesadoras de residuos orgánicos como las empresas de celulosa son de las pocas que generaran energía para autoabastecerse de sus residuos. En Chile se generan más de 6 millones de toneladas con este tipo de residuos, sin embargo, existen muchos tipos y varían en facilidad de recolección, disponibilidad y poder calorífico. En el Anexo de residuos se analiza en más detalle cada una de estas variables. Luego de analizarlos se determinó que la mayor potencialidad se encuentra en el estiércol avícola, el estiércol porcino, y los lodos.

Aceites usados: Dentro de este tipo de residuo están incluidos los aceites de motores de automóviles, cajas de cambios, transmisores, barcos y aviones. Se excluyen los aceites de origen vegetal y grasas. En Chile se generan 130.300m³ de aceites al año. De estos aceites un 50% se pierde en combustión de motores o fugas, quedando 65.000m³, de éstos un 72% es eliminado en instalaciones autorizadas y el resto es dispuesto en destinos desconocidos. A pesar del alto poder calorífico del aceite 40.000KJ/m³, no existe disponibilidad de este residuo actualmente para ser utilizado en valorización energética, o bien ya lo están utilizando actualmente como combustible alternativo.

Neumáticos: Actualmente en Chile se disponen al año 42.000 toneladas de neumáticos. Adicionalmente se generan 12.000 toneladas anuales que desecha la industria minera. Estos dos tipos de neumáticos se distinguen debido al tamaño y su manipulación posterior para reutilización¹⁷. Chile tiene un problema respecto de la disposición de este residuo que actualmente se dispone en un 90% en lugares

¹⁶ Referirse al Anexo para ver el detalle de este dato.

¹⁷ Debido al gran tamaño los neumáticos mineros se apilan y no pueden aún ser reutilizados, o revalorizados energéticamente.

desconocidos. Por otra parte, los neumáticos poseen un poder calorífico de 33.000KJ/ton lo que hace atractivo pensar en una alternativa energética en este aspecto. Respecto de su recolección la gran mayoría lo posee los talleres mecánicos, sin embargo, cualquier evaluación al respecto debe considerar este desafío.

3.2 TECNOLOGÍAS DE CONVERSIÓN DE RESIDUOS EN ENERGÍA

La conversión de residuos en energía es, en un sentido estricto, cualquier tratamiento con recuperación de energía de cualquier fuente de residuos que de otra forma habrían sido dispuestos en un relleno. La recuperación de energía puede ser en forma de electricidad, calor o alguna forma de combustible.

Las tecnologías para este tipo de tratamiento de residuos pueden clasificarse en dos grandes grupos: tecnologías térmicas y tecnologías no térmicas.

Dentro del primer grupo destaca la incineración, la cual es la tecnología más probada y usada a gran escala, con múltiples ejemplos de grandes plantas en operación tanto en Europa como en Estados Unidos. Otros procesos térmicos utilizan calor, bajo condiciones controladas para desintegrar los componentes orgánicos de los residuos y utilizar los hidrocarburos resultantes como combustible líquido o gaseoso. La mayoría de estas tecnologías no han alcanzado el nivel de madurez suficiente para ser alternativas viables comercialmente.

Las tecnologías no térmicas son variadas y su enfoque general es crear condiciones que optimicen el proceso natural de degradación del material orgánico presente en los residuos. Destacan entre estas tecnologías la digestión anaeróbica y la fermentación, procesos que se consideran comercialmente maduros y para los cuales existen múltiples ejemplos de plantas en funcionamiento alrededor del mundo.

Muchas de las tecnologías de conversión de residuos en energía se encuentran aún en etapa de desarrollo o en un estado pre comercial; las patentes que protegen estos desarrollos de tecnología hacen difícil acceder a los detalles técnicos de los mecanismos de operación, al mismo tiempo que no abundan los ejemplos de plantas operativas a de gran escala. Detalles sobre las tecnologías de conversión de residuos en energía y su estado de desarrollo pueden encontrarse en el Anexo B.

3.3 EL MERCADO ELÉCTRICO EN CHILE

3.3.1 PRODUCTORES

En Chile, la industria eléctrica es predominantemente privada y se divide en tres subsectores. Estos subsectores son la generación, la transmisión y la distribución a usuarios finales y se entiende cada uno de ellos como mercados distintos y separados. La integración vertical en los distintos subsectores está restringida por la legislación vigente.

La coordinación necesaria para emparejar oferta y demanda de energía y la coordinación entre los distintos subsectores y las empresas que los componen está a

cargo del Centro de Despacho Económico de Carga (CDEC) el que implementa un modelo de despacho que satisface la demanda con la oferta cuyo costo variable sea el más bajo disponible (modelo de costos marginales)

El sector de generación considera a múltiples participantes y tecnologías que compiten entre sí, se considera un sector dinámico y es el único subsector que no es considerado monopólico. De acuerdo con el CEDC un total de 72 empresas participan en la generación eléctrica en el SIC¹⁸. Los principales actores del sector son Endesa, Colbún y AES Gener, GDF Suez, Pacific Hydro y SN Power y se agrupan en la Asociación Gremial de Generadoras de Chile.

El subsector de transmisión tiene características de monopolio natural. En el SIC coexisten 5 empresas en el sector de transmisión, aunque Transelec se alza como la empresa dominante al controlar el 98% de la transmisión troncal.

El subsector de distribución del SIC está compuesto por más de 20 empresas, las que junto con las empresas transmisoras, se agrupan en la Asociación Gremial de Empresas Eléctricas. Las principales empresas del sector son Chilectra, Chilquinta, CONAFE y CGE. Estas concesionarias transportan y venden electricidad dentro de su área de concesión, comprándola a las empresas generadoras en distintos puntos del sistema de transmisión, y son reguladas como monopolio.

3.3.2 CONSUMIDORES

Los consumidores del mercado eléctrico se clasifican según la magnitud de su demanda en tres grupos, estos son:

- Clientes regulados: son los consumidores cuya potencia conectada es inferior o igual a 2.000 kW.
- Clientes libres o no regulados: los consumidores cuya potencia conectada es superior a 2.000 kW;
- Clientes con derecho a optar por un régimen de tarifa regulada o de precio libre: los consumidores cuya potencia conectada es superior a 500 kW e inferior o igual a 2.000 kW¹⁹.

A nivel nacional, los clientes no regulados representaron cerca del 61% del consumo total de energía del año 2007.²⁰

Las distribuidoras deben vender a sus clientes regulados a un precio que es fijado por la Comisión Nacional de Energía (CNE). Este precio puede descomponerse en un precio de nudo (precio al cual compra la distribuidora), más un valor para pagar el costo de inversión y operación de la empresa distribuidora, conocido como Valor Agregado de Distribución (VAD).

¹⁸ Incluyendo a los pequeños generadores (generación de menos de 9 MW) www.cdec-sic.cl.

¹⁹ El período mínimo de permanencia en cada régimen es de cuatro años.

²⁰ <http://www.cne.cl/energias/electricidad/mercado/338-consumidores>

Los clientes libres pueden negociar con distribuidoras o generadoras el precio al cual compran su energía.

3.3.3 PEQUEÑOS MEDIOS DE GENERACIÓN

En el Decreto supremo 244 del año 2005 (10) se fija el reglamento que regula la operación los pequeños medios de generación y de los medios de generación no convencionales. Se reconocen legalmente tres categorías de generación eléctrica de baja escala: los pequeños medios de generación (PMG), los pequeños medios de generación distribuida (PMGD) y los medios de generación no convencionales (MGNC). Las dos primeras categorías hacen referencia a generadores cuya capacidad instalada es menor a 9 MW, la diferencia entre PMGs y PMGDs es que los primeros están conectados a la red de transmisión eléctrica, mientras que los segundos están conectados a la red de distribución eléctrica. Los MGNC son aquellos cuya fuente de energía sea no convencional y su capacidad instalada se inferior a 20 MW, esta categoría no es excluyente de las anteriores. El anexo H incluye el detalle de todos los medios de generación no convencional reconocidos por la legislación chilena.

De acuerdo a la normativa, los PMGDs y los PMG que además sean MGNC tienen el derecho a operar con auto despacho²¹ y pueden escoger vender la energía que producen al costo marginal instantáneo o al costo estabilizado (precio de nudo de la energía), así como sus excedentes de potencia al precio de nudo de la potencia. La permanencia mínima en un régimen tarifarios es de 4 años. Además, la normativa les exime del pago total de los peajes de transmisión en el caso que operen con auto despacho. La normativa también garantiza el derecho a conexión al sistema eléctrico de todo proyecto PGM-MGNC.

Independiente de lo anterior los PMG pueden negociar la venta de su energía directamente con un cliente libre, una distribuidora o una generadora, en cuyo caso puede aplicar algún costo por peaje de transmisión.

3.4 SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Para identificar y seleccionar un par residuo-tecnología con alto potencial para el desarrollo de un proyecto de conversión de residuos a energía se considerarán los siguientes factores:

- Por restricción impuesta por Reinvent el residuo debe ser orgánico.
- La logística inversa privilegiará los residuos concentrados por sobre los agrupados y los dispersos.
- La cantidad total de residuo generada anualmente.
- La disponibilidad libre del residuo, entendiéndose esta como la fracción del residuo generado que no tiene uso.
- El contenido energético del residuo.

²¹ El auto despacho significa que el generador decide cuanta energía generar cada mes y puede despachar todo lo que genera a la red, solo condicionado a una previa información CDEC.

- El nivel de madurez comercial de la o las tecnologías de conversión a energía asociadas al residuo.

De la investigación inicial realizada para este proyecto (ver Anexos G, I y J) es fácil identificar a los lodos generados por las plantas de tratamiento de aguas servidas, como un residuo con alto potencial para un proyecto de conversión de residuos en energía. Los lodos PTA tienen las siguientes características (Ver la Matriz Residuo Tecnología en el Anexo C):

- Es un residuo orgánico.
- Es un residuo que cuya generación y disponibilidad ocurre de forma concentrada.
- La disponibilidad total de lodos en Chile es mayor a 400.000 toneladas por año, la cual aumenta permanentemente gracias al aumento de la población y al aumento de la cobertura de las empresas sanitarias.
- La disponibilidad libre es del 50%, la cual se espera que aumente en el mediano plazo debido al endurecimiento de la normativa ambiental asociada al manejo de este residuo²².
- El potencial energético del lodo es de 3.500 KJ/Kg uno de los más altos para los residuos orgánicos generados en Chile.
- Los lodos PTA tienen además un casi perfecto emparejamiento con la digestión anaeróbica como tecnología de transformación de residuos en energía, siendo la digestión anaeróbica una tecnología probada y actualmente madura para su despliegue comercial.

Adicionalmente a lo anterior, Reinvent a través de su empresa asociada Copiulemu, la cual maneja un relleno sanitario en la 8ª Región, ha identificado la necesidad de tratamiento para más de 50.000 toneladas anuales de lodos PTA provenientes de distintas plantas de tratamiento de aguas servidas de la 8ª Región, plantas pertenecientes a Essbio, Aguas Araucanía y Aguas Coronel. Estas plantas a diferencia de las grandes plantas de tratamiento existentes en Concepción y Talcahuano, no tienen la escala suficiente para implementar por sí mismas procesos de estabilización, razón por la cual buscan soluciones en terceros, entregando el lodo como fertilizante, o disponiéndolo en mono rellenos especialmente habilitados, siendo ambas soluciones muy limitadas en cuanto al volumen de lodo que pueden gestionar y al alto costo asociado. De acuerdo a la información que maneja Copiulemu y dada la falta de soluciones para la gestión de los lodos, muchas empresas sanitarias se ven en la obligación de disponer el lodo generado en sus plantas sin respetar la normativa actual y buscan opciones para corregir esta situación.

²² De acuerdo al reglamento para el manejo de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas servidas del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, los lodos PTA no pueden ser vertidos en rellenos sanitarios ni pueden ser dispuestos sin un previo tratamiento de estabilización que incluye la remoción del contenido de agua, la eliminación de patógenos y la reducción de sólidos volátiles entre otros

3.4.1 EL PROYECTO

En conjunto con Reinvent se decide evaluar el proyecto de construcción de una planta de digestión anaeróbica que permita el tratamiento de 40.000 toneladas de lodo PTA. El lodo se obtendrá de las empresas sanitarias de la 8ª Región, para lo cual Reinvent, a través de Copiulemu, profundizará las conversaciones actualmente existentes con las empresas sanitarias para ofrecer una opción de gestión de los residuos y asegurar el suministro de lodo por un período adecuado que asegure la viabilidad económica de proyecto.

Se evaluará el proyecto, considerando que la planta de digestión anaeróbica estará ubicada en los terrenos del relleno sanitario de Copiulemu en la 8ª Región. Entre otras ventajas, esto debiera simplificar el proceso de evaluación de impacto ambiental.

Se considerará la conversión del biogás generado en electricidad, lo que califica el proyecto de generación como MGNC. Se utilizará la línea de transmisión de mediana tensión (15 KV) que alimenta a Copiulemu para inyectar la energía a la red eléctrica. Considerando el volumen de lodo a tratar, la potencia eléctrica a instalar será menor a 9 MW lo que permitirá operar la planta de generación como un PMG de acuerdo a la legislación vigente (ver sección 3.3.3).

La combinación PGM-MGNC permitirá al proyecto operar con auto despacho, lo cual optimiza el factor de planta. Además permite escoger la tarifa más adecuada (entre costo marginal instantáneo o precio de nudo) para el precio de la energía, libera al proyecto de los costos de peaje de transmisión y garantiza la conexión de la planta de generación a la red eléctrica.

La tecnología específica de digestión anaeróbica y el proveedor de la misma será identificada por el alumno que desarrolla esta tesis, el cual deberá así mismo asumir la función de vínculo entre técnico-comercial entre Reinvent y el proveedor de tecnología. De acuerdo a la investigación realizada para este trabajo (ver Anexos G y J) la oferta de tecnologías de conversión de residuos a energía, incluyendo la digestión anaeróbica, es mínima o inexistente en Chile, lo cual obliga a buscar proveedores internacionales.

3.5 ANÁLISIS DE LAS FUERZAS DE PORTER PARA EL SUBSECTOR DE PEQUEÑOS GENERADORES NO CONVENCIONALES.

Saber cómo lidiar con la competencia es crucial para el éxito de una empresa pero no es suficiente. Información sobre la conducta de los clientes y los proveedores y un adecuado análisis y comprensión de su poder de negociación es igualmente importante para determinar de forma completa la rentabilidad potencial de la industria y actuar de forma adecuada para alcanzar una ventaja competitiva sostenible. Para evaluar cuán atractivo es el sector de la industria, revisado en esta tesis, un análisis de las cinco fuerzas de Porter se presenta en esta sección.

3.5.1 RIVALIDAD ENTRE FIRMAS

La presencia de empresas que conviertan residuos en energía en Chile es muy baja con solo un par de ejemplos de empresas que generan gas natural desde residuos y lo transformen en energía eléctrica.

Entre los ejemplos más destacables está la empresa KDM, la cual genera electricidad desde el biogás obtenido en sus rellenos sanitarios. Por su parte, Aguas Andinas posee dos plantas que obtienen metano a partir de lodos residuales de sus plantas de tratamiento de aguas servidas, pero el biogás generado se vende directamente como gas de ciudad. Otros ejemplos incluyen captaciones de biogás en rellenos sanitarios, pero estos, o bien depuran y venden el gas o bien lo queman en antorchas especiales a cambio de bonos de carbono. Es importante notar eso sí, que todas las empresas que actualmente capturan gas natural generado por residuos tienen en su planificación la opción de transformar el gas en electricidad cuando los precios de esta última aseguren la rentabilidad de la inversión.

Más allá de lo anterior, las condiciones legales definidas en las Leyes cortas I y II, en la ley ERNC y en los respectivos reglamentos incluido el Decreto 244, garantizan la venta con auto despacho de la energía generada por pequeños generadores no convencionales, por lo que no existe rivalidad entre pequeños generadores, ni entre estos y otros actores del mercado eléctrico.

La rivalidad entre firmas debe considerarse baja y estable en el mediano a largo plazo.

3.5.2 RIESGO DE ENTRADA

La principal barrera de entrada al sector de pequeña generación es el alto costo de inversión inicial asociado a la mayoría de las tecnologías y proyectos. En el caso de los proyectos de generación no convencional, se suma a lo anterior la falta de conocimiento y experiencia en el país con las tecnologías asociadas. Elevados costos de inversión y falta de experiencia son también factores comunes a los proyectos de conversión de residuos en energía.

Para reducir las barreras de entrada se han creado incentivos para promover las fuentes de energías renovables no convencionales (Ley ERNC) y la diversificación de la matriz de energía (Leyes cortas I y II) lo cual ha permitido la viabilidad económica de muchos proyectos de pequeña generación.

El riesgo de entrada debe considerarse como medio y debiera aumentar en el mediano plazo.

3.5.3 RIESGO POR SUSTITUTOS

En el caso de la generación de energía, el riesgo de sustitutos debe considerarse muy elevado, siendo el costo de generación la principal variable a considerar a la hora de elegir entre distintas formas de generación. El modelo de costos marginales privilegia el

despacho de energía desde las generadoras cuyo costo variable es más bajo²³. Sin embargo, las condiciones especiales definidas por la legislación para los pequeños generadores no convencionales eliminan todo riesgo por sustitutos al permitirles operar con auto despacho. Dicho de otra forma los pequeños generadores no convencionales tienen el derecho, garantizado por la legislación, de vender toda la energía que generen, independiente de sus costos variables.

El riesgo por sustitutos debe considerarse bajo y estable en el mediano a largo plazo.

3.5.4 PODER DE LOS PROVEEDORES

La tecnología de digestión anaeróbica, aún cuando no tiene una presencia masiva en Chile, puede considerarse madura comercialmente y existen múltiples proveedores que comparten fracciones menores de mercado. En estas condiciones el poder de los proveedores de tecnología para este caso puede considerarse bajo.

Para los pequeños medios de generación no convencionales, los proveedores pueden ser variados y con distintos grados de poder. Las tecnologías que capturan energía desde la naturaleza no tienen un proveedor (aunque el Estado asigna los derechos de explotación, en cuyo caso el poder del proveedor es muy elevado). Por otro lado, las tecnologías que utilizan biomasa tendrán una fuerte dependencia del productor de la biomasa utilizada. Por su parte, en todo proyecto de transformación de residuos en energía, la materia prima es un residuo generado por otra industria y el poder de este proveedor variará en función de la industria.

En el caso específico de este proyecto, la materia prima es uno de los residuos generados por las empresas sanitarias en sus plantas de tratamiento de aguas servidas. La generación de lodos se encuentran extremadamente concentrada en Chile, de hecho más del 50% de la generación de lodos está bajo el control de Aguas Andinas y Essbio. Más aún, aunque el lodo es un residuo, en las empresas sanitarias se impone el criterio de que los lodos son una materia con alto valor. La disposición de lodos ocurre principalmente en mono rellenos especialmente habilitados, como fertilizante en predios forestales y como materia de compostaje para su posterior uso como fertilizante agrícola. Las empresas sanitarias pagan por el retiro de lodos desde sus plantas.

Es de esperar que en Chile el esperado endurecimiento de la legislación asociada al tratamiento de residuos reduzca el poder de las empresas sanitarias al extender la responsabilidad de las empresas sanitarias sobre sus residuos y limitar las opciones de disposición. Esto, sin embargo puede empujar a las sanitarias hacia la implementación de sus propias soluciones de gestión para los lodos, hecho que ya ha tomado lugar en las principales plantas de tratamiento de aguas servidas del país. Esta integración vertical puede incluso alcanzar hasta el sector de pequeña generación no convencional.

El poder de los proveedores debe considerarse alto y estable.

²³ Los costos de generación en orden creciente son: centrales hidroeléctricas de pasada, centrales térmicas a carbón, centrales hidroeléctricas de embalse, centrales térmicas a gas y finalmente centrales térmicas diesel.

3.5.5 PODER DE LOS COMPRADORES

La demanda de energía en Chile es alta y crece cada año sin que la oferta de energía crezca de manera equivalente. Aún cuando en el mercado de la energía hay jugadores dominantes, la actual regulación del sistema compensa en gran medida la influencia de éstos. En el Sistema Interconectado Central el precio de la energía responde de forma efectiva a la de un mercado sin rigideces lo cual evita manipulaciones mayores de los precios.

Para el caso de los pequeños generadores no convencionales el poder de los compradores se anula gracias a la legislación. La actual normativa permite la operación con auto despacho y la selección de tarifa (entre costo margina instantáneo y precio de nudo). El poder de los compradores debe considerarse bajo y estable en el mediano a largo plazo.

3.5.6 RESUMEN

En análisis de Porter, para el sector de pequeña generación no convencional, se resume aquí con el objetivo de tener una referencia rápida. El análisis muestra un escenario en el que existe una importante oportunidad derivada de la falta de energía y de las condiciones legales, pero también existen riesgos asociados principalmente al gran poder de los proveedores de materias primas.

<p>Poder de Proveedores Alto Estable</p>	<p>Riesgo de Entrada Medio Aumentando</p>	<p>Poder de Compradores Bajo Estable</p>
<p>+ Alta concentración. +Riesgo de integración vertical. - Endurecimiento de la legislación sobre residuos.</p>	<p>- Inversión elevada. +Mejoras en legislación. +Necesidad de energía +Baja diferenciación. +Tecnología madura.</p>	<p>+ Operación con auto despacho. +Legislación favorable</p>
	<p>Rivalidad Inter Firmas Bajo Estable</p>	
	<p>Riesgo por Sustitutos Bajo Estable</p>	
	<p>+Legislación favorable. +Otros actores no son competidores.</p>	

Tabla 3. Tabla esquemática de las fuerzas de Porter para el sector de la pequeña generación no convencional.

Los resultados del análisis de Porter pueden presentarse también en un gráfico radial en el que cada eje representa a cada una de las fuerzas de Porter. El poder de cada fuerza es máximo en el origen del gráfico y disminuye al alejarse del mismo. El área definida en el gráfico representa la rentabilidad potencial del sector analizado, siendo esta mayor a mayor área. Una importante información se obtiene al superponer el estado actual con el estado futuro de de las fuerzas de Porter en el mismo gráfico. La evolución del área entre los dos estados da indicará si la rentabilidad del sector crece o disminuye en el tiempo.

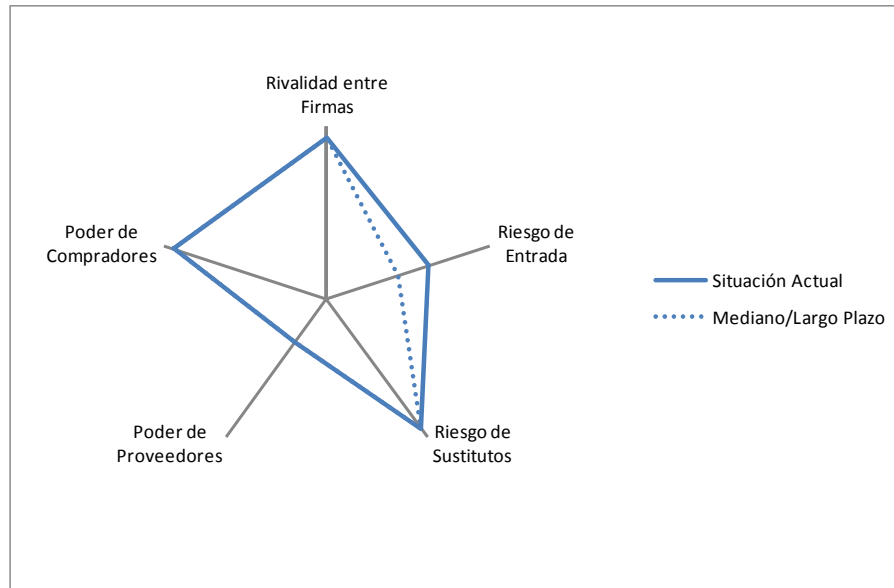


Figura 8. Representación gráfica de las fuerzas de Porter incluyendo la evolución de las mismas en el mediano a largo plazo.

El gráfico muestra una gran área para la pequeña generación no convencional y por tanto un mercado que presenta grandes oportunidades. El único limitante en la rentabilidad para el proyecto bajo estudio, es el elevado poder de las empresas sanitarias como proveedores de la materia prima. Esto obliga a estructurar con mucho cuidado la relación con las empresas sanitarias.

El escenario es extraordinariamente estable gracias a la presencia de las Ley ERNC y a las leyes Cortas I y II. Incluso impacto generado por el aumento del riesgo de entrada en el mediano plazo puede despreciarse gracias a lo favorable de la actual legislación.

3.6 ANÁLISIS DE LAS FUERZAS DE PORTER PARA LA INDUSTRIA DE GESTIÓN DE RESIDUOS.

En este análisis se considerarán elementos generales de la industria de gestión de residuos y se hará énfasis en la gestión de lodos PTA cuando corresponda, ya que esta la actividad pertinente al proyecto desarrollado en este trabajo. Este análisis se basa en la investigación sobre expuesta en los Anexos G, I y J.

3.6.1 RIVALIDAD ENTRE FIRMAS

En términos generales pocas empresas participan de la industria de gestión de residuos. Existen además restricciones que limitan el número de empresas en una determinada área geográfica. En el caso de los rellenos sanitarios por ejemplo, muchas comunas no tienen ni necesitan más de un relleno para satisfacer sus necesidades de disposición. Por otro lado, el aumento permanente en la generación de residuos configura un escenario en el cual la sobre oferta es improbable. Por otro lado, puede considerarse que existe una baja diferenciación entre empresas en los casos que múltiples empresas ofrecen el servicio en una misma área geográfica, pero las empresas usualmente operan con contratos de largo plazo que limitan las opciones de cambio de proveedor.

Los lodos PTA clasifican como un tipo especial de residuo que no puede disponerse en rellenos sanitarios, salvo que estos sean mono relleno. Existen muy pocos proveedores que ofrezcan esta alternativa, siendo los lodos usualmente dispuestos como fertilizante en predios forestales y agrícolas, o dispuestos en rellenos sanitarios tras un proceso de neutralización con cal, sin necesariamente cumplir con la actual normativa en ninguno de los casos.

El proyecto de ley de responsabilidad extendida del productor, en conjunto con un endurecimiento en el control sobre el cumplimiento de las normativas aplicables, debieran potenciar las condiciones para que nuevos actores ofrezcan soluciones de gestión de residuos incluyendo gestión de lodos.

La rivalidad entre firmas debe considerarse medio a baja y debiera disminuir en el mediano a largo plazo cuando la esperada nueva legislación obligue a los productores a responsabilizarse efectivamente por los residuos generados por sus procesos productivos.

3.6.2 RIESGO DE ENTRADA

La entrada de nuevos actores se encuentra limitada por múltiples factores, en el caso de los rellenos sanitarios por ejemplo, la disponibilidad de terreno es cada vez más reducida, la obtención de permisos ambientales más complicada, la normativa más exigente y es creciente el rechazo de la población a la instalación de un relleno en su comuna.

Se suma a lo anterior una elevada inversión inicial y largos plazos de retorno de las inversiones para cualquier tipo de proyecto de gestión de residuos, en especial aquellos que requieren o que buscan utilizar nuevas tecnologías para sus procesos.

Nuevamente, las esperadas nuevas exigencias legales para generadores de residuos debieran ayudar a crear condiciones que incentiven la entrada de nuevos actores.

El riesgo de entrada debe considerarse bajo y subiendo lentamente.

3.6.3 RIESGO POR SUSTITUTOS

De la misma forma en que existen pocos actores en el sector, existen pocos sustitutos formales en esta industria. Sin embargo, las prácticas ilegales, tales como la disposición en vertederos clandestinos, son muy frecuentes y por lo tanto uno de los principales sustitutos. En el caso de la basura municipal, las prácticas de reciclaje y compostaje se consideran sustitutos, pero su alcance es muy limitado

Las normativas actualmente en discusión debieran aumentar las exigencias y los controles en el manejo de residuos, limitando en gran medida el riesgo por sustitutos.

Se considerará este riesgo como mediano a elevado y con una tendencia a la baja.

3.6.4 PODER DE LOS PROVEEDORES

Esta industria no utiliza muchos insumos y no se puede considerar ninguno de ellos como un insumo clave, debido a esto el poder de los proveedores puede considerarse bajo y estable.

3.6.5 PODER DE LOS COMPRADORES

Los compradores en este caso están representados por los entes generadores de residuos, los cuales aunque no sea evidente, están usualmente muy concentrados. El caso de la basura domiciliaria puede ilustrar esta situación, los generadores de residuos son los hogares individuales pero el contratante del servicio es el Municipio, ya sea directamente o a través una concesionaria del servicio de recolección, en algunos casos incluso hay coordinación entre municipios. En el caso de los lodos PTA las grandes sanitarias concentran cerca de la mitad de la generación de lodos del país en las plantas que atienden a la Región Metropolitana y a los otros grandes centros urbanos.

Seguido de la alta concentración existe un gran riesgo de integración vertical el cual en el caso de los lodos ya ha tomado lugar en las principales plantas de Aguas Andinas y Essbio, el factor de escala juega aquí un rol importante ya que da viabilidad económica a los proyectos en los cuales los productores deciden buscar soluciones para auto gestionar sus residuos.

Como ya se ha mencionado, ante la necesidad de dar solución a la alta generación de residuos, los generadores de los mismos toman ventaja de las debilidades de la normativa y en no pocos casos las normativas no se cumplen a cabalidad.

El único elemento que limita el poder de los compradores es la esperada nueva legislación que se prepara para el sector, los proyectos de Ley de responsabilidad extendida del productor y la Ley general de residuos debieran, una vez promulgadas, aumentar las exigencias y controles en el manejo de residuos, aunque esto puede también empujar a muchos compradores a integrarse verticalmente e implementar sus propias soluciones de gestión.

3.6.6 RESUMEN

El análisis muestra un escenario en el que existe una importante oportunidad que sólo está limitada por el riesgo de sustitutos y por el poder de los compradores. Ambos factores debieran ser controlados en el mediano a largo plazo con el potencial endurecimiento de la normativa ambiental asociada al manejo de residuos (Proyectos de ley extendida del productor y ley general de residuos), sin embargo existirá un importante grado de incertidumbre mientras estos proyectos no se conviertan en ley.

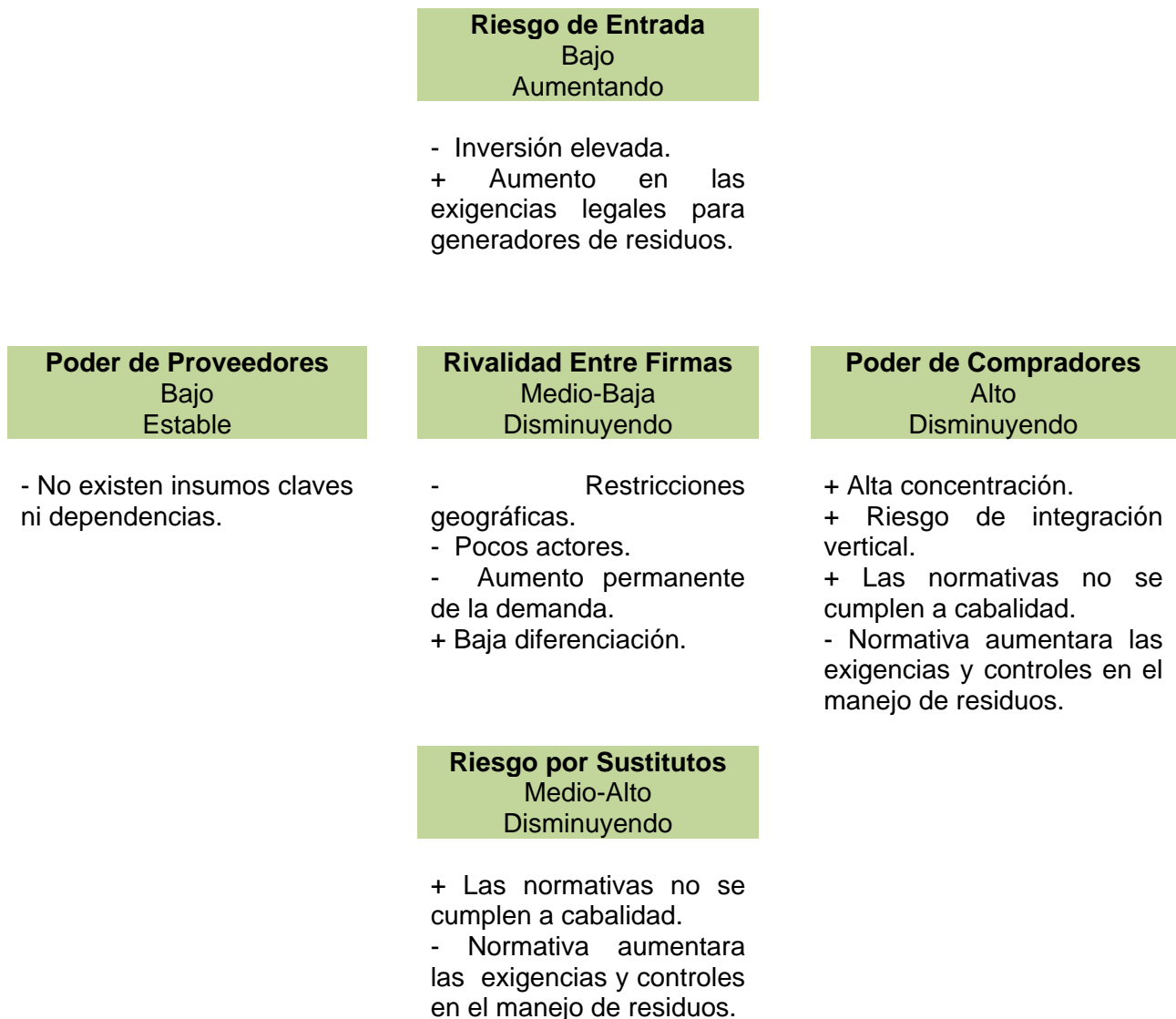


Tabla 4. Tabla esquemática de las fuerzas de Porter para la industria de gestión de residuos.

El gráfico radial de las fuerzas de Porter deja clara esta situación, presentando un mercado cuya rentabilidad potencial debiera crecer fuertemente si los proyectos de ley son aprobados.

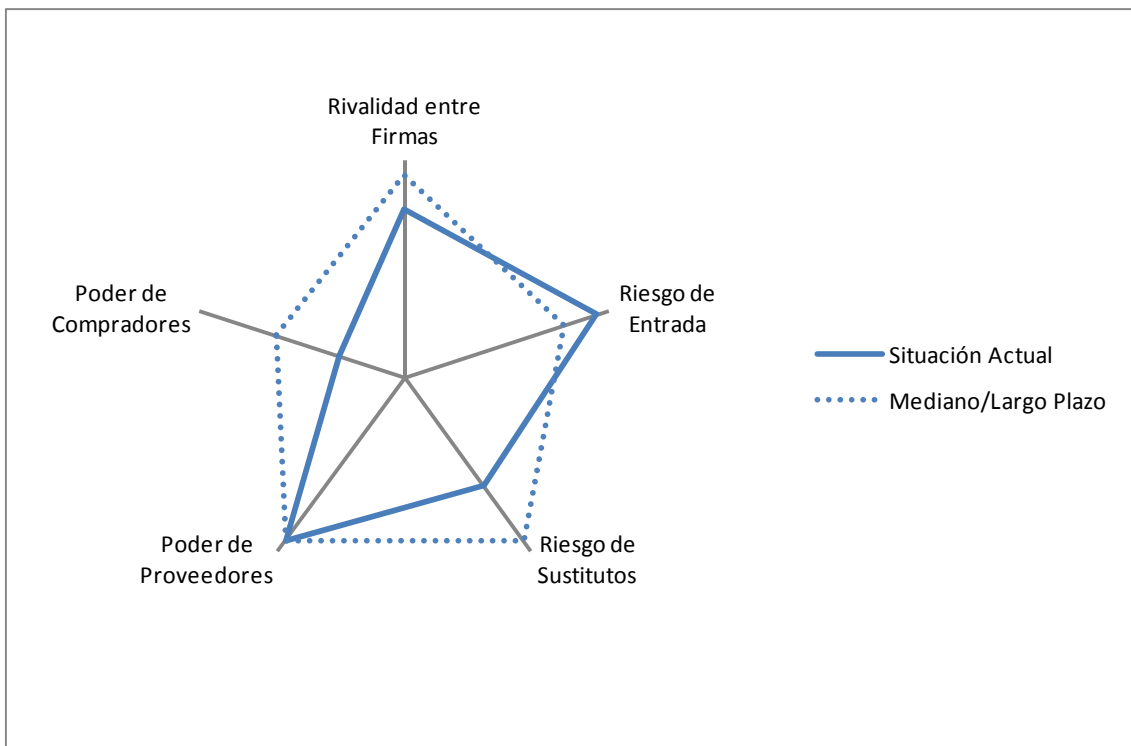


Figura 9. Representación gráfica de la fuerzas de Porter incluyendo la evolución de las mismas en el largo plazo.

3.7 ANÁLISIS FODA

3.7.1 FORTALEZAS

- Experiencia en el mercado del tratamiento de residuos, incluyendo los residuos peligrosos.
- Relaciones existentes con empresas sanitarias de la 8ª Región.
- Tecnología de digestión anaeróbica tiene madurez comercial.
- Infraestructura existente: terreno, equipamiento, personal y permisos del relleno sanitario de Copiulemu.

3.7.2 OPORTUNIDADES

- Necesidad creciente en Chile de energía, de diversificación en la matriz generadora y de soluciones renovables.
- Necesidad de soluciones permanentes para el tratamiento y disposición de lodos, la cual se acrecienta con la actualización de las normativas a los estándares de la OCDE.
- Alta generación de lodos de plantas de tratamiento en la 8ª región sin solución.
- Apoyo gubernamental a la instalación de fuentes renovables de energía y a la micro producción.

3.7.3 DEBILIDADES

- Sin experiencia en el mercado energético.
- Sin experiencia técnica para la generación eléctrica.
- Bajo poder de negociación frente a las empresas sanitarias.

3.7.4 AMENAZAS

- Riesgo de integración vertical de las empresas sanitarias limitaría el acceso a suministros.
- No hay seguridad en la obtención de permisos ambientales para el acopio de lodos en el relleno sanitario.
- Eventual entrada de otros proveedores de soluciones para la gestión de lodos.
- Poca experiencia en Chile para la tecnología requerida.

3.7.5 MATRIZ FODA

Fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas serán representadas en una matriz y sus interacciones serán expresadas en términos gráficos para simplificar la interpretación de este análisis.

En la siguiente matriz, los colores representan las interacciones entre las características descritas del análisis FODA previamente realizado. De esta forma el verde representa una interacción muy favorable, celeste una interacción positiva pero en menor grado, amarillo representa una interacción que medianamente negativa y rojo una interacción altamente negativa. Una celda sin color representa una interacción que no tiene mayores implicancias para el proyecto.

De la matriz FODA se desprende rápidamente que hay una buena interacción entre oportunidades y fortalezas y que las amenazas y debilidades no se realimentan en un grado elevado. La lectura global, aun cuando hay gran espacio en blanco, indica que el escenario es positivo para el desarrollo del proyecto.

		FORTALEZAS				DEBILIDADES		
		Experiencia en la industria de residuos sanitarios	Experiencia con empresas	Infraestructura existente	Madurez comercial de la tecnología	Sin experiencia en el mercado energético	Sin experiencia en generación eléctrica	Bajo poder de negociación frente a proveedores
OPORTUNIDAD	Necesidad de energía en Chile							
	Necesidad de soluciones para lodos							
	Alta producción de lodos en la 8ª Región							
	Apoyo gubernamental							
AMENAZAS	Riesgo de integración vertical							
	Riesgo de denegación de permisos ambientales							
	Atracción de otros jugadores al mercado							
	Poca experiencia en Chile con la tecnología							

Tabla 5. Matriz FODA para el proyecto de biodigestor y pequeña generación eléctrica acoplada.

4 IMPLEMENTACIÓN

4.1 MODELO DE NEGOCIOS

En esta sección se construirá un modelo de negocio para el proyecto siguiendo la metodología diseñada por Alexander Osterwalder e Yves Pigneur y popularizada en su libro “Business Model Generation” (11). Dado que el proyecto bajo estudio integra los sectores industriales de la energía y de la gestión de residuos, se trabajará con una doble propuesta de valor, cada una de ellas dirigida a un segmento específico de clientes: por un lado los compradores de energía y por otro los generadores de residuos.

4.1.1 PROPUESTA DE VALOR

Se considerará como propuesta primaria de valor el aportar a diversificar la matriz de generación del SIC con una fuente renovable no convencional de pequeña escala. La actual situación del mercado eléctrico valora esta opción y la fomenta ofreciendo condiciones de operación protegidas y estables a través de la legislación existente.

Estas condiciones se explicitan en el Decreto 244 bajo la figura de Pequeño Medio de Generación No Convencional (PMG-MGNC).

La propuesta de valor secundaria es la oferta de una alternativa ambientalmente sustentable para la gestión de lodos PTA. Actualmente las empresas sanitarias tienen una necesidad de alternativas de gestión y en el mediano a largo plazo esta necesidad se verá acrecentada con la entrada en vigencia de nuevas normativas y mayores controles.

4.1.2 SEGMENTOS DE MERCADO

Para la oferta primaria de valor:

Los clientes naturales de los generadores del SIC son las empresas distribuidoras, sin embargo bajo la figura de un Pequeño Medio de Generación no Convencional (PMG-MGNC) operando con auto despacho, el cliente directo es el CDEC-SIC, el que toma una figura equivalente a la de representante de las empresas distribuidoras.

Para la oferta secundaria de valor:

Las empresas sanitarias que cuentan con grandes plantas de tratamiento y por tanto generan grandes cantidades de lodos PTA tienen, en general soluciones de gestión en funcionamiento, sin embargo las plantas de pequeño y mediano tamaño no cuentan con la escala necesaria para hacer viable económicamente estas opciones. El segmento de mercado al que se dirige esta propuesta de valor es por lo tanto las empresas sanitarias dueñas de pequeñas y medianas plantas de tratamiento de aguas servidas.

4.1.3 RELACIÓN CON LOS CLIENTES

En el caso de CDEC-DIC se adoptará la figura de un PMG-MGNC con operación en modalidad de auto despacho. Esto permite de forma efectiva vender toda la energía que se genere sin necesidad contratos, bastando para ello solo informar al Centro de Despacho Económico de Carga del Sistema Interconectado Central (CDEC-SIC) el volumen de energía que se proyecta inyectar al sistema cada mes.

En el caso de las pequeñas y medianas empresas sanitarias se deberá construir una relación menos transaccional, para transformarse en un proveedor estratégico que les permita cumplir a cabalidad, no solo con la actual normativa asociada a la gestión de lodos, sino que también con la nueva normativa actualmente en preparación.

4.1.4 CANALES DE DISTRIBUCIÓN

Para la energía eléctrica generada:

Se inyectará a la red utilizando la línea de transmisión de media tensión que alimenta al relleno sanitario de Copiulemu. La figura de PMG-MGNC garantiza el derecho de conexión a la red del SIC.

Para la gestión de lodos:

Actualmente las empresas sanitarias entregan los lodos en los puntos de gestión, el precio que las empresas pagan incluye este transporte. La razón de esta modalidad radica en las restricciones que la normativa indica para el transporte de este residuo que se considera peligroso. De esta forma se proyectó que los lodos se transportarán desde las plantas de tratamiento de aguas servidas hasta la planta de digestión anaeróbica en los camiones de transporte de las empresas sanitarias.

4.1.5 FUENTES DE INGRESOS

La venta de energía se considerará como la fuente de ingresos primaria. Un PMG-MGNC puede optar por vender su energía al valor del costo marginal instantáneo de generación o al precio estabilizado (precio de nudo), la modalidad tarifaria debe mantenerse por un mínimo de 4 años. Actualmente el costo marginal es superior al precio de nudo, sin embargo: a) la volatilidad del costo marginal es muy elevada en el corto plazo y b) la tendencia a mediano plazo del costo marginal promedio es a la baja y debería estabilizarse en un valor inferior al precio de nudo²⁴. El valor actual del precio de nudo es de aproximadamente 100 US\$/MWh.

Actualmente las empresas sanitarias pagan por el retiro de lodos PTA desde sus plantas y los entregan en los puntos de gestión. De acuerdo a la información recolectada por los ejecutivos de Copiulemu las empresas sanitarias pagan entre 0,9 y 1 UF por tonelada de lodo entregado en el punto de gestión.

Las características del proyecto permiten tener otras dos fuentes de ingresos, estos son:

- Ingresos por la venta del digestato producido en la planta de digestión e
- Ingresos por concepto de venta de bonos de carbono²⁵.

4.1.6 ACTIVIDADES CLAVE

Las actividades clave para el proyecto en su fase operativa son la venta de energía eléctrica y el aseguramiento del suministro de lodo para permitir una operación eficiente e ininterrumpida de la planta.

4.1.7 ALIANZAS CLAVE

El análisis de las Fuerzas de Porter destacó el poder de las Empresas Sanitarias, cuyo residuo del proceso de tratamiento de aguas servidas es la materia prima para el proyecto bajo análisis. Establecer una adecuada relación con estas empresas es fundamental para asegurar el suministro de lodo a la planta de digestión anaeróbica.

²⁴ Según la CNE a mediano plazo el costo marginal promedio debe ser equivalente al costo de generación de las centrales térmicas a carbón, aproximadamente 80 US\$/MWh.

²⁵ La quema de metano se considera una reducción de emisión de gases de efecto invernadero. Se ha establecido que el efecto invernadero del metano es 21 veces el efecto invernadero del dióxido de carbono. Fuente: www.trygerltda.cl/bonos.htm

Afortunadamente Copiulemu ya tiene relaciones establecidas con empresas sanitarias pequeñas y medianas de la 8ª Región. Estas relaciones deben profundizarse para asegurar el éxito del proyecto.

Otra alianza clave debe establecerse con el proveedor de la tecnología de digestión anaeróbica, esta relación es fundamental para lograr una operación óptima de la planta y un adecuado soporte durante la puesta en marcha y la operación.

4.1.8 RECURSOS CLAVE

Se distinguen dos recursos clave para la adecuada operación del proyecto, estas son:
a) Disponer de la tecnología adecuada para obtener una digestión anaeróbica efectiva y eficiente de lodos PTA. Y b) disponer de un suministro adecuado de lodos.

4.1.9 ESTRUCTURA DE COSTOS

Se prevé que la inversión inicial para la adquisición de la tecnología y para la construcción de la planta de digestión y generación eléctrica tendrá un alto impacto en la estructura de costos.

Descontada la inversión inicial, los costos de mantenimiento de la planta y de operación (insumos y salarios) definen la estructura de costos.

No deben considerarse costos asociados a la distribución de la energía eléctrica generada (peajes de distribución) ya que los PMG-MGNC están eximidos del pago de estos peajes.

4.1.10 RESUMEN DEL MODELO DE NEGOCIOS

Alianzas Clave	Actividades Clave	Propuesta De Valor	Relación con clientes	Segmentos de Mercado
Empresas Sanitarias de mediano tamaño de la 8ª región. Proveedores de tecnología.	Venta de energía eléctrica. Asegurar suministro de materia prima.	Aportar a diversificar la matriz de generación del SIC con energía renovable no convencional. Alternativa ambientalmente sustentable de gestión de lodos PTA.	Operación PMG con auto despacho. Proveedor estratégico de soluciones de gestión de residuos.	CDEC SIC Pequeñas y medianas plantas generadoras de lodos PTA
	Recursos Clave Tecnología. Materia prima para la generación de biogás.		Canales de Distribución Líneas del sistema de transmisión eléctrica Camiones de las empresas sanitarias.	
Estructura de Costos			Fuentes de Ingresos	
Inversión inicial Mantenimiento y operación			Venta de energía eléctrica Ingresos por gestión de lodos PTA Venta de digestato como fertilizante. CER	

Tabla 6. Componentes principales del modelo de negocios.

4.2 PROVEEDORES DE TECNOLOGÍA

Se identificaron para este proyecto un gran número de proveedores de tecnología, principalmente en Europa, donde la digestión anaeróbica es ampliamente utilizada. De los proveedores identificados se seleccionaron aquellos con mayor número de plantas construidas y aquellos con presencia en más de un país. Como resultado de esta selección, se contactó a 14 empresas proveedoras de tecnología de digestión anaeróbica para estudiar su disposición a participar de un proyecto para transformar 40.000 toneladas de lodo PTA en energía eléctrica. La lista de empresas contactadas se encuentra en el Anexo E.

De las 14 empresas contactadas solo 7 respondieron a nuestro contacto inicial y tras aclarar los alcances del proyecto bajo estudio solo una la empresa se interesó en la elaboración de una propuesta. La empresa interesada fue la empresa belga Organic Waste Systems (OWS) la cual, además de interesarse por este proyecto, demostró un fuerte interés por ingresar al mercado latinoamericano, en el cual no tiene presencia actualmente.

La empresa OWS es una compañía privada fundada en 1988 bajo la ley Belga, con un capital inicial de €1.240.000. OWS se especializa en el tratamiento biológico de sustratos orgánicos sólidos y semisólidos por medio de la digestión anaeróbica. Actualmente tiene presencia en Europa y Estados Unidos.

OWS propuso la utilización de un proceso de digestión anaeróbica termófila, semi seca, de una etapa, la cual ocurre en un reactor cilíndrico, vertical, cerrado y con un fondo cónico. El sistema es comercializado por OWS bajo el nombre de “DRANCO Farm” y está optimizado para residuos con alto contenido orgánico tales como basura domiciliar orgánica o desechos agrícolas. Para optimizar la digestión de lodos y la producción de biogás, el sistema propuesto OWS requiere el suministro adicional de rastrojo de maíz o paja de trigo.

En el sistema DRANCO Farm, el material a digerir es alimentado al reactor de forma continua por la parte superior y el material ya digerido se retira por medio de un tornillo sinfín por la parte inferior del reactor. El tiempo típico de digestión es de aproximadamente 21 días. El material digerido es tratado en una prensa en la cual se le retira el exceso de agua la cual es reciclada hacia el reactor. Junto con la reutilización del agua, el calor de los generadores eléctricos incluidos en la propuesta, es parcialmente utilizado para la calefacción del reactor, estas dos características ayudan a reducir costos y simplifican la operación de la planta.

Los detalles de la propuesta hecha por OWS para proveer la tecnología y realizar la construcción y puesta en marcha de la planta de digestión anaeróbica se encuentran en el Anexo D.

4.3 PLAN DE OPERACIONES

4.3.1 FLUJO DE OPERACIONES

El proceso productivo se realizará en una sola planta. La materia prima para la planta es el lodo proveniente de las plantas de tratamiento de aguas servidas el que será despachado por las mismas empresas de forma continua y almacenado en la planta de digestión anaeróbica donde es mezclado con los suministros secundarios (agua y rastrojo de maíz) y luego alimentado al Digestor.

La materia prima permanece aproximadamente 20 días en el Digestor generando biogás, este es almacenado en un tanque que cumple la función de control de flujo para asegurar una alimentación de biogás constante a los equipos Generadores los cuales usan el biogás como combustible para generar energía eléctrica. La energía eléctrica es despachada de forma instantánea a la red eléctrica.

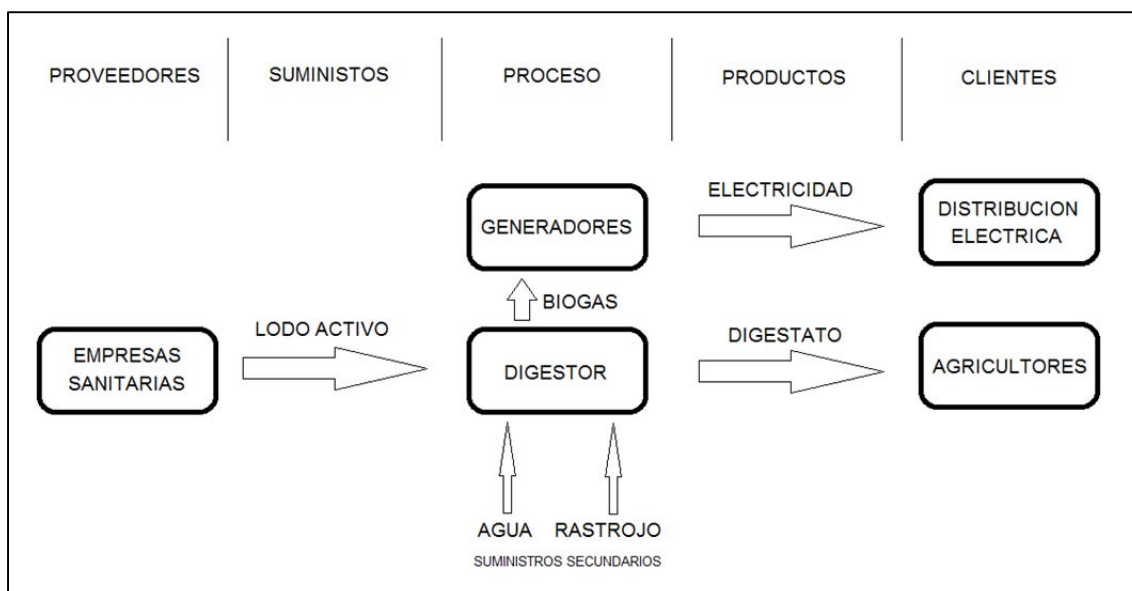


Figura 10. Diagrama de bloques que ilustra el flujo de operaciones del proyecto.

El material remanente del proceso de digestión (digestato) se remueve desde el fondo del digestor de forma continua y puede ser valorizada como fertilizante.

4.3.2 PLAN DE INVERSIONES

El plan de inversiones para la implementación del proyecto se compone de pocos elementos, los cuales tienen relación directa con la construcción y puesta en marcha de la planta de digestión de lodos. Se asumirá que toda la inversión debe ejecutarse al inicio del proyecto.

Planta de digestión anaeróbica:

Incluye materiales y construcción de todos los elementos de la planta de digestión anaeróbica, de los equipos generadores de electricidad y la puesta en marcha de la planta. Los detalles se encuentran en la propuesta presentada por la empresa OWS (ver anexos). El valor total de la inversión es de US\$ 18.065.421

Obras civiles:

Incluye la preparación necesaria del terreno para permitir la instalación de la planta. Se estima que el costo asociado es de aproximadamente US\$ 150.000.

Conexión a la red eléctrica:

El costo de las obras que permiten la conexión a la red, incluyendo el transformador necesario para adaptar la energía generada al voltaje de la línea de transmisión, se estima en aproximadamente US\$ 50.000 de acuerdo a la información recolectada.

4.3.3 PLAN DE PRODUCCIÓN Y ADQUISICIONES

Se presenta en esta sección el detalle de insumos y producción de la planta de digestión anaeróbica. Los volúmenes de suministros y producción se desprenden de las conversaciones con Copiulemu, los detalles de la propuesta de OWS y de la investigación propia para este proyecto.

Insumos			
Insumo	Precio Unitario	Cantidad Anual	Costo Anual (USD) ^k
Lodo ^a	19.800 \$/ton	40.000 ton	+ 1.685.000
Rastrojo ^b	50.000 \$/ton	20.000 ton	2.128.000
Agua potable ^c	355 \$/m3	7.700 m3	5.815
Polímero floculante ^d	2.000 \$/kg	141 ton	600.000
Cloruro de Hierro ^e	130 US/ton	627 ton	81.510
Energía Eléctrica ^f	46,237 \$/kWh	3.400 MWh	334.480
Potencia Eléctrica Instalada ^g	5.943,02 \$kW/mes	800 kW	121.389
Productos			
Producto	Precio Unitario	Cantidad Anual	Ingreso Anual (USD)
Potencia Eléctrica Instalada ^h	5.943,02 \$kW/mes	1.920 kW	291.334
Energía Eléctrica Generada ⁱ	46,237 \$/kWh	16.819 MWh	1.654.488
Digestato como Fertilizante ^j	19.800 \$/ton	64.255 ton	2.706.912

Tabla 7. Plan anual de producción y adquisiciones.

Notas:

(a) De acuerdo a la información recolectada por los ejecutivos de Copiulemu, las empresas sanitarias de la VIII Región **pagan** entre 0,9 y 0,98 UF por tonelada de lodo entregado en el punto de manejo. Consideraremos para esta evaluación el valor de 0,9 UF y un valor de referencia de la UF de \$22.000.

(b) El proceso propuesto por OWS requiere de 20.000 toneladas anuales de rastrojo de maíz (o paja de trigo) para procesar de forma eficiente las 40.000 toneladas de lodo. El rastrojo se vende, como alimento para animales, en forma de fardos de 20 kg a un precio que oscila entre los \$900 y los \$1.000. Es de esperar que para una compra de gran volumen se obtenga un precio menor, sin embargo se utilizará el precio detallista de \$1.000 por fardo de 20 kg en este análisis.

(c) De acuerdo con OWS, 7.700 m3 de agua potable anuales son necesarios en el proceso. El agua se utiliza para diluir un polímero que se incorpora al digestato con el objetivo de facilitar la remoción del agua desde el digestato. El precio actual del agua potable en la zona de Concepción es de \$355 por m3 según ESSBIO.

(d) De acuerdo a información solicitada a OWS, 141 toneladas anuales de polímero floculante son necesarias para el proceso de desaguado del digestato. El valor del polímero oscila entre los euros €3 y los €3,5 por kg. Para este análisis se considerará un valor de \$2.000 por kg.

(e) OWS ha indicado en su propuesta, que podría ser necesario el uso de hasta 10 kg de cloruro de hierro por cada tonelada de sustrato a digerir. El valor del cloruro de hierro es de U\$130 por tonelada.

(f) El gasto total de energía eléctrica para la planta se estima en 3.400 MWh anuales según OWS, esto considerando una operación ininterrumpida. El precio nudo promedio de la energía para el sector de Concepción es actualmente de 46.237 \$/kWh (12). No se considerará en este análisis un factor de corrección de consumo de energía por factor de planta.

(e) De acuerdo a OWS la potencia instalada necesaria para la planta es de 800 kW. El precio nudo promedio de la potencia para el sector de Concepción es actualmente 5.943,02 \$/kW/mes (12).

(h) La planta de bio digestión incluye la instalación de 2 generadores eléctricos de 1.200 kW cada uno. OWS indicó que estos generadores, dada su tecnología, tienen un factor de planta cercano a 1, sin embargo para este estudio se considerará un factor de planta de 0,8. Se utilizará el precio nudo promedio de la potencia de 5.943,02 \$/kW/mes **[¡Error! Marcador no definido.]** para valorizar la potencia instalada.

(i) Con los dos generadores operando un 80% del tiempo, la energía generada en un año alcanza a 16.819 MW, esta energía se valoriza al precio nudo promedio de la energía para la zona de Concepción de 46.237 \$/kWh **[¡Error! Marcador no definido.]**.

(j) De acuerdo a la propuesta de OWS, la planta de digestión generará un total de 64.255 toneladas de digestato anualmente. El digestato puede valorizarse como abono de características similares al humus o como material para compostaje. El precio de mercado para el humus tiene una gran dispersión, desde aproximadamente \$20 hasta más de \$1.000 el kg y su uso tiene una elevada variación estacional. El proyecto no considera espacio de acopio para este material por lo que lo que debe ser removido rápidamente, incluyendo la opción de entrega a terceros sin costo. Se considerará además que cualquier excedente será dispuesto en el relleno sanitario. Debido a lo anterior se considerará el valor más bajo conocido (20 \$/kg o 19.800 US\$/ton) para valorizar el potencial económico de este material.

(k) Para todos los cálculos se ha asumido un tipo de cambio peso-dólar de referencia de 470 CLP/USD.

4.3.4 INFRAESTRUCTURA FÍSICA

Los elementos de infraestructura necesarios para la ejecución del proyecto se detallan a continuación.

Equipamiento

- La Unidad de digestión anaeróbica. Compuesto principalmente por dos digestores DRANCO-FARM, sus correspondientes unidades de dosificación de sustrato y de extracción de digestato. Esta unidad será provista por OWS, los detalles pueden encontrarse en el Anexo D.
- La unidad de desaguado. Compuesta por unidades de mezclado, prensas de tornillo, bombas y un tanque de almacenamiento de agua. Esta unidad será provista por OWS, los detalles pueden encontrarse en el Anexo D.

- Una unidad de tratamiento y valorización del biogás. Compuesto por un acumulador de gas de 810 m³, una antorcha y dos generadores eléctricos de 1200 MW cada uno. Esta unidad será provista por OWS, los detalles pueden encontrarse en el Anexo D.
- Una sala de control. Incluyendo todo el equipamiento de operación y control de la planta de digestión y las unidades de desaguado y valorización. Esta unidad será provista por OWS, los detalles pueden encontrarse en el Anexo D.

Superficie requerida

De acuerdo a la propuesta de OWS, una superficie de 55 por 77 metros cuadrados es requerida para la instalación de la planta de digestión anaeróbica. En el Anexo D se presenta la propuesta de disposición física de los equipos propuesta por OWS.

En el relleno sanitario de Copiulemu se han identificado cuatro áreas en las cuales es posible establecer nuevos equipamientos o edificaciones. Estas áreas se identifican en la figura que se presenta a continuación.



Figura 11. Fotografía aérea del relleno sanitario de Copiulemu en el que se identifican las áreas disponibles para desarrollo.

Se identificó como el sector más adecuado, para la instalación de la planta de digestión, el área de 1 hectárea a la izquierda de la figura.

Líneas de Transmisión

Copiulemu es alimentado por una línea de transmisión de media tensión de 15 kV, propiedad de la empresa de transmisión Transelec. Esta línea es adecuada para la conexión de un punto de generación como el proyectado. Un transformador eléctrico adecuado es necesario para realizar esta conexión.

4.3.5 PERSONAL DE OPERACIÓN

La planta de digestión anaeróbica opera de forma automática 7 días a la semana y 24 horas al día. La operación normal de la planta puede ser efectuada por 1 operador. Se considerará entonces la necesidad de 4 operarios con formación técnica, para cumplir 3 turnos diarios. Además se considerará la necesidad de un supervisor con formación de ingeniero, esta función puede ser asumida por el personal actualmente existente en Copiulemu.

4.3.6 CONTROLES A REALIZAR

Se consideran como fundamentales para el normal funcionamiento de la planta los siguientes controles:

Control físico químico del lodo. Parámetros como el contenido de agua, la relación carbono/nitrógeno, la cantidad de sólidos volátiles y el nivel de contaminantes son fundamentales para determinar la cantidad de biogás que puede generarse a partir de una determinada cantidad inicial de lodo. Así también esta información es necesaria para determinar qué tipo de medidas correctivas deben tomarse para asegurar un proceso de digestión anaeróbica óptima. Si el lodo proviene siempre de una misma planta de tratamiento estos valores son bastante estables, pero esto no elimina la necesidad de verificación periódica, afortunadamente las plantas de tratamiento realizan este análisis para controlar sus propios procesos por lo que la información estará siempre disponible. Un detalle con los parámetros relevantes se incluye en el Anexo F.

Control de calidad del biogás. Conocer el porcentaje de metano y el tipo y concentración de contaminantes en el biogás producido, es necesario para asegurar que el proceso de digestión anaeróbica se realiza correctamente, además estos parámetros son claves para determinar la eficiencia energética del proceso y para asegurar el apropiado funcionamiento de los generadores eléctricos

Control físico químico del digestato. Conocer la concentración de nutrientes tales como fósforo y potasio, la cantidad de materia orgánica y el nivel de patógenos presentes en el digestato es fundamental para la correcta valorización económica de éste como fertilizante. Si el lodo tratado en la planta proviene siempre de las mismas fuentes y el proceso de digestión funciona correctamente, las características del digestato no debieran cambiar por lo que los controles pueden espaciarse en el tiempo.

Monitoreo del estado de los generadores. El biogás, aparte de metano y dióxido de carbono, contiene un sinnúmero de otros elementos. Algunos de estos contaminantes, aún en pequeñas concentraciones pueden acortar drásticamente la vida útil de un generador. Para evitar que esto ocurra se realizan análisis periódicos del aceite de lubricación del generador y se programan las mantenciones en función de los resultados de estos análisis.

Control de calidad de la energía eléctrica generada. Se debe asegurar el correcto nivel de voltaje y potencia inyectado a la red eléctrica debido a que se aplican multas a

las generadoras que no cumplen con las normativas. Afortunadamente los sistemas de monitoreo y control de los equipos de generación modernos realizan esta tarea de forma continua, realizando acciones correctivas y ejecutando alarmas en caso necesario.

4.4 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

Las principales actividades de necesarias para la implementación física del proyecto se detallan a continuación en una carta Gantt. El proyecto puede tomar ventaja de realizar actividades en paralelo a la importación de equipos y a la construcción de la planta. Entre estos, la tramitación de los permisos ambientales. De acuerdo a la propuesta de OWS deben considerarse 6 meses de marcha blanca para la planta antes de iniciar las operaciones regulares.

Actividad \ Meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Afinamiento de la propuesta OWS	■	■																	
Firma de contrato con OWS			*																
Importación de equipos			■	■	■	■	■												
Obras civiles				■	■	■	■												
Construcción de la planta								■	■	■	■	■							
Marcha blanca													■	■	■	■	■	■	
Inicio de operaciones regulares																			*
Tramitación de permisos ambientales	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■							
Tramitación de permisos eléctricos												■	■	■	■				
Estructurar acuerdos con Sanitarias	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■							

Tabla 8. Carta Gantt para la fase inicial del proyecto desde la firma de contratos hasta el inicio de operaciones regulares.

4.5 EVALUACIÓN ECONÓMICA

En esta sección se presenta una evaluación económica para el proyecto discutido en este trabajo. Junto con la evaluación económica se presentarán y justificarán los principales supuestos sobre los cuales se construye esta evaluación.

4.5.1 SUPUESTOS

- El fondo de inversiones de Reinvent busca retornos de capital del orden de 25% anual, en períodos de inversión de no más de 5 años. La tasa de retorno a utilizar será entonces 25% y se considerará la venta total del proyecto como estrategia de salida al terminar el quinto año de operaciones.
- Reinvent privilegia el uso exclusivo de capital propio para el financiamiento de sus proyectos. Sin embargo para proyectos interesantes, pero que no alcancen el retorno esperado por Reinvent, se estudian opciones de endeudamiento bancario que no superen el 30% del total la inversión necesaria.
- Aunque es de esperar que los ingresos por concepto de gestión de lodos aumenten con el tiempo, estos se considerarán fijos para todo el período de

evaluación debido a que no existe claridad con respecto a la evolución de este ingreso y al elevado poder de negociación que actualmente tienen las empresas sanitarias.

- El precio de la energía eléctrica en Chile ha aumentado un promedio de 7,5U\$/MWh durante los últimos 10 años²⁶, se considerará por lo tanto este mismo aumento anual para el precio de la energía en el período de evaluación.
- De forma similar, el precio de la potencia eléctrica en Chile ha aumentado 450 U\$/MW-mes durante los últimos 10 años²⁶ por lo que se considerara que este aumento anual se mantiene durante el período de evaluación.
- Siguiendo la lógica expuesta en la sección 4.3.3, se considerará un valor conservador 20 pesos/kg para los ingresos por venta de digestato.
- No se considerarán ingresos por concepto de venta de Bonos de Carbono, esto debido a que la calificación para proyectos beneficiarios en el mercado original de bonos de carbono está actualmente cerrada y a que el mercado secundario de bonos de carbono no se considera un mercado maduro.
- De acuerdo con OWS la vida útil típica para una planta de estas características es de 20 años. Se considerará por lo tanto una depreciación lineal a 20 años con valor residual cero.
- El valor residual del proyecto se calculará asumiendo una anualidad a 15 años descontada a una tasa de 10%, tasa que se considera estándar para proyectos de generación eléctrica (13).
- Durante el primer año de operaciones sólo se considerarán 6 meses de ingresos (correspondientes a la marcha blanca) con un factor de planta del 50%.
- El capital de trabajo se asumirá como equivalente a 6 meses de gastos para el primer año y 2 meses de gastos para los años posteriores.

4.5.2 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA

La Tabla 9 presenta el flujo de caja asociado a la evaluación económica del proyecto bajo las condiciones expuestas previamente.

²⁶ Fuente: recopilado desde los boletines de la Comisión Nacional de Energía

Año	0	1	2	3	4	5
Venta de energía		515,088	1,774,426	1,900,570	2,026,714	2,152,858
Potencia instalada		91,044	301,709	312,077	322,445	332,813
Gestión de residuos		842,600	1,685,200	1,685,200	1,685,200	1,685,200
Venta de digestato		1,350,000	2,700,000	2,700,000	2,700,000	2,700,000
Bonos de carbono		0	0	0	0	0
Total de Ingresos		2,798,732	6,461,334	6,597,846	6,734,358	6,870,870
Insumos		-2,825,325	-2,825,325	-2,825,325	-2,825,325	-2,825,325
Energía		-166,600	-358,700	-384,200	-409,700	-435,200
Potencia instalada		-60,696	-125,712	-130,032	-134,352	-138,672
Mantenimiento		12,500	25,000	25,000	25,000	25,000
Salarios		-142,979	-142,979	-142,979	-142,979	-142,979
Total de costos		-3,183,100	-3,427,716	-3,457,536	-3,487,356	-3,517,176
GAV						
Depreciación		-913,271	-913,271	-913,271	-913,271	-913,271
Perdidas Ejercicio Anterior			-384,368	0	0	0
Utilidad antes de Impuestos	0	-1,297,639	1,735,980	2,227,040	2,333,732	2,440,424
Impuestos (20%)		0	-347,196	-445,408	-466,746	-488,085
Utilidad después de Impuestos	0	-1,297,639	1,388,784	1,781,632	1,866,985	1,952,339
Depreciación		913,271	913,271	913,271	913,271	913,271
Perdidas Ejercicio Anterior		0	384,368	0	0	0
Ganancia/Pérdida de Capital						
Flujo de Caja Operacional	0	-384,368	2,686,423	2,694,903	2,780,256	2,865,610
Inversión	-18,265,421					
Valor residual						21,758,255
Capital de trabajo	-1,591,550	-530,517	-571,286	-576,256	-581,226	-586,196
Recuperación de capital de trabajo		1,591,550	530,517	571,286	576,256	581,226
Cambio en el Capital de trabajo	-1,591,550	1,061,033	-40,769	-4,970	-4,970	-4,970
Prestamos						
Amortizaciones						
Flujo de Caja	-19,856,971	676,666	2,645,653	2,689,933	2,775,286	24,618,895

Tabla 9. Flujo de caja del proyecto. Valores en dólares. Nota: se utiliza coma (“,”) como separador de miles.

De acuerdo a este flujo de caja, el valor presente neto del proyecto utilizando una tasa de descuento de 25% es de U\$ -7.041.297. Por otro lado, la Tasa Interna de Retorno es de 13%.

4.5.3 OPCIONES DE FINANCIAMIENTO

Dado que la tasa interna de retorno no alcanza el valor requerido de 25%, se estudiará si una opción aceptable de endeudamiento bancario permite obtener el retorno esperado para el capital propio. Para ello utilizaremos el concepto de Promedio Ponderado de Costo de Capital (wacc), el que se define como:

$$wacc = r * (1 - x) + t_b * x * (1 - tax)$$

En que:

r es tasa de retorno esperado para el capital propio.

t_b es el interés bancario, típicamente 6%.

Tax es la tasa de impuestos igual a 20% en Chile, y

x es la fracción de la inversión que se financia con deuda.

Igualando el $wacc$ a la Tasa Interna de Retorno previamente obtenida para el proyecto, se puede calcular el nivel de endeudamiento que permite un retorno de 25% para el capital propio.

En este caso el nivel de endeudamiento requerido supera el 59% de la inversión, escenario que supera ampliamente el límite de 30% de endeudamiento que Reinvest considera para los proyectos que no pueden financiarse exclusivamente con capital propio.

4.5.4 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Como complemento a la evaluación económica y con el objetivo de evaluar de mejor manera la robustez del proyecto, se investiga que factores tienen mayor impacto sobre los resultados económicos del mismo. Se considera para estos efectos como punto de partida, o caso base, el análisis económico presentado en la sección 4.5.2. Sobre este caso base se estudia el cambio porcentual del valor presente neto del proyecto al modificar, de forma exclusiva, un factor relevante. Se seleccionan como factores relevantes el valor residual asignado al proyecto, el ingreso por concepto de gestión de lodos, el precio de la energía eléctrica y el precio de venta del digestato.

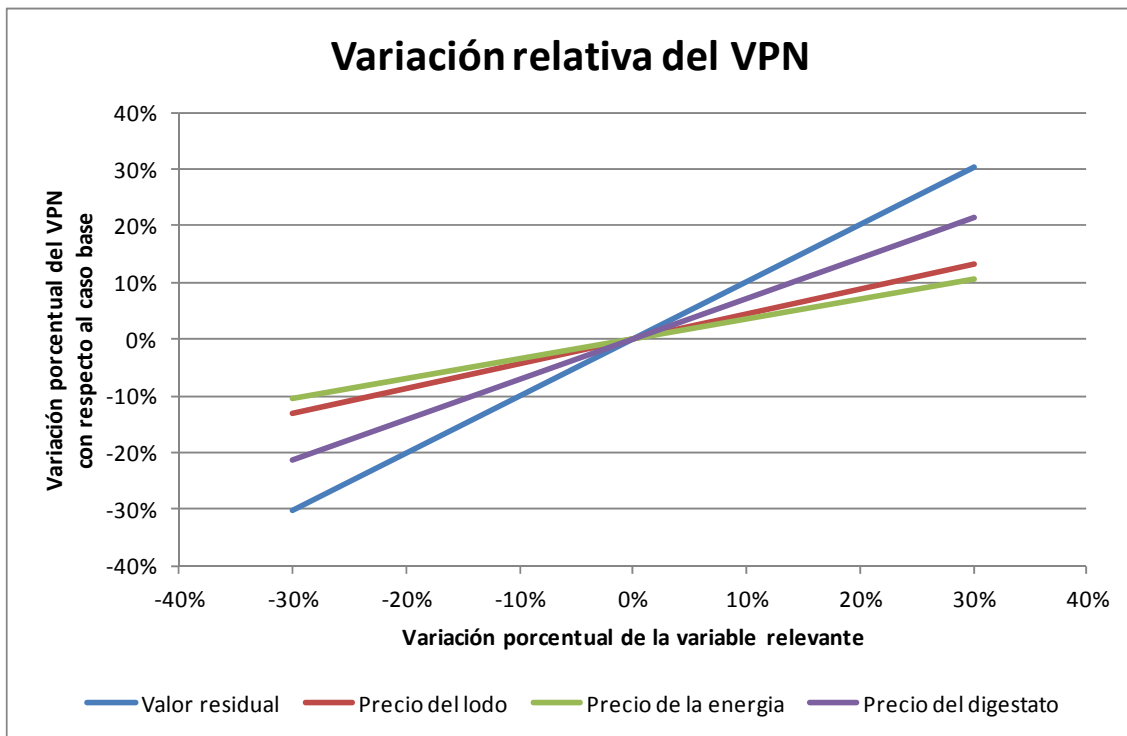


Figura 12. Variación porcentual del VPN con respecto al caso base en función de la variación porcentual de 4 variables relevantes.

La Figura 12 presenta los resultados del análisis efectuado. Se observa, como es de esperar, que el valor residual del proyecto tiene un peso relativo muy elevado sobre el resultado del proyecto. Por otro lado, los resultados económicos del proyecto son bastante estables a variaciones en el precio de la energía o de la gestión de lodos y superados ampliamente por el impacto que tiene el valor de venta del digestato.

Es importante hacer notar, que dentro del rango estudiado, ningún factor permite obtener un valor presente neto positivo para el proyecto a la tasa de descuento de capital requerida por Reinvent.

4.5.5 RESUMEN Y CONCLUSIONES

- Considerando un tasa de descuento de 25% el valor presente neto del proyecto es de U\$ -7.041.297.
- La tasa interna de retorno del proyecto es de 13%.
- Considerando una tasa de interés bancario de 6%, un nivel de endeudamiento del 59% de la inversión es necesaria para obtener un retorno de 25% para el capital propio. Este nivel de endeudamiento se considera inaceptable.
- Los principales factores que afectan el resultado económico son el valor residual del proyecto y el precio de venta del digestato.
- Inesperadamente, el principal ingreso operativo del proyecto no proviene ni de la venta de energía, ni de la gestión de lodos sino que de la venta de digestato. Este resultado eleva la complejidad y los riesgos del proyecto puesto que obliga a participar de una tercera actividad productiva en la cual no se tiene mayor experiencia.
- La rentabilidad del proyecto puede aumentar en el mediano plazo de la mano de un mayor ingreso por concepto de gestión de lodos PTA. Esto puede tomar lugar cuando la nueva Ley general de residuos y la nueva Ley de responsabilidad extendida del productor sean promulgadas. Sin embargo la incertidumbre a este respecto es elevada mientras estos proyectos legislativos no se transformen en ley y se conozcan sus detalles.

5 RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se puede afirmar que en Chile se están gestando condiciones adecuadas para el desarrollo de proyectos de transformación de residuos a energía. El ambiente político e institucional entrega una estabilidad adecuada para las inversiones, la economía crece sostenidamente, la sociedad gana conciencia sobre la problemática ambiental y la legislación está adaptándose para enfrentar los desafíos de gestionar los residuos de manera ambientalmente sustentable y resolver la creciente demanda por energía.

De acuerdo a la revisión de residuos generados en Chile, se identificó a los lodos generados por las empresas sanitarias (lodos PTA), como un residuo con alto potencial para un proyecto de transformación de residuos en energía. Los lodos PTA se generan de forma concentrada, existe una disponibilidad total elevada y una disponibilidad libre del 50% y su valor energético es elevado en comparación con otros residuos.

Por otro lado, la revisión de tecnologías de conversión de residuos en energía muestra que la digestión anaeróbica es una tecnología madura comercialmente, con múltiples plantas operando en el mundo, siendo esta tecnología adecuada para la recuperación de energía desde lodos PTA. La presencia en el país de esta tecnología es muy limitada, lo que obliga a buscar proveedores fuera de nuestras fronteras.

La actual demanda por energía en Chile crea un escenario muy favorable para proyectos de generación. Más aún, existen incentivos para diversificar la matriz de energía con medios renovables no convencionales. Estos incentivos ofrecen muy favorables condiciones de operación, incluyendo la garantía de venta de toda la energía generada para proyectos pequeños (menos de 9MW) que utilicen medios de generación renovable no convencional.

La principal limitante para el éxito económico de un proyecto de transformación de residuos en energía, es el elevado poder que mantienen los entes generadores de residuos. Este poder se afirma, en la mayoría de los casos, en una elevada concentración y en una legislación que aún no es lo suficientemente fuerte. Dicho en términos sencillos, en Chile es aún muy barato disponer los residuos. Los cambios de la legislación en actual gestación (proyectos de ley general de residuos y ley de responsabilidad extendida del productor) debieran controlar el poder de los generadores de residuos.

Reinvent, a través de su empresa asociada Copiulemu, ha detectado la necesidad de gestión para un volumen importante de lodos PTA en la 8ª Región, lo que transforma el favorable macro ambiente en una oportunidad real de negocio. El análisis FODA refuerza esta conclusión gracias a la positiva interacción entre las fortalezas de la empresa (experiencia en la gestión de residuos, infraestructura existente y relaciones ya creadas con empresas sanitarias) y la oportunidad mencionada.

En conjunto con Reinvent se decidió preparar y evaluar un proyecto de conversión de lodos PTA en energía eléctrica, utilizando la tecnología de digestión anaeróbica. Para implementar dicho proyecto se contactó a 14 empresas extranjeras proveedoras de tecnología de digestión anaeróbica. Solo 7 empresas respondieron al requerimiento inicial de propuestas y solo 1, la empresa Belga OWS, continuó su contacto hasta la presentación de una oferta presupuestaria.

La evaluación económica del proyecto entrega un valor presente neto de US\$ -7,041,297 al utilizarse la tasa de descuento de 25% requerida por Reinvent. Por su parte, la tasa interna de retorno del proyecto alcanza el valor de 13%. La opción endeudamiento bancario se descarta ya que obligaría a un nivel de endeudamiento cercano al 60% para obtener el retorno requerido para el capital propio.

Inesperada e indeseadamente, la evaluación económica muestra una fundamental dependencia del proyecto con la venta del digestato o material digerido por la planta y que es el residuo del proceso de digestión anaeróbica. Este resultado eleva la complejidad del proyecto, obligando participar de un tercer mercado en el cual no se posee mayor experiencia.

En el mediano plazo, cuando la nueva Ley general de residuos y la nueva Ley de responsabilidad extendida del productor sean promulgadas, existe la posibilidad de que el proyecto aumente su rentabilidad de la mano de un mayor ingreso por concepto de gestión de lodos PTA. El verdadero impacto solo podrá evaluarse correctamente una vez estos proyectos legislativos se transformen en ley y se conozcan sus detalles.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Ministerio de Energía del Gobierno de Chile.** *Antecedentes sobre la matriz energética en Chile y sus desafíos a futuro.* 2011.
2. **Comisión Nacional del Medio Ambiente.** *Primer reporte del manejo de residuos sólidos en Chile.* 2010.
3. —. *Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos.* 2005.
4. **Estevez, Paula.** *Waste-To- Energy as a key component of integrated solid waste management for Santiago, Chile: a cost-benefit analysis.* s.l. : Columbia University, 2006.
5. **International Energy Agency.** *Key World Energy Statistics.* 2009.
6. **Ministerio de Energía del Gobierno de Chile.** *Balance Nacional de Energía 2008.* 2009.
7. **Comisión Chilena del Cobre.** *Anuario de estadísticas del cobre y otros minerales.* 2011.
8. **Organization for Economic Cooperation and Development.** *Environmental Performance Review - Chile .* 2005.
9. **Ministerio del Medio Ambiente del Gobierno de Chile.** *OECD Evaluación de Desempeño Ambiental Chile 2005, Evaluación de Medio Termino 2011.* 2011.
10. **Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.** *Decreto Supremo N° 244.* 2005 .
11. **Alexander Pigneur, Osterwalder Yves.** *Business Model Generation.* Hoboken, New Jersey. : John Wiley & Sons, Inc., 2010.
12. **Comisión Nacional de Energía.** *Decreto de Precios de Nudo Promedio N° 82 de 2012.* s.l. : Diario Oficial de la República de Chile, 27 de Septiembre de 2012.
13. **Carrasco, Nicolás.** *Caracterización de una planta termo solar de colectores parabólicos para generación de energía eléctrica.* s.l.: Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Eléctrica., 2009.
14. *An overview of the global waste-to-energy industry.* **Themelis, Nickolas.** Julio de 2003, Waste Management World, Vols. 2003-2004 Review Issue, págs. 40-47.
15. *Energy from Waste Statistics, State-of-the-Art-Report, 5th Edition.* **International Solid Waste Association.** Agosto de 2006.
16. *2010 Directory of Waste-to-Energy Plants in the United States.* **Energy Recovery Council.** 2011.
17. *Publicación 862.* **Confederation of European Waste-to-Energy Plants.** 2009.

18. **Comisión Nacional de Energía - GTZ.** *Identificación y clasificación de los distintos tipos de biomasa disponibles en Chile para la generación de biogás.* 2007.

ANEXO A. REVISIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN CHILE

En esta sección se analizará qué tipos de residuos se disponen en Chile y su disponibilidad. Posteriormente se evaluará su potencialidad como fuente para conversión a energía.

Según definiciones extraídas de la CONAMA existen distintos tipos de residuos dependiendo del peligro para el medio ambiente y de su origen, y es importante aclarar ciertos conceptos.

Residuo: sustancia u objeto que: (i) se elimina o valoriza, (ii) está destinado a ser eliminado o valorizado, o (iii) debe, por las disposiciones de la legislación nacional, ser eliminado o valorizado.

Eliminación: cualquier acción asociada al tratamiento final cuyo objetivo es tratar o disponer un residuo sin aprovechar sus materiales y/o valor energético.

Valorización: conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar un producto, uno o varios de los materiales que lo componen y/o el poder calorífico del mismo.

Residuo Peligroso: residuo o mezcla de residuos que presenta un riesgo para la salud humana y/o al medio ambiente, ya sea directamente o debido a su manejo actual o previsto, como consecuencia de presentar alguna característica de peligrosidad. Aquí se incluyen residuos líquidos como el aceite.

Residuo No Peligroso: residuo o mezcla de residuos que no presentan ninguna característica de peligrosidad y genera o puede generar alguna reacción física, química y/o biológica.

Residuos Sólidos Municipales: residuos generados en los hogares y sus asimilables, como los residuos generados en vías públicas, el comercio, oficinas, edificios e instituciones tales como escuelas entre otros. Estos residuos son considerados no peligrosos.

RESIDUOS INDUSTRIALES: RESIDUOS GENERADOS EN GRANDES INDUSTRIAS.

Hasta el año 2009 se generaban casi 17 millones de toneladas de residuos sólidos al año, teniendo un crecimiento del 42% en la última década. Este total se compone de residuos industriales (10,4 millones de toneladas) y de residuos municipales (6,5 millones de toneladas). Sin embargo, dentro de estas dos clasificaciones, son los industriales los que componen el mayor crecimiento (alrededor de un 53%). Mientras el PIB de Chile siga creciendo esta cifra lo hará también.

A continuación iremos describiendo la disponibilidad de los distintos tipos de residuos.

RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

El año 2009 se generaron 6,5 millones de toneladas de este tipo de residuo. El crecimiento anual de la última década fue de 2,3%, tendencia que debería continuar,

según crece nuestro PIB. Del monto total generado se estima que un 95% es recolectado en vertederos o rellenos sanitarios. En otras palabras, 330.000 toneladas de basura anuales se disponen en basurales o sitios nos autorizados. Importante es señalar que la tasa de recolección aumentó en un 36% la última década, lo que hace que cada año los residuos con destino desconocido disminuyan.

La composición promedio de Chile de residuos municipales se compone de los siguientes materiales.

Tipo de residuo	Fracción del peso total %
Papeles & Cartones	12,4
Textiles	2,0
Plásticos	9,4
Vidrios	6,6
Metales	2,3
Materia Orgánica	53,3
Otros	14,0

Tabla 10. Composición promedio de los residuos municipales en Chile.

Según las tendencias la materia orgánica ha tendido a disminuir los últimos años llegando a 53% en promedio. El papel y el cartón muestran una tendencia a la disminución, sin embargo el plástico muestra una tendencia al aumento.

De acuerdo a la composición de los residuos en promedio la basura de Chile tendría un poder calorífico de 8.490 Kj/Kg (4), sin embargo este dato tendería a variar significativamente en la comuna o región que se evalúe.

Adicionalmente sólo 1% del total de la basura generada se recicla, usa en compostaje o incinera. El reciclaje tenderá a aumentar cuando no existan formas alternativas de deshacerse de la basura, es decir, que el costo de disponer en rellenos sanitarios vaya en aumento.

RESIDUOS INDUSTRIALES

Chile ha experimentado un crecimiento económico importante desde los años noventa a la fecha lo que ha impactado en la generación de residuos industriales según la actividad económica.

Hasta el año 2009 se producían 10,4 toneladas de residuos industriales, con un crecimiento anual de 4,8%. Estas toneladas se distribuyen por sector económico como se muestra en la siguiente tabla:

Sector	Generación de RSI (millones toneladas)	Porcentaje
Agrícola y forestal	1.56	15
Minería y cantera	0.63	6
Industria manufacturera	1.83	18
Producción de energía	0.47	5
Purificación y distribución de agua	0.08	1
Construcción	5.82	56

Tabla 11. Generación de residuos sólidos industriales en el año 2009, desagregados por sector económico

RESIDUOS INDUSTRIALES CON POTENCIAL DE BIOGÁS

Una de las áreas donde se considera mayor potencial es en los residuos orgánicos con los que se genera biogás. Dentro de esta clasificación se consideran los con mayor potencialidad que son estiércol avícola, estiércol de porcino, y lodos.

Como se observa en la siguiente tabla, la primera columna muestra la disponibilidad total en toneladas por año, es significa la producción de este tipo de residuo. Sin embargo, esta generación puede ser difícil de recolectar, o bien tiene muchos usos alternativos. En el caso que sea concentrada es que se genera en pocos lugares y en grandes cantidades. El ejemplo más claro es el estiércol porcino o avícola que pertenecen a empresas oligopólicas en Chile cuya producción es en masa y en espacios muy reducidos, por ello el estiércol se recolecta fácilmente. El caso disperso es cuando el residuo se genera en muchos lugares y es difícil de recolectar por ello, como es en cultivos de temporada. La disponibilidad libre es el reflejo de los usos alternativos, por ejemplo el estiércol vacuno es ampliamente usado como abono de tierras, por ello no habría bajo nivel de disponibilidad. Por ello, al evaluar la potencialidad de un residuo se debe analizar cuán fácil es su recolección, su disponibilidad y finalmente su poder calorífico.

Residuo	Disponibilidad Total tpa	Usos alternativas	Disp libre %	Logística inversa / dispersión	Metano disponible m ³ /año	Poder calorífico KJ/ton
Riles	147.195		60%	Dispersa	7.750	1.894
Cultivos de temporada	2.835.134	alimentación animal	25%	Dispersa	58.169	738
Agro Frutos y Verduras	876.000	combustible, compostaje	40%	Agrupada	15.639	642
Estiércol Vacuno	550.223	Abono	25%	Agrupada	33.013	2.158
Aguas Residuales Urbanas	513.190		20%	Agrupada	10.244	718
Lodos PTA (lodo seco)	416.000	compostaje, vertederos	50%	Concentrada	68.135	5.891
Procesos residuales vino	49.218	aceite pepa de uva, ácido tartárico, alcohol	20%	Concentrada	16.234	11.863
Estiércol Avícola	800.454	Fertilizante	sin info	Concentrada	351.261	15.783
Estiércol Porcino	481.730		50%	Concentrada	108.956	8.135

Tabla 12. Cuadro resumen de residuos con potencial de biogás. Se considera el poder calorífico del metano como 8.596 Kcal/m³.

ACEITES USADOS

Se definen como aceites usados todos aquellos con base mineral o sintética cuya función es lubricar, los cuales se hayan vuelto inadecuados para cumplir su función. Están incluidos los aceites de motores de automóviles, cajas de cambios, transmisores, barcos y aviones. Se excluyen los aceites de origen vegetal y grasas.

En Chile se venden 130.300m³ de aceites al año. De estos un 60% es utilizado por el parque automotriz, 32% son aceites industriales, 4% a grasas, y 4% al área marina.

De estos aceites se estima que un 50% se pierde en combustión de motores o fugas, quedando 65.000m³, de éstos un 72% es eliminado en instalaciones autorizadas y el resto es dispuesto en destinos desconocidos. Del porcentaje que es recolectado es utilizado es diversas industrias: hornos industriales, diesel marino, regeneración y explosivos. Dada esta situación, y a pesar del alto poder calorífico del aceite 40.000KJ/m³, no existe disponibilidad de este residuo actualmente para ser utilizado en valorización energética, o bien ya lo están utilizando actualmente como combustible alternativo.

NEUMÁTICOS

Actualmente en Chile se disponen al año 42.000 toneladas de neumáticos. Estos consideran vehículos livianos, transporte público, vehículos de carga y vehículos agrícolas. Adicionalmente se generan 12.000 toneladas anuales que desecha la industria minera. Estos dos tipos de neumáticos se distinguen debido al tamaño y su manipulación posterior para reutilización²⁷.

Si bien, 2000 toneladas se utilizan en hornos cementeros como combustibles secundarios y 1500 tienen usos como estabilización de laderas de rellenos y usos agrícolas, un 90% de estos se disponen en lugares desconocidos.

Esto claramente genera un problema para el país ya que los neumáticos son difíciles de disponer por el gran volumen que poseen, y más aún ya que en Chile no existe normativa para el tratamiento de estos. En temas de reciclaje hay pocas iniciativas, o bien éstas están en períodos muy iniciales, como el uso en canchas deportivas o como material para asfalto. Por otra parte, los neumáticos poseen un poder calorífico de 33.000KJ/ton lo que hace atractivo pensar en una alternativa energética en este aspecto. Respecto de su recolección la gran mayoría lo posee los talleres mecánicos, sin embargo, cualquier evaluación al respecto debe considerar que este desafío.

²⁷ Debido al gran tamaño los neumáticos mineros se apilan y no pueden aún ser reutilizados o revalorizados energéticamente.

ANEXO B. TECNOLOGÍAS DE CONVERSIÓN DE RESIDUOS EN ENERGÍA

TECNOLOGÍAS TÉRMICAS: INCINERACIÓN

La incineración directa de basura municipal, es la tecnología de conversión de residuos a energía más antigua y cuyo uso está más extendido. Esto es así hasta tal punto, que en muchos casos “incineración” y “transformación de residuos en energía” son considerados sinónimos. La incineración consiste básicamente en la quema de material en un horno especialmente diseñado y en la recuperación de energía mediante la generación directa de electricidad (mediante la generación de vapor) y/o calor para aplicaciones industriales o para calefacción en hogares. Además, en muchas de las aplicaciones prácticas, se recuperan metales para reciclado desde las cenizas de la combustión. Los incineradores pueden manejar grandes volúmenes de basura (30 o más toneladas por hora) y reducen la basura en al menos un 80% en masa y hasta un 95% en volumen (14). La cantidad típica de energía producida por incineración es de unos 500 a 600 KWh (15) por tonelada de basura y la inversión de referencia para la construcción de una planta de incineración es de 100 millones de dólares. Esta tecnología está presente en más de 30 países, 86 plantas estaban en operación en Estados Unidos el año 2010 (16) y más de 400 están operativas en Europa el año 2009 (17). Información detallada de las plantas en Estados Unidos y en Europa está disponible al final de este anexo.



Figura 13. Planta de incineración de Spittelau ubicada en el centro de Vienna, es una de varias plantas que proveen electricidad y calefacción domiciliaria en la capital de Austria.

Existen tres tipos genéricos de incinerador: el incinerador de parrilla fija, el de parrilla móvil y el incinerador de lecho fluidificado.

El incinerador de parrilla fija es el más simple y antiguo y consiste básicamente en una celda de ladrillo (o similar) dentro de la cual se ubica una parrilla de metal sobre la cual se depositan y queman los desechos. Las cenizas caen bajo la parrilla y los gases de la combustión son eliminados mediante una chimenea alta. Este diseño presenta problemas para asegurar una combustión efectiva y uniforme.

El incinerador de parrilla móvil permite el movimiento de la basura a través de la cámara de combustión para permitir una eficiente y completa combustión de la misma. El aire necesario para la combustión es inyectado desde debajo de la parrilla, lo cual permite además mantener controlada la temperatura de ésta. La combustión completa de los gases generados por la basura en la parrilla (segunda combustión) se logra con la inyección de aire a alta presión por sobre la parrilla.

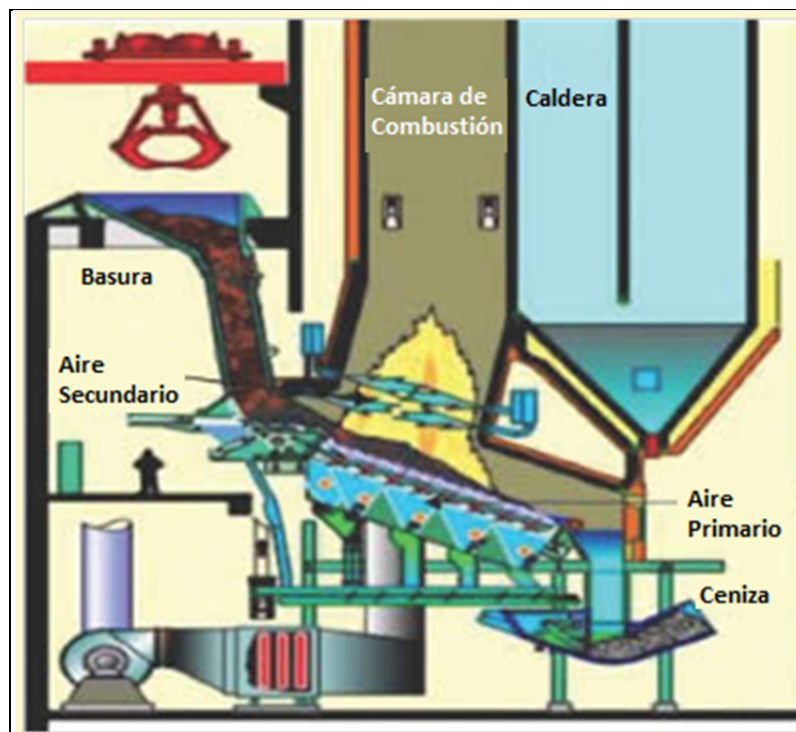


Figura 14. Esquema de una planta de incineración de parrilla móvil.

En los incineradores de lecho fluidificado, un potente flujo de aire es forzado a través de una cama de arena hasta que se alcanza un punto en el cual las partículas de arena se separan para permitir el paso del aire y un nivel de turbulencias adecuado para permitir la mezcla de aire y partículas sólidas. Una vez creada esta "cama fluidificada" se puede introducir la basura al incinerador. La basura se mantiene suspendida sobre el flujo de aire y toma el estado de un fluido, el lecho de arena y desechos es violentamente agitado por el aire, lo que permite una óptima combustión de los desechos.

ARGUMENTOS EN FAVOR DE LA INCINERACIÓN

Una de las mayores complejidades de los incineradores son las emisiones, especialmente de dioxinas y furanos, por su negativo impacto en la salud de las personas. Sin embargo este aspecto ha mejorado notablemente y ha dejado de ser un problema gracias al avance de la tecnología y las restricciones ambientales impuestas por los gobiernos.

En zonas densamente pobladas encontrar nuevos espacios para rellenos sanitarios es un gran problema al cual la incineración ofrece una solución.

La recuperación energética de los residuos es una fuente de energía renovable.

La incineración de residuos médicos y otros residuos peligrosos, ofrece una solución definitiva que elimina la mayoría de los riesgos asociados a estos materiales.

ARGUMENTOS EN CONTRA DE LA INCINERACIÓN

Existen dudas sobre el efecto en la salud de las personas causado por la emisión a la atmosfera de dioxinas y furanos, aun cuando éstos se reduzcan a valores mínimos.

La inversión asociada a la construcción de un incinerador con recuperación de energía es muy alto.

La cantidad efectiva de energía generada no es tan alta debido al gasto energético de los sistemas de eliminación de partículas tóxicas de los gases emitidos.

Con mejores prácticas de reciclado la calidad del combustible proveniente de basura municipal disminuye considerablemente, disminuyendo con ello la eficiencia en la recuperación energética por tonelada de basura tratada.

La disposición final de las cenizas, la cual contiene ciertos elementos tóxicos, no es un problema fácil de solucionar.

TECNOLOGÍAS TÉRMICAS: OTRAS OPCIONES

Diversas tecnologías térmicas se han desarrollado con el objetivo de mejorar la eficiencia del proceso de conversión de residuos en energía. La idea general es utilizar calor, bajo ciertas condiciones especiales, para desintegrar los complejos componentes orgánicos presentes en los residuos y utilizar las cadenas de hidrocarburos resultantes como combustible líquido o gaseoso, el cual puede quemarse a temperaturas más altas y en procesos más controlados, aumentando la eficiencia. La mayoría de estas tecnologías no han alcanzado el nivel de madurez suficiente para ser alternativas viables económicamente, aunque existen plantas piloto para varias de ellas utilizando algún tipo específico de residuo.

GASIFICACIÓN

Mediante una reacción físico-química, a alta temperatura pero sin combustión, se convierte el material orgánico o fósil en gas combustible, el cual se conoce como gas de síntesis o syngas. El syngas contiene (entre otros) hidrogeno, monóxido de carbono y

metano. El syngas puede quemarse directamente o refinarse para aumentar la eficiencia de la combustión. Bajo condiciones especiales también puede licuarse para obtener un combustible líquido similar al diesel. Este proceso es común utilizando carbón o biocombustibles específicos (astillas de madera, maíz u otros).

DESPOLIMERIZACIÓN TÉRMICA

Este proceso es también conocido como termólisis y consiste en la reducción de materiales orgánicos complejos para obtener petróleo crudo, esto es, hidrocarburos de cadena corta (compuestos orgánicos con pocos átomos de carbono). Este proceso se logra bajo condiciones de elevada presión y elevado calor, en un intento por emular al proceso natural de formación de petróleo.

PIROLISIS

Es el proceso de descomposición de material orgánico a alta temperatura y en un ambiente sin oxígeno. La pirolisis es el proceso mediante el cual se hace carbón de madera y puede entenderse como una combustión sin llama. El proceso tiene similitudes con la gasificación y también genera syngas, pero dependiendo del material utilizado también puede producir combustibles líquidos como el diesel. El residuo del proceso es hollín, o carbón en estado de fino polvo, es cual se utiliza entre otros en la fabricación de neumáticos para dar durabilidad y color.

GASIFICACIÓN CON ARCO DE PLASMA

Es una tecnología conocida y utilizada desde hace al menos 20 años. Consiste en la generación de una súper antorcha que se crea al hacer pasar un gas inerte a alta presión a través de un arco eléctrico, esto eleva la temperatura del gas a varios miles de grados Celsius. El contacto del gas a alta temperatura, o plasma, con la basura logra desintegrar esta última en partículas gaseosas de forma instantánea. El syngas producido puede quemarse o refinarse.

La principal desventaja de esta tecnología es que la generación del arco eléctrico consume grandes cantidades de energía, a tal nivel que el balance energético del proceso es nulo o negativo. Otra desventaja es que la efectividad de la antorcha disminuye rápidamente con la distancia, lo cual limita la escalabilidad de las aplicaciones. Investigaciones recientes han explorado la creación de un “plasma frío”, en el cual el gas es calentado a una temperatura inferior a 1.000 C, reduciendo con esto el consumo energético de la antorcha.

La principal ventaja de esta tecnología es que no existe residuo alguno dado que toda la basura es desintegrada y convertida en gas, por esta razón es una alternativa atractiva y frecuentemente utilizada para la destrucción de residuos peligrosos.

Actualmente existe solo una iniciativa de gran escala para utilizar la gasificación con plasma para el tratamiento de basura municipal. Plasco Energy Group en Ottawa, Canada convierte basura municipal en electricidad en una planta piloto que puede

procesar 100 toneladas diarias de basura. Plasco ha invertido alrededor de 270 millones de dólares desde el año 2005 en este desarrollo y cuenta con el subsidio del municipio de Ottawa²⁸.

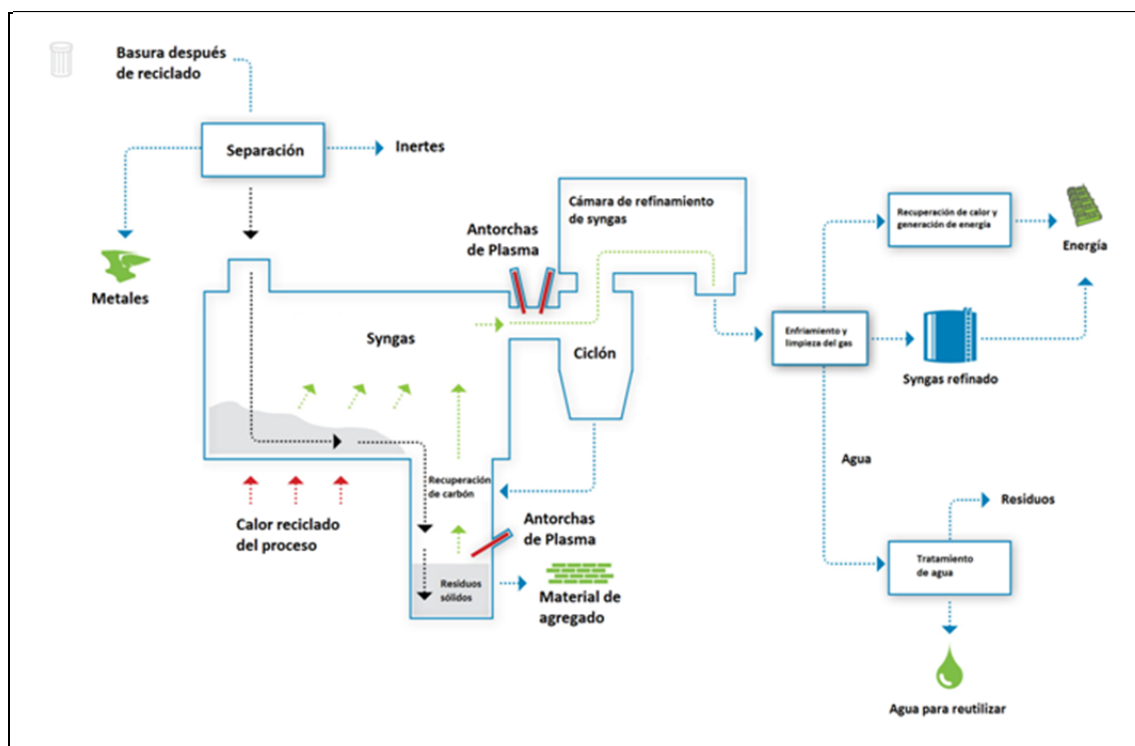


Figura 15. Diagrama esquemático del proceso Plasco.

TECNOLOGÍAS NO TÉRMICAS

DIGESTIÓN ANAERÓBICA

La digestión anaeróbica es la bio-degradación de material orgánico por microorganismos en un ambiente libre de oxígeno. Es un proceso de varias etapas en el cual compuestos orgánicos complejos como polisacáridos, lípidos y proteínas son degradados por enzimas y distintos tipos de bacterias hasta obtener metano y dióxido de carbono. Este proceso produce biogás con un contenido de metano del 50 al 80 % dependiendo del residuo degradado.

La digestión anaeróbica ocurre de manera espontánea en rellenos sanitarios produciendo biogás pero este proceso no es eficiente y una proporción importante del gas generado no puede ser recolectado y escapa a la atmósfera. Para solucionar este y otros problemas distintas empresas han desarrollado técnicas específicas, las que mediante el control de variables del proceso, como temperatura y humedad, buscan maximizar la cantidad de gas generado por volumen de residuo y acelerar el proceso de digestión.

²⁸ <http://www.zerowasteottawa.com/en/>

El residuo del proceso se conoce como “material digerido” o “digestato” y puede utilizarse como fertilizante de alta calidad ya que contiene apropiados niveles de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio y otros y además está libre de parásitos y patógenos. Otra ventaja es que los niveles de nutrientes son conocidos y estables si se mantiene el residuo y el proceso.

Los distintos procesos de digestión anaeróbica pueden ser clasificados en dos tipos dependiendo de la cantidad de agua presente en el sustrato a digerir: seca y húmeda. La digestión seca tiene menores costos de operación y produce más gas por unidad de residuo, pero la inversión inicial es usualmente menor en el caso de digestión húmeda. Muchas compañías ofrecen ahora lo que denominan digestión semi-seca, esta presenta ventajas sobre las otras dos ya que se utiliza una cantidad de agua reducida, la cual es usualmente reciclada y se evita el uso de agitadores o piezas móviles en las plantas de digestión, elementos que son comunes a la digestión seca y húmeda y que aumentan los costos de mantención.

En función de la temperatura del proceso, la digestión anaeróbica puede ser mesofílica o termofílica. En el primer caso la digestión ocurre a una temperatura entre 25 C y 35 C, en el segundo a más de 50 C. Los procesos termofílicos producen más gas y más rápido y tienen una eficiencia mayor en la eliminación de patógenos, pero requieren inversiones iniciales mayores, mayores costos de operación debido a la energía utilizada para calefaccionar los sistemas y son más complejas de manejar²⁹.

La digestión anaeróbica es un proceso bien estudiado y múltiples empresas ofrecen aplicaciones de variada escala, capaces de procesar desde pequeñas cantidades de residuos hasta miles de toneladas al año y con capacidad de generar energía desde unos pocos kilowatts hasta varios mega watts. Los montos de inversión por lo tanto, varían ampliamente dependiendo del proveedor, del proceso y de la escala de la planta.

FERMENTACIÓN

La fermentación es el proceso de extracción de energía mediante la oxidación de compuestos orgánicos tales como carbohidratos. La fermentación puede ocurrir en ambientes anaerobios o en presencia de oxígeno, es llevada a cabo por bacterias, hongos o levaduras y produce principalmente etanol, ácido láctico, lactosa o hidrógeno, aunque puede producir muchos otros compuestos dependiendo del proceso específico y de las condiciones en las cuales éste se desarrolle.

La fermentación es el proceso natural de formación de alcohol y es utilizado ampliamente en la industria vitivinícola, también es el proceso mediante el cual se fabrica etanol desde cultivos de alto contenido de carbohidratos tales como el maíz. Aun cuando teóricamente puede ser utilizado para la conversión de residuos en energía las aplicaciones no son comunes dado que el contenido de azúcares en el sustrato a fermentar debe ser alto, una condición difícil de obtener. El tratamiento de aguas residuales urbanas mediante fermentación existe como proceso industrial, pero

²⁹ <http://www.biogas-info.co.uk/>

presenta desventajas técnicas frente a otras alternativas como la depuración con lodos activados.

Durante la fase de investigación de tecnologías de este trabajo no fue posible encontrar ningún ejemplo de gran escala o proveedor que utilizara la fermentación para la transformación de residuos en energía.

COMBUSTIBLE DERIVADO DE RESIDUOS

Es un caso especial de plantas de procesamiento de basura que incluyen un pre proceso de clasificación para recuperar sólo los materiales combustibles desde la basura domiciliaria. Usualmente se aprovecha el proceso de clasificación, el cual requiere una inversión elevada, para rescatar todos los elementos reciclables o reutilizables presentes en la basura. Una vez realizada la clasificación y el rescate de materiales reciclables, el material restante es secado y triturado y para ser utilizado como combustible en calderas. El combustible obtenido, "RDF" o "refuse", puede ser utilizado como combustible exclusivo o bien como combustible secundario mezclado con carbón, madera u otro combustible sólido. Muchas plantas modernas de incineración realizan este pre-proceso de la basura en lugar de incinerarla directamente. De esta forma se logra una combustión más eficiente, se reduce combustión de materiales tóxicos y se evita la combustión de materiales reciclables.

PLANTAS DE INCINERACIÓN DE RESIDUOS DOMICILIARIOS EN EUROPA

Información sobre plantas de incineración con recuperación energética en Europa. Fuente Confederation of European Waste-to-Energy Plants, www.cewep.eu, catastro 2009.

País	Número de plantas	Basura tratada (millones de ton anuales)
Reino Unido	23	3,40
Portugal	3	1,10
España	10	2,20
Francia	130	13,70
Italia	49	4,50
Suiza	28	3,60
Luxemburgo	1	0,10
Bélgica	16	2,80
Holanda	12	6,30
Alemania	70	19,10
Polonia	1	0,04
República Checa	30	0,40
Austria	14	2,20
Eslovenia	1	0,01
Eslovaquia	2	0,20
Hungría	1	0,40
Dinamarca	31	3,50
Noruega	20	1,00
Suecia	31	4,70
Finlandia	3	0,30

PLANTAS DE INCINERACIÓN DE RESIDUOS DOMICILIARIOS EN EEUU

Información sobre plantas de incineración con recuperación de energía en Estados Unidos de Norteamérica. Fuente Energy Recovery Council, 2010 Directory of Waste-to-Energy Plants in the United States.

Estado	Número de Plantas	Basura tratada (Toneladas por día)	Energía producida MW
AK	1	10	0,2
AL	1	690	NA
CA	3	2.540	69,5
CT	6	6.537	194,0
FL	11	18.756	530,4
HI	1	1.851	58,6
IA	1	175	10,0
IN	1	2.175	NA
MA	7	9.450	265,9
MD	3	4.410	123,0
ME	4	2.800	65,3
MI	3	4.125	89,7
MN	9	4.418	132,4
NC	1	500	10,5
NH	2	700	18,5
NJ	5	6.373	176,5
NY	10	11.269	308,8
OK	1	1.125	16,8
OR	1	550	13,1
PA	6	9.408	276,2
UT	1	420	1,6
VA	5	6.415	212,5
WA	1	800	26,0
WI	2	500	32,3
Total	86	95.997	2.631,8

ANEXO C: MATRIZ RESIDUO-TECNOLOGÍA

Se presenta aquí una tabla que resume la investigación sobre los residuos generados en Chile junto con las tecnologías más adecuadas para su conversión a energía. La tabla está dividida en 7 secciones de las cuales las secciones 4 y 5 son las más relevantes para el proyecto descrito en este documento.

Cada columna de la matriz se explica en la siguiente tabla:

Residuo:	Residuo a analizar
Valor Calórico KJ/Kg:	Valor energético del residuo
Disp. Total tapa:	Generación del residuo en Chile
Disponibilidad recolectada tpa:	De lo que se genera cuánto es lo que se recolecta actualmente en toneladas por año
Usos alternativos:	Usos que no sean la disposición en un relleno sanitario
Disp. Libre %:	De lo que se usa hoy en día, cuanto se tiene de este residuo para ser utilizado en otros fines como la valorización energética.
Logística inversa/dispersión:	Esta columna mide cuán solucionado está el tema de la logística inversa. Indica si actualmente está concentrada, agrupada o dispersa la recolección de este residuo, lo que haría más fácil o no su recolección.
Legislación favorable:	Todas las leyes, proyectos de ley, o propuestas de ley que puedan favorecer el tratamiento de los residuos.
Proceso:	Es la tecnología específica aplicada a un residuo
Resultado del proceso:	Es lo que se obtiene del proceso, en la mayoría de los casos es energía, pero en algunos podría ser gas, carbón.
Volumen m ³ /ton:	El gas o combustible líquido que se generara. En algunos casos no aplica
Energía Producida KWh/ton:	La energía producida
Tonelaje mínimo Ton/día:	Lo mínimo con lo que en una planta ejemplo encontrada puede trabajar
Demanda:	Demanda del resultado del proceso en alta, media o baja.
Valor de la energía USD/MWh:	Valor de la energía eléctrica
Nivel de inversión MM USD/MW:	Niveles de inversión
Caso:	Ejemplo encontrado comercial o piloto

MATRIZ RESIDUO-TECNOLOGIA PARTE 1/7

Residuo	Valor Calórico KJ/Kg	Disp Total tpa	Disponibilidad recolectada tpa	Usos alternativos	Disp libre %	Logística inversa / dispersión	Legislación favorable	Proceso
Aceites de Transporte	40.000 KJ/m3	65.150 m3/año	46.800 m3/año	Horno Industrial 58% Marino 15% Regeneración 25% Explosivos 1%	0%	Dispersa	Ley Resp Extendida Productor Ley General de Residuos	Incineración en horno cementero
Aceites de Transporte	40.000 KJ/m3	65.150 m3/año	46.800 m3/año	Horno Industrial 58% Marino 15% Regeneración 25% Explosivos 1%	0%	Dispersa	Ley Resp Extendida Productor Ley General de Residuos	Combustible alternativo
Proceso	Resultado Proceso	Volumen m3/ton	Energía Producida KWh/ton	Tonelaje mínimo ton/día	Demanda	Valor de la energía USD/MWh	Nivel de Inversión MM USD/MW	Caso
Incineración en horno cementero	Cemento	No aplica	No aplica					Planta Comercial: Cemento Melón
Combustible alternativo	Diesel Marino							

MATRIZ RESIDUO-TECNOLOGÍA PARTE 2/7

Residuo	Valor Calórico KJ/Kg	Disp Total tpa	Disp recolectada tpa	Usos alternativos	Disp libre %	Logística inversa / dispersión	Legislación favorable	Proceso
Basura municipal	~7.000-10.000	6.500.000	6.169.882	Reciclaje, compostura, incineración ~1%, basurales ~9%	90%	Agrupada	Ley de Energía Renovable no Convencionales	Incineración masiva
Basura municipal	~7.000-10.000	6.500.000	6.169.882	Reciclaje, compostura, incineración ~1%, basurales ~9%	90%	Agrupada	Ley de Energía Renovable no Convencionales	Arco de plasma (gasificación a altas T°)
Basura municipal	~7.000-10.000	6.500.000	6.169.882	Reciclaje, compostura, incineración ~1%, basurales ~9%	90%	Agrupada	Ley de Energía Renovable no Convencionales	Pirólisis (gasificación a bajas T° y en ausencia total de oxígeno)
Proceso	Resultado Proceso	Volumen m3/ton	Energía Producida KWh/ton	Tonelaje mínimo ton/día	Demanda	Valor de la energía USD/MWh	Nivel de Inversión MM USD/MW	Caso
Incineración masiva	Electricidad y calor	No aplica	500	1200	Alta	86	2, 6 a 3, 2	Planta Comercial: Covanta Energy/ en Honolulu
Arco de plasma (gasificación a altas T°)	Electricidad	No aplica	960	2 a 50	Alta	86	No determinado	Piloto: Plasco Energy Group, planta en Otawa, proceso de 100 ton/día
Pirólisis (gasificación a bajas T° y en ausencia total de oxígeno)	Pygas-electricidad	No aplica	960	275	Alta	86	7, 0	Planta Comercial en Alemania

MATRIZ RESIDUO-TECNOLOGÍA PARTE 3/7

Residuo	Valor Calórico KJ/Kg	Disponibilidad Total tpa	Disponibilidad recolectada tpa	Usos alternativos	Disp libre %	Logística inversa / dispersión	Legislación favorable	Proceso
Basura municipal	~7.000-10.000	6.500.000	6.169.882	Reciclaje, compostura, incineración ~1%, basurales ~9%	90%	Agrupada	Ley de Energía Renovable no Convencionales	Depolimerización térmica
Basura municipal	~7.000-10.000	6.500.000	6.169.882	Reciclaje, compostura, incineración ~1%, basurales ~9%	90%	Agrupada	Ley de Energía Renovable no Convencionales	Gasificación
Basura municipal	~7.000-10.000	6.500.000	6.169.882	Reciclaje, compostura, incineración ~1%, basurales ~9%	90%	Agrupada	Ley de Energía Renovable no Convencionales	Landfilling gas
Basura municipal	~7.000-10.000	6.500.000	6.169.882	Reciclaje, compostura, incineración ~1%, basurales ~9%	90%	Agrupada	Ley de Energía Renovable no Convencionales	Refuse Derived Fuel
Proceso	Resultado Proceso	Volumen m3/ton	Energía Producida KWh/ton	Tonelaje mínimo ton/día	Demanda	Valor de la energía USD/MWh	Nivel de Inversión MM USD/MW	Caso
Depolimerización térmica	Diesel Sintético y otros	0,45	No aplica	100	Alta	0,8239 USD/l	USD30 millones	No hay plantas: empresa Green Power
Gasificación	Syngas, Electricidad y calor	No aplica		100	Alta	86		Planta Comercial en Finlandia, Alemania, UK. Energos
Landfilling gas	Biogas y electricidad	No aplica	120	300	Alta	86	3	Planta Comercial: Uruguay, Relleno Sanitario Las Rosas
Refuse Derived Fuel	Combustible Reculture RDF Refuse Derived Fuel	No aplica	350	1.096	Alta	86	USD134 millones	Firma de acuerdo para Planta Piloto en China

MATRIZ RESIDUO-TECNOLOGÍA PARTE 4/7

Residuo	Valor Calórico KJ/Kg	Disp. Total tpa	Disp. recolectada tpa	Usos alternativos	Disp libre %	Logística inversa / dispersión	Legislación favorable	Proceso
Basura municipal (componente organico)	3000		6.169.882	compostaje	90%	Agrupada	Ley de Energía Renovable no Convencionales	Digestión anaeróbica
Riles	na	147.195			60%	Dispersa	Ley de Energía Renovable no Convencionales	Digestión anaeróbica
Cultivos de temporada	10000	2.835.134		alimentación animal	25%	Dispersa	Ley de Energía Renovable no Convencionales	Digestión anaeróbica
Agro Frutos y Verduras		876.000		combustible, compostaje	40%	Agrupada	Ley de Energía Renovable no Convencionales	Digestión anaeróbica
Estiercol Vacuno	12000 a 14000	550.223		abono	25%	Agrupada	Ley de Energía Renovable no Convencionales	Digestión anaeróbica
Proceso	Resultado Proceso	Volumen m3/ton	Energía Producida KWh/ton	Tonelaje mínimo ton/día	Demanda	Valor de la energía USD/MWh	Nivel de Inversión MM USD/MW	Caso
Digestión anaeróbica	Biogas	27	52		Alta	86		
Digestión anaeróbica	Biogas	325	764		Alta	86		Múltiples plantas comerciales (autoabastecimiento y cogeneración)
Digestión anaeróbica	Biogas	137	311		Alta	86		Múltiples plantas comerciales (autoabastecimiento y cogeneración)
Digestión anaeróbica	Biogas	74	169		Alta	86	2 USD/MW	Múltiples plantas comerciales (autoabastecimiento y cogeneración)
Digestión anaeróbica	Biogas	400	909		Alta	86		Múltiples plantas comerciales (autoabastecimiento y cogeneración)

MATRIZ RESIDUO-TECNOLOGÍA PARTE 5/7

Residuo	Valor Calórico KJ/Kg	Disponibilidad Total tpa	Disponibilidad recolectada tpa	Usos alternativos	Disp libre %	Logística inversa / dispersión	Legislación favorable	Proceso
Aguas Residuales Urbanas	na	513.190	0	0	20%	Agrupada	Ley de Energía Renovable no Convencionales	Digestión anaeróbica
Lodos PTA (lodo seco)	3500	416.000	0	compostaje, vertederos	50%	Concentrada	Ley de Energía Renovable no Convencionales	Digestión anaeróbica
Procesos residuales vino	0	49.218	0	aceite pepa de uva, ácido tartárico, alcohol	20%	Concentrada	Ley de Energía Renovable no Convencionales	Digestión anaeróbica
Estiercol Avícola	3000 a 13000	800.454	0	fertilizante	sin info	Concentrada	Ley de Energía Renovable no Convencionales	Digestión anaeróbica
Estiercol Porcino	14000	481.730	0		50%	Concentrada	Ley de Energía Renovable no Convencionales	Digestión anaeróbica
Proceso	Resultado Proceso	Volumen m3/ton	Energía Producida KWh/ton	Tonelaje mínimo ton/día	Demanda	Valor de la energía USD/MWh	Nivel de Inversión MM USD/MW	Caso
Digestión anaeróbica	Biogas	158	378	0	Alta	86	0	0
Digestión anaeróbica	Biogas	485	775	0	Alta	86	0	0
Digestión anaeróbica	Biogas	700	1644	0	Alta	86	2 USD/MW	0
Digestión anaeróbica	Biogas	780	1590	0	Alta	86	0	Moerdijk, Zeeland, Holanda: 440000 ton/año, 36.5 MW, 190 MMUSD
Digestión anaeróbica	Biogas	384	475	0	Alta	86	0	Agrosuper 30 MMUSD, ~5MW en 5 plantas

MATRIZ RESIDUO-TECNOLOGÍA 6/7

Residuo	Valor Calórico KJ/Kg	Disp. Total tpa	Disp. recolectada tpa	Usos alternativos	Disp libre %	Logística inversa / dispersión	Legislación favorable	Proceso
Neumáticos	33035	-	50000	Reciclaje	90%	Dispersa	Ley Energía Renovables no Conv, Ley Resp Extendida del productor, Ley General de Residuos	Incineración directa
Neumáticos	33035	-	50000	Reciclaje	90%	Dispersa	Ley Energía Renovables no Conv, Ley Resp Extendida del productor, Ley General de Residuos	Incineración en Horno Cementero
Neumáticos	33035	-	50000	Reciclaje	90%	Dispersa	Ley Energía Renovables no Conv, Ley Resp Extendida del productor, Ley General de Residuos	Gasificación
Proceso	Resultado Proceso	Volumen m3/ton	Energía Producida KWh/ton	Tonelaje mínimo ton/día	Demanda	Valor de la energía USD/MWh	Nivel de Inversión MM USD/MW	Caso
Incineración directa	Electricidad y calor	No aplica	2000	0	Alta	85,545	90000 tpa GBP 25M 320,000 tpa US\$142M Costo tratamiento US\$60/ton 150,000 tpa US\$88M Costo tratamiento US\$70/ton 90,000 tpa US\$53M Costo tratamiento US\$80/ton	Elm Energy, Wolverhampton, UK
Incineración en Horno Cementero	Calor, Cemento	No aplica	0	Máximo 20% del carbón	0%	0	> USD1 M	Horno 9 Planta La Calera Cemento Melón
Gasificación	Syngas, Negro de humo (hollin), acero, aceite base y electricidad	-	2800	0	Alta	85,545	Euros 100M	Planta comercial (Finland)

MATRIZ RESIDUO-TECNOLOGÍA PARTE 7/7

Residuo	Valor Calórico KJ/Kg	Disp Total tpa	Disp recolectada tpa	Usos alternativos	Disp libre %	Logística inversa / dispersión	Legislación favorable	Proceso
Neumáticos	33035	-	50000	Reciclaje	90%	Dispersa	Ley de Energía Renovable no Conv, Ley Resp Ext del productor, Ley General de Residuos	Pirólisis (gasificación a bajas T° y en ausencia total de oxígeno)
Neumáticos	33035	-	50000	Reciclaje	90%	Dispersa	Ley de Energía Renovable no Conv, Ley Resp Ext del productor, Ley General de Residuos	Arco de plasma (gasificación a altas T°)
Neumáticos Minería	33035	-	30000	-	0%	Agrupada	Ley de Energía Renovable no Conv, Ley Resp Ext del productor, Ley General de Residuos	Incineración directa
Proceso	Resultado Proceso	Volumen m3/ton	Energía Producida KWh/ton	Tonelaje mínimo ton/día	Demanda	Valor de la energía USD/MWh	Nivel de Inversión MM USD/MW	Caso
Pirólisis (gasificación a bajas T° y en ausencia total de oxígeno)	Metal, Carbon, syngas, electricidad	-	2482	20 tpd	Alta	85,545	USD 131,648M	Plantas piloto (USA, Italia, Canada) Planta comercial en construcción (UK)
Arco de plasma (gasificación a altas T°)	Syngas, electricidad	-	0	0	Alta	85,545	0	Sin plantas comerciales ni pilotos exclusivos para neumáticos
Incineración directa	Electricidad y calor	-	0	0	Alta	85,545	0	Sin plantas comerciales ni pilotos exclusivos para neumáticos



Organic Waste Systems

**BUDGETARY OFFER
DRANCO-FARM PLANT**

*Client: Mr. Pablo Altamirano
Offer nr.: 12/95/7502-D1
Date: April-5-2012*

Table of contents

1.	The DRANCO process	Page 2
2.	Description of the DRANCO installation	Page 3
2.1.	Introduction	Page 3
2.2.	Substrate delivery	Page 4
2.3.	Anaerobic digestion	Page 4
2.4.	Dewatering unit	Page 4
2.5.	Biogas treatment and valorization	Page 5
2.6.	Control and operating	Page 5
3.	Specifications of the DRANCO installation	Page 6
3.1.	Capacity	Page 6
3.2.	Mass balance	Page 7
3.3.	Operating hours	Page 7
3.4.	Operating staff	Page 7
3.5.	Consumables	Page 7
3.6.	Biogas production	Page 8
3.7.	Electricity consumption	Page 8
4.	Economical data	Page 9
4.1.	Scope of works and services	Page 9
4.2.	Not included in the delivery	Page 10
4.3.	Supply limits	Page 11
4.4.	Budgetary investment price	Page 11

 Organic Waste Systems	BUDGETARY OFFER DRANCO FARM PLANT	Offer no: 12/95/7502-D1
		Date: April-5-2012

1. The DRANCO process

The DRANCO digestion technology is a treatment technique which degrades and stabilizes organic material. The technique is ideal for waste streams containing a lot of organic material such as biowaste (kitchen and garden waste), energy crops & harvest residues. The waste degradation takes place in the absence of oxygen (anaerobic conditions), by means of bacteria. The degradable waste fraction is converted into biogas, a mixture of methane and carbon dioxide. Biogas is a renewable source of energy to be used for the production of electricity, heat, steam or, after upgrading, as a fuel. The non-degradable fraction forms a residue having a total solids content depending on the input material. The residue has to be treated further depending on the input material. Residue from grey waste or equivalent waste can, after stabilisation, be landfilled or incinerated or go through a wet separation to recover a maximum of recyclable fractions. Residue from biowaste or equivalent waste can, after dewatering and further stabilisation, be commercialised as a high-quality compost.

Characteristics:

- The DRANCO process is a one-step digestion process. The different digestion process steps take place in the same reactor volume. As a result the construction of the installation is simpler in comparison with multiple-step digestion technologies, which increases operational reliability.
- The digestion occurs by means of thermophilic bacteria, which operate in a temperature area between 48 and 55°C. Most pathogens are killed in the reactor by the high temperature and the anaerobic conditions.
- The mixing of fresh waste with excess residue, i.e. already digested waste, takes place outside the DRANCO reactor. The patented system permits an excellent control of the mixing and makes it possible that inside the reactor no mixing or stirring system is necessary. This results in a simpler reactor construction, which leads to a long, reliable and free of interference operational management of the installation. The high relation of residue to fresh waste during mixing leads to a quick degradation, which starts immediately after the introduction in the reactor. Because of this sudden fluctuations in the composition of the supplied substrates are met without problems.
- The DRANCO process takes place in standing reactors. A rugged solid pump introduces the mixture in the upper part of the reactor. By means of gravity the material then moves downwards. Extraction screws placed outside the reactor remove the residue.
- The DRANCO technology permits to treat various waste streams with the same reactor type: from wet to very dry waste streams. The DRANCO process is a semi-dry to very dry digestion process and is operational till 40% TS-content in the reactor. The reactor is operated at a TS-content which is spontaneously adjusted depending on the kind of waste. By keeping the TS-content in the reactor high, sedimentation and flotation problems are avoided to a great extent. This means that floating materials such as woody material, polystyrene foam, plastics among others cannot form a crust, while heavy elements, such as sand and other inerts, cannot deposit.

 Organic Waste Systems	BUDGETARY OFFER DRANCO FARM PLANT	Offer no: 1295/7502-D1
		Date: April-5-2012

2. Description of the DRANCO installation

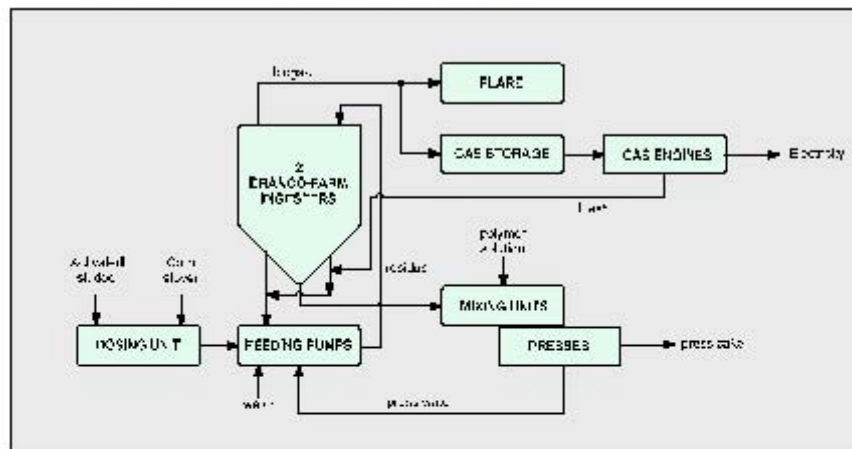
2.1. Introduction

The DRANCO installation has a processing capacity of 67.500 tons per year of the following substrates:

- Activated sludge: 40.000 tpy (TS: 46%, VS: 60%)
- Corn stover: 20.000 tpy (TS: 65%, VS: 92%)
- Water: 7.500 tpy

The organic fraction has to be smaller than 40 mm and, as much as possible, free of inerts, ferro parts and non-ferro parts. This results in a weekly and daily capacity of 1.300 tons and 185 tons respectively, taking into account 52 working weeks per year and 7 working days per week. The average composition of the feedstock is estimated at a total solids (TS) content of 46,6%, a volatile solids (VS on TS) content of 73,25%, a biodegradability (BVS) of 46,44% and a C/N-ratio between 25 and 35. The plant is operated during 3 shifts per day and 7 days per week.

No seasonal variations have been taken into account. It is thus assumed that the supply of sludge and corn stover is relatively stable during the year.



Flow scheme of the DRANCO plant

	BUDGETARY OFFER DRANCO FARM PLANT	Offer no: 12/95/7502-D1 Date: April-5-2012
---	--	---

2.2. Substrate delivery

The client brings the sludge and the corn stover, smaller than 40 mm, into the dosing unit DU-01. The dosing unit has a volume of 180m³.

2.3. Anaerobic digestion

The dosing unit functions as a buffer between the delivery of the substrates (or pre-treatment) and the proper digestion and provide a steady supply of organics towards the DRANCO-FARM digesters. The substrates are brought to the feeding pumps (FP-101 & FP-201) by conveyor belts and dosing screws.

In order to treat the given amount of substrates, 2 DRANCO-FARM digesters are required. Each digester has its own feeding and extraction system. Hereafter follows the description of one digester. The other digester is identical.

Above the feeding pump FP-101, a mixing unit is placed where the fresh substrates, the water and the recycled press water are mixed intensively with excess residue.

The residue, already digested material coming from the digester is extracted just above the conical outlet with the extraction screws ES-101, ES-102, ES-103, ES-104 & ES-105. This residue functions as active inoculum with the intention of starting the anaerobic digestion as quickly and smoothly as possible immediately after the mixture entering the digester.

The material in the extraction screws is heated by the hot water jacket (hot water coming from the engines). This way the mass is heated to a temperature of 48-55°C.

Subsequently the homogeneous mixed warm mass is brought into the digester FE-101 through 3 feeding tubes. The tubes cut through the conical bottom of the digester and flow out at a distance of approximately 1 meter of the roof of the digester. The material is forced out the feeding tubes and falls at the top of the digester into the digesting mass and starts to produce very actively biogas. The anaerobic digestion takes place at a dry solids content of about 20% and a temperature between 48 and 55°C. The digester FE-101 itself is a vertically standing cylinder with a conical outlet and a slightly conical roof. The total volume of the fermenter is about 3.900 m³ (diameter 16m). The entire digester is made of steel and insulated to reduce heat losses.

The digesting mass moves slowly from top to bottom in the digester, depending on the rate by which the residue is at the bottom withdrawn out the digester. There is no mixing equipment inside the digester. The residue leaves the digester through the conical outlet and is pumped to the dewatering unit by FP-102.

The average retention time in the digester is about 21 days. The biogas arising from the anaerobic degradation, goes up spontaneously through the pores and accumulates above the residue. Through the biogas outlets, the biogas is removed towards the gas treatment.

2.4. Dewatering unit

The residue is first intensively mixed with a polymer solution, to obtain a more efficient dewatering. The polymer solution is prepared in the flocculant unit FU-01. Adding flocculants to the residue before pressing increases the dewatering degree and, at the same time, the press water quality. It also leads to a stable functioning of the press. The mixing runs in a batch process: first the residue and the polymer solution are brought in the mixing unit, subsequently the input is closed and the different streams are mixed. Finally the output of the mixing unit

	BUDGETARY OFFER DRANCO FARM PLANT	Offer no: 12/95/7502-D1
		Date: April-5-2012

opens and the mixture falls in the underlying dosing screw, which brings it evenly into the screw presses (PR-101 & PR-201). In the presses, the residue is dewatered to a dry solids content of about 35% (current assumption). The press water is collected in a separate tank or pumpsump and is pumped entirely (by PU-02) to the digesters (press water recycling) to lower the dry matter-content inside the digester.

The produced press cake is being screwed to the output-point by screw SC-01. Further transportation and treatment of the digested residue is not included in the OWS scope of supply.

2.5. Biogas treatment and valorization

Because of the anaerobic digestion of organic material in the digester, biogas is continuously produced. The biogas accumulates in the digester above the residue and flows through difference in pressure to gas storage GS-01. The storage is a double membrane storage with a useful storage capacity of 810 m³. It has a double function: maintaining a minimum biogas amount so that biogas can always flow back to the digester in case of underpressure, and levelling off of biogas peaks.

After the biogas storage, a cooling unit, blowers and two gas engines of 1.200 kW are foreseen.

In emergency cases, when the gas valorization units are not functioning or in case of a biogas surplus, the biogas can be burned off in the flare FL-01. The flare has a capacity of burning 1.500 m³/h.

2.6. Control and operating

The DRANCO installation is fully automatically operated. The control and measuring system of the plant consists of a PLC and a PC connected to each other by means of a network. All digital and analogue signals coming from the installation are collected in the PLC, which transforms them and gives the necessary output signals.

Communication between the plant supervisor and the PLC is possible by means of the PC. The operation of the different parts of the plant can be monitored by means of flow sheets on the screen.

	BUDGETARY OFFER DRANCO FARM PLANT	Offer no: 12/95/7502-D1 Date: April-5-2012
---	--	---

3. Specifications of the DRANCO installation

3.1. Capacity

The DRANCO installation has a processing capacity of 67.500 tons per year of a mixture with the following properties:

- Total solids: 46,52%
- Volatile solids: 73,26% (VS on TS)
- Biodegradable volatile solids (BVS): 46,44%
- C/N: 25-35

This is without press water recycling.

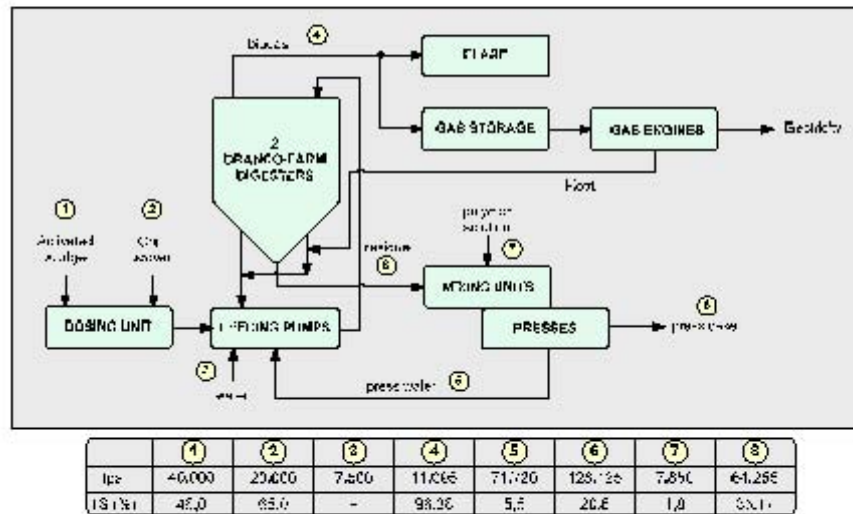
The organic fraction is smaller than 40 mm and, as much as possible, free of inerts, ferro parts and non-ferro parts. This results in a weekly and daily capacity of 1.300 tons and 185 tons respectively, taking into account 52 working weeks per year and 7 working days per week. The plant is operated during 3 shifts per day and 7 days per week.

On top of the substrates (activated sludge & corn stover), there is also 71.720t of recycled press water & 7.500 water.

No seasonal variations have been taken into account. It is thus assumed that the supply of substrates is relatively stable during the year.

The following specifications are based on the above mentioned quantities and composition. Changes of these figures also lead to changes in the mentioned specifications.

3.2. Mass balance



3.3. Operating hours

The DRANCO-FARM installation is operated during 3 shifts per day (24/24h) and 365 days per year. The anaerobic digestion itself, with the belonging biogas production, and the valorization of the gas take place continuously.

3.4. Operating staff

For normal operation and small maintenance of the DRANCO-FARM plant, the presence of 1-2 persons per shift during the working hours (= 3 shifts per day & 7 days per week) is needed.

In case of maintenance, more people could be required.

3.5. Consumables

Below only the consumables, necessary for the good functioning of the DRANCO process are mentioned. Products such as oils & fats, fuel for the front-end-loader, etc. are not mentioned.

	BUDGETARY OFFER DRANCO FARM PLANT	Offer no: 1295/7502-D1
		Date: April-5-2012

- Potable water: Potable water is used in the flocculant unit - to prepare the polymer solution. The needed quantity is about 7.706 ton per year.
- Polymer powder: Polymer powder is used to produce polymer solution which is added to the residue to improve the dewatering. The needed quantity is about 141 tons per year.
- Iron chloride: It could be necessary to add iron chloride to the digester, this should be further investigated. For now, it is assumed that about 10kg of iron chloride (liquid) is needed per ton of substrate. This results in a yearly consumption of 627 tons. The cost for the iron chloride is about 100,00€ per ton.
- Additives & nutrients: according to the composition of the substrates, it might be necessary to add some nutrients or additives if a shortage of a certain element hinders an efficient digestion.

3.6. Biogas production

The biogas production is almost 124 Nm³/t substrate (without recycled press water), resulting in 8.364.000 Nm³ biogas per year or 955 Nm³/h. The biogas has an average methane content of about 55%, resulting in a heating value of about 5,48 kWh/Nm³. Calculated with an electrical efficiency, a nominal electricity output of 2.150 kW could be realised. In this offer, two engines of 1.200 kW are foreseen. The heat from the engines (also about 18-19.000.000 kWh) can be partially used to heat up the biomass in the double layer screws.

3.7. Electricity consumption

In the DRANCO-FARM installation, electrical energy is used to operate the machines. The electrical installed power is estimated at 800kW and the consumption is estimated at 3.400.000 kWh/year. Pre-treatment of the substrates (such as shredding the corn stover-bales) is not included in this estimation.

 Organic Waste Systems	BUDGETARY OFFER DRANCO FARM PLANT	Offer no: 1295/7502-D1
		Date: April-5-2012

4. Economical data

4.1. Scope of works and services

The scope of works and services includes:

- the engineering, delivery, transport, mounting and cold start-up of:
 - anaerobic digestion unit, being:
 - 1 dosing units (DU-01)
 - 2 feeding pumps (FP-101 & FP-201)
 - 2 extraction pumps (FP-102 & FP-202)
 - 2 DRANCO-FARM digesters (FE-101 & FE-201)
 - necessary belts & screws (feeding screws, dosing screws & extraction screws)
 - hydraulic groups (HV-101, HV-102, HV-201, HV-202)
 - pneumatic groups (PV-101, PV 201)
 - chemical dosing unit (CD-01)

Also included in this item are the necessary pipes, instrumentation, appendages, valves, insulation, steel supports and walking floors.
 - dewatering unit, being:
 - 2 mixing units (MI-101 & MI-201)
 - 2 screw presses (PR-101 & PR-201)
 - 1 flocculant unit (FU-01)
 - necessary screws (dosing screws & transport screws)
 - necessary pumps (PU-02)
 - press water tank (PS-01)

Also included in this item are the necessary pipes, instrumentation, appendages, valves, insulation, steel supports and walking floors.
 - biogas treatment and valorization unit, being:
 - 1 biogas storage with water seal (GS-01, 810 m³)
 - 1 flare (FL-01)
 - 2 gas engines of 1.200 kW each (E/G-01 & E/G-02)

Also included in this item are the necessary pipes, instrumentation, appendages, valves, insulation, steel supports and walking floors.
 - the electrical installation, being:
 - the switch cabinets
 - the electrical wiring for power supply and instrumentation
 - 1 PLC and 1 PC with software
 - programming and visualization
- the warm start-up of the installation (= about 6 months), being:
 - inertisation of the reactor
 - delivery of the inoculum for the biological start-up of the reactor
 - supervision of OWS-staff during this period

	BUDGETARY OFFER DRANCO FARM PLANT	Offer no: 1295/7502-D1 Date: April-5-2012
---	--	--

4.2. Not included in the delivery

In the delivery is not included:

- eventual pretreatment of the substrates if needed
- suction of the halls and of the equipment (except for emergency ventilation of the equipment)
- air treatment
- any wastewater treatment or storage
- any high voltage electrical equipment and transformer
- lightning protection
- central earthing
- all the spare and wear parts
- all mobile equipment (shovel loader, ...)
- all containers
- completion of the site, ready for building
- all demolition and disassembly works
- all temporary site facilities for the client and others
- all temporary site utilities connections
- site security and monitoring
- temporary site fence
- site announcement panel
- soil analysis
- site cleaning
- all construction works such as: all the earthworks, the foundations, the piling, the buildings, the concrete works, the roads and all modifications to roads, the complete sewerage system with necessary connections
- design, calculations and any engineering for the civil engineering and building works
- all building services such as: telecommunications, lighting, small power distribution and electrical sockets, heating, air conditioning equipment for certain rooms, fire detection and all the fire fighting equipment, all furniture, ...
- all site utilities connections
- casting of all machine socles
- making and filling up of all ducts in walls, floors and roofs
- digging of all ducts for underground piping and cabling
- delivery and installation of empty pipes for underground cables
- supply and removal of water necessary for performing the water test of the digesters
- personnel (except for supervision by OWS-staff), all consumables and maintenance necessary for the operation of the plant during start-up and test period
- obtaining of the permissions necessary for the construction and/or the operation of the plant

- all activities, services, equipment, materials and documents, which are not explicitly mentioned in the scope of works and services of our proposal

	BUDGETARY OFFER DRANCO FARM PLANT	Offer no: 12/95/7502-D1 Date: April-5-2012
---	--	---

4.3. Supply limits

Input:

- Substrates: The client brings the sludge and corn stover (smaller than 40 mm) regularly and equally, during the operating hours of the installation, in the dosing unit DU-01.
- electricity: The client brings the supply cable to the low voltage installation and mounts it;
- potable water: The client brings the potable water pipe to about 1 m inside the building of the digestion part and provides sufficient potable water.

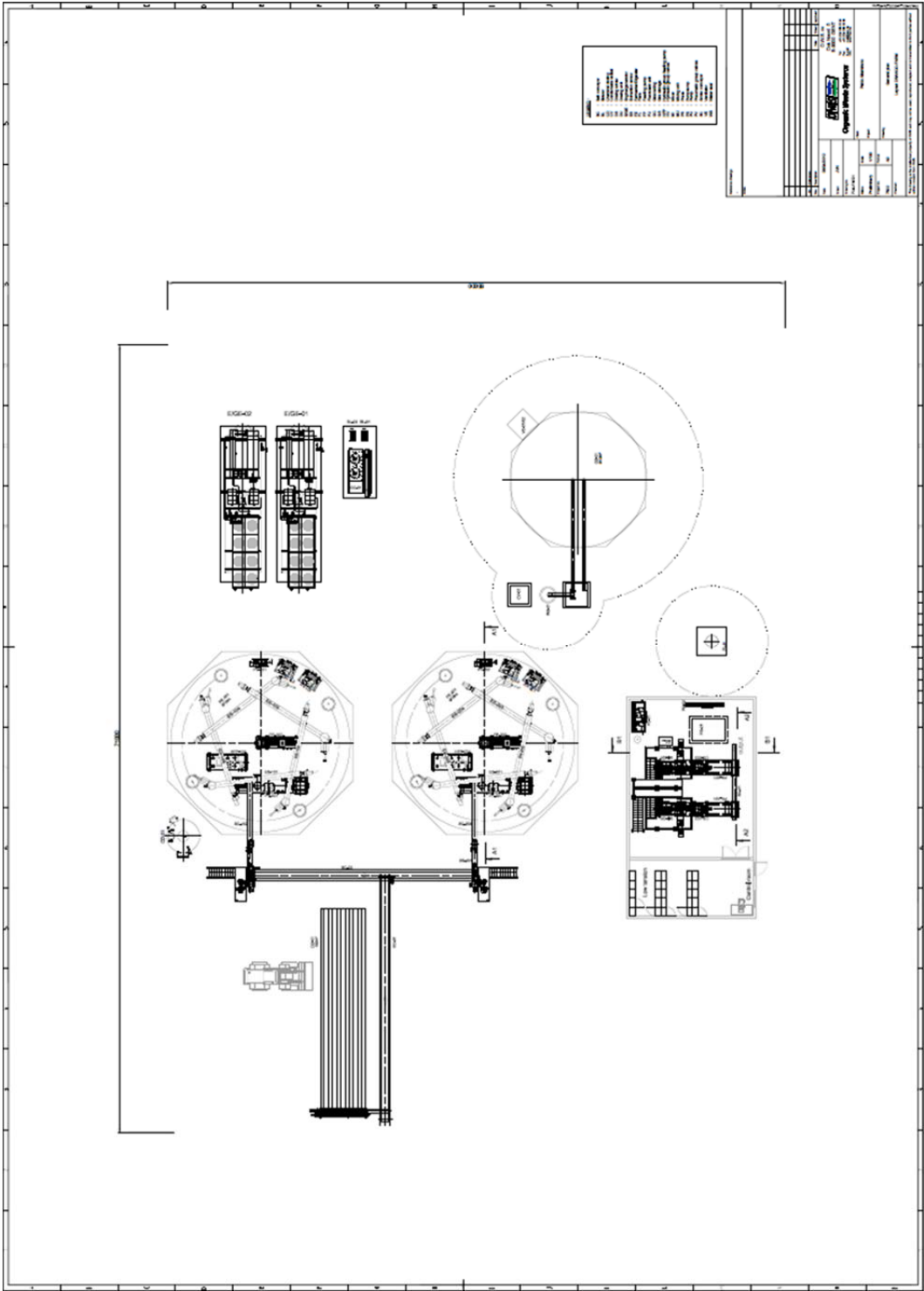
Output:

- air: The supply limits of the air extraction are the flanges, which are mounted on the equipment. These flanges will be DN100 till DN200, PN6, made in stainless steel, or can be tubes. Client delivers and installs the ventilators, piping, regulating valves, instrumentation (flow detection,...) and makes the connection with the air treatment system.
- biogas condensate: The supply limit for the biogas condensate is the outlet flange of the condensate buffer. The excess condensate has to be able to run into the sewer system at any time / should be taken over at any time. The client provides the connection between the condensate buffer and the sewer system/takes care of the removal;
- press cake: The supply limit is the outlet of screw SC-01. The client takes care of the removal and further treatment of the press cake.
- electricity: the supply limit are the clamps of the engines. The client foresees an electricity transformation if needed.
- heat: the client foresees heat transfer

4.4. Budgetary investment price

The budgetary investment price for the turnkey electromechanical part of the total DRANCO-FARM plant (biogas engines) as described above is 14.085.000 Euro, without VAT.

LAYOUT PROPUESTO POR OWS PARA LA PLANTA DE DIGESTIÓN ANAERÓBICA.



ANEXO E. PROVEEDORES DE TECNOLOGÍA CONTACTADOS

Empresa	Origen	Página Web	# Plantas	Contacto	Respuesta
Biogas Nord	Alemania	www.biogas-nord.com	>150	Salvador Dominguez dominguez@biogas-nord.de +49(0) 521 96 33 562	Si
Citec International	Finlandia	www.citec.com	>15	Conny Eklund conny.eklund@citec.com +358 40 5714 463	Si. No se interesa
Linde KCA (Strabag),	Alemania	www.linde-kca.com	>15	Formulario Web	NO
OWS	Bélgica	www.ows.be	>10	Bruno Mattheeuws Bruno.Mattheeuws@ows.be +32 9 269 11 81	Si
Ros Roca Internacional	Alemania	www.rosrocaenvirotec.com	>10	Formulario Web	NO
Valorga	Francia	www.valorgainternational.fr	>10	contact@valorgainternational.fr	NO
Kompogas	Suiza	www.axpo-kompogas.ch	>25	Formulario Web	Si. No se interesa
MT Energie	Alemania	www.mt-energie.com	>50	Formulario Web	NO
RCM	EEUU	www.rcminternationalllc.com	>50	contact@rcminternationalllc.com	NO
Schmack	Alemania	schmack-biogas.viessmann.com	>150	info@schmack-biogas.com	Si. No se interesa
Weltec Weda	Inglaterra	www.weltec-biopower.de	>80	Aguinaldo Ramalho a.ramalho@weltec-biopower.de	Si
Energen	Inglaterra	www.energenbiogas.co.uk	??	Robert Etherson Robert@energenbiogas.co.uk 07540 269 245	Si
Valbio	Francia	www.valbio.com	>10	Formulario Web	NO

ANEXO F. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LODO PTA

La caracterización físico química del lodo es fundamental para determinar la tecnología adecuada de digestión anaeróbica a utilizar para degradar el lodo, maximizar la generación de biogás y determinar la cantidad potencial de metano a generar.

Para articular la propuesta preparada por OWS se utilizaron los parámetros presentados aquí y que corresponden a los valores promedio anuales de la planta La Farfana de Aguas Andinas.

Fuente: Aguas Andinas S.A.

Parámetro	Valor
Materia Solida (SM)	46%
Materia Orgánica	60 %
Nitrógeno (NKT)	4,5 %SM
Anhídrido Fosfórico (P2O5)	5,7 %SM
Potasio (K2O)	0,3 %SM
Cobre	477 mg/Kg SM
Cinc	1.348 mg/Kg SM
Hierro	21.520 mg/Kg SM
Arsénico	11 mg/Kg SM
Cadmio	2,5 mg/Kg SM
Mercurio	1,5 mg/Kg SM
Níquel	58 mg/Kg SM
Plomo	63 mg/Kg SM
Selenio	3,5 mg/Kg SM

Tabla 13. Caracterización físico-química de lodo residual de la planta de tratamiento La Farfana.

ANEXO H. DEFINICIÓN DE MEDIOS DE GENERACIÓN NO CONVENCIONALES

(Extracto del Decreto Supremo 244 de 2005)

Para efectos de clasificar a un MGNC se consideraran como fuentes no convencionales a las siguientes energías:

Energía hidráulica de cursos de agua: energía potencial y cinética del agua obtenida por medio centrales hidroeléctricas de potencia inferior a 20.000 kilowatts.

Energía geotérmica: corresponde a aquella que se obtenga del calor natural de la tierra, que puede ser extraída del vapor, agua. Gases, excluidos los hidrocarburos, o a través de fluidos inyectados artificialmente para este fin.

Energía solar: energía obtenida en forma directa de la radiación solar

Energía eólica: energía cinética del viento.

Energía de los mares: toda forma de energía hidráulica producida por el movimiento de las mareas (mareomotriz), de las olas y de las corrientes, así como cualquier otra forma de energía proveniente de los mares.

Energía obtenida de la biomasa: es la obtenida de cualquier tipo de materia orgánica y biodegradable de origen vegetal o animal que puede ser usada directamente como combustible o convertida en otras fuentes energéticas líquidas o gaseosas antes de la combustión.

La biomasa será considerada como fuente no convencional si resulta incluida en alguna de las siguientes categorías:

Productos, subproductos y residuos forestales, tales como leña, carbón vegetal, ramas, restos de podas y de cosechas.

Residuos de la industria primaria y secundaria de la madera, tales como aserrín, virutas, cortezas y restos de maderas.

Subproductos y residuos de la industria de la celulosa y del papel, tales como, licor negro, lodos y gases provenientes de plantas de tratamientos de residuos sólidos y líquidos.

Residuos agrícolas, tales como restos de cultivos herbáceos, frutícolas y de cereales, pastos, plantas verdes y otros

Residuos de industrias agroalimentarias, tales como cáscaras, cuescos, semillas, hollejos, lodos y gases provenientes de plantas de de tratamientos de residuos sólidos y líquidos.

Residuos de la industria ganadera y de crianza de animales, tales como purines, estiércol, residuos de animales muertos, sangre, huesos, pieles.

Residuos de plantas de tratamiento de aguas servidas urbanas e industriales, tales como lodos y gases resultantes del tratamiento.

Residuos urbanos producidos por los sectores residencial, comercial y público, los cuales son recolectados para su disposición en un relleno sanitario

Cualquier tipo de biomasa cultivada para fines energéticos.

ANEXO K. GENERACIÓN DE LODOS PTA EN CHILE

La siguiente tabla incluye información sobre la generación de lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas en Chile. El catastro corresponde al año 2007 en el cual la cobertura de la población correspondía a aproximadamente 85% y solo se incluyen las principales empresas sanitarias. Fuente: extracto del reporte Potencial del Biogás de la Comisión Nacional de Energía (18).

Región	Empresa	Lodo húmedo kg/día	Lodo seco kg/día	Materia orgán. ton/año	Disposición lodo
I	ESSAT	73.083	33.679	7.376	RS
II	ESSAN	81.858	37.723	8.261	RS
III	EMSSAT	43.210	19.913	4.361	RS
IV	ESSCO	91.540	42.185	9.238	RS
V	ESVAL	251.768	116.022	25.409	OU-RS
	COOPAGUA	774	357	78	RS
RM	AGUAS ANDINAS	978.750	451.037	98.777	BM
	AGUAS CORDILLERA	76.225	35.127	7.693	RS
	AGUAS LOS DOMINICOS	2.755	1.270	278	RS
	AGUAS MANQUEHUE	3.133	1.444	316	RS
	SERVICOMUNAL	12.651	5.830	1.277	RS
	SMAPA MAIPU	108.846	50.160	10.985	RS
VII	AGUAS NUEVO SUR MAULE	111.550	51.406	11.258	RS
VI y VII	ESSBIO	377.644	174.029	38.112	BM-RS-OU
IX	ESSAR	104.635	48.219	10.560	RS
X	ESSAL	94.791	43.682	9.566	RS
	AGUAS DECIMA	23.189	10.686	2.340	RS
XI	AGUAS PATAGONIA AYSÉN	12.204	5.624	1.232	RS
XII	ESMAG	26.206	12.076	2.645	RS
Total		2.474.815	1.140.468	249.762	RS

La disposición de lodo es la siguiente:

RS : relleno sanitario autorizado.

BM : Procesos de digestión anaeróbica.

OU : la empresa realiza otros procesos con los lodos.