



**“ESTUDIO DE EVALUACIÓN EX – POST DE MEDIANO PLAZO A
PROYECTOS DE RELLENOS SANITARIOS E INFRAESTRUCTURA
COMPLEMENTARIA PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS
DOMICILIARIOS”**

ID 730566-16-LE18

INFORME FINAL

**MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL Y FAMILIA
SUBSECRETARÍA DE EVALUACIÓN SOCIAL
SANTAR CONSULTORES ASOCIADOS LTDA**

Documento elaborado por Santar Consultores Asociados Ltda.
Para la Subsecretaría de Evaluación Social
Ministerio de Desarrollo Social y Familia
Gobierno de Chile
Enero de 2020

Contenido

I.	Introducción	1
II.	Marco Conceptual de la Gestión de Residuos Sólidos.....	4
A.	Política Nacional Residuos Sólidos 2018 -2030 (PNRS).....	4
1.	Contexto.....	4
2.	Diagnóstico	5
2.1	Institucionalidad	5
2.2	Marco Legal	7
2.3	Financiamiento.....	8
2.4	Sistemas de Información	10
2.5	Educación Ambiental	11
2.6	Conclusión	12
3.	Contenido de la PNR 2018-2030	13
3.1	Misión y Visión	13
3.2	Principios.....	13
3.3	Objetivo General	14
3.4	Objetivos Específicos.....	14
4.	Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos vs Política Nacional de Residuos 2018 – 2030	15
5.	Implicancias en Inversión Asociadas a la PNR 2018 – 2030	17
5.1	Posibles Efectos en Inversión	17
5.2	Interrogantes.....	21
B.	Marco Regulatorio	22
1.	Leyes, Normas y Reglamentos Vigentes	22
2.	Marco Institucional Vigente	28
C.	Programas de Fomento al Reciclaje	32
1.	Programa Santiago Recicla	32
2.	Programa MSUR Recicla	35
3.	Reciclaje de Espacios Públicos (PREP)	36
4.	Programa Reciclaje Inclusivo (PRI), Municipalidad de Peñalolén	36
D.	Revisión de Experiencias Internacionales	39
1.	El Caso de los Países de la Unión Europea	39
1.1	Avances por País e Instrumentos de Política.....	42
2.	El Caso de Cantabria, España	46
2.1	Santander, Smart City.....	47
2.2	Modelo de Gestión de Residuos de Cantabria.....	48
E.	Opinión de Expertos.....	57
1.	Implementación de la PGIRS	57
2.	PNR 2018 – 2030.....	58

3.	Contexto Internacional	59
F.	Análisis FODA.....	60
III.	Evaluación Ex – Post.....	61
A.	Selección de Iniciativas de Inversión para el Estudio	61
B.	Requisitos de Información.....	64
C.	Rangos de Tolerancia de las Desviaciones	65
D.	Relleno Sanitario Arauco – Curanilahue, BIP: 30073438 - 0	66
1.	Objetivo de la Iniciativa	66
2.	Descripción	66
3.	Historia y Tramitación del Proyecto	67
4.	Formulación del Proyecto	68
4.1	Área de Estudio y Área de Influencia	68
4.2	Población Proyectada y Estimación de Demanda	70
4.3	Programa Arquitectónico	76
4.4	Componentes de Eficiencia Energética, Valorización y Reciclaje	79
5.	Evaluación Socio - Económica	80
5.1	Análisis Evaluación Económica Ex – Ante	80
5.2	Fase de Inversión	82
5.3	Fase de Operación	91
5.4	Indicadores de Rentabilidad	97
E.	Relleno Sanitario de Caldera, BIP: 30037151-0	100
1.	Objetivo de la Iniciativa	100
2.	Descripción	100
3.	Historia y Tramitación del Proyecto	101
4.	Formulación del Proyecto	102
4.1	Área de Estudio y Área de Influencia	102
4.2	Estimación de Demanda	104
4.3	Programa Arquitectónico	106
4.4	Componentes de Eficiencia Energética, Valorización y Reciclaje	108
5.	Evaluación Socio – Económica	109
5.1	Análisis Evaluación Económica Ex – Ante	109
5.2	Fase de Inversión	112
5.3	Fase de Operación	122
5.4	Indicadores de Rentabilidad	131
F.	Relleno Sanitario Huasco, BIP: 30086288-0	133
1.	Objetivo de la Iniciativa	133
2.	Descripción	133
3.	Historia y Tramitación del Proyecto	134
4.	Formulación del Proyecto	136

4.1	Área de Estudio y Área de Influencia	136
4.2	Población Proyectada y Estimación de Demanda	137
4.3	Programa Arquitectónico	145
5.	Evaluación Socio - Económica	147
5.1	Análisis Evaluación Económica Ex - Ante	147
5.2	Fase de Inversión	149
5.3	Fase de Operación	157
1.1	Indicadores de Rentabilidad	165
G.	Estructura de Costos	167
IV.	Análisis de Satisfacción Usuaría.....	172
A.	Metodología de Levantamiento de Información	173
B.	Consideraciones Iniciales Sobre el Trabajo en Terreno.....	175
C.	Análisis Temático	176
1.	Ambiente de Trabajo y Relaciones Personales al Interior del RS	176
2.	Instalaciones	179
3.	Equipamiento para Operarios.....	182
4.	Recolección de Residuos	183
5.	Disposición Final de Residuos	185
6.	Aspectos Territoriales y Climáticos	187
7.	Relación con la Comunidad.....	188
D.	Encuesta a Empresas	190
V.	Evaluación Modelo de Gestión	193
A.	Metodología para la Evaluación Ex - Post de los Modelos de Gestión de cada Recinto.....	194
B.	Información de Base, Información de Terreno, Listas de Verificación e Indicadores ..	195
C.	Relleno Sanitario Arauco - Curanilahue	196
1.	Estrategia de Gestión	196
2.	Proceso de Gestión y Funcionamiento Interno.....	198
3.	Grupos de interés	207
4.	Funcionamiento Recursos Humanos.....	207
5.	Equipamiento y Capacidad Instalada	209
6.	Programa Arquitectónico	210
7.	Percepción Usuarios Directos	211
8.	Costos	212
9.	Análisis de la Gestión General.....	213
D.	Relleno Sanitario de Caldera	216
1.	Estrategia de Gestión	216
2.	Proceso de Gestión y Funcionamiento Interno.....	217
3.	Grupos de interés	226
4.	Funcionamiento de los Recursos Humanos	227

5.	Equipamiento y Capacidad Instalada	228
6.	Programa Arquitectónico	229
7.	Percepción Usuarios Directos	230
8.	Costos	230
9.	Análisis de la Gestión General	231
E.	Relleno Sanitario Provincia del Huasco	233
1.	Estrategia de Gestión	233
2.	Proceso de Gestión y Funcionamiento Interno	234
3.	Grupos de Interés	242
4.	Funcionamiento Recursos Humanos	243
5.	Equipamiento y Capacidad Instalada	244
6.	Programa Arquitectónico	245
7.	Percepción Usuarios Directos	246
8.	Costos	247
9.	Análisis de la Gestión General	248
F.	Relleno Sanitario Provincial	250
1.	Estrategia de Gestión	250
2.	Proceso de Gestión y Funcionamiento Interno	252
3.	Grupos de Interés	260
4.	Funcionamiento Recursos Humanos	260
5.	Equipamiento y Capacidad Instalada	262
6.	Programa Arquitectónico	263
7.	Percepción Usuarios Directos	265
8.	Costos	266
9.	Análisis de la Gestión General	266
G.	Comparación Rellenos Sanitarios Evaluados	268
VI.	Criterios de Localización de Rellenos Sanitarios	274
A.	Normativa Nacional	275
1.	Código Sanitario de 1968	275
2.	Bases Generales del Medio Ambiente de 1994	276
3.	Decreto Supremo N°189 del 2008	277
B.	Normativa Internacional	280
1.	Directiva 1999/31/CE del Consejo de la Unión Europea	280
2.	Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003	281
3.	Resolución 282 de Paraguay	283
4.	EPA - Title 40 Criterios para Rellenos Sanitarios Municipales	286
5.	Solid Waste Disposal Facility Criteria Technical Manual - EPA	288
C.	Normativa Nacional con relación a la Normativa Internacional	290
D.	Metodología de evaluación de la localización de un RS	291

E.	Valor Residual o de Desecho de un RS.....	292
1.	Valor de Desecho y RS.....	292
2.	Rehabilitación del sitio de un RS post cierre.....	293
2.1	Recuperación	293
2.2	Reinserción	294
3.	Valor de Desecho de un RS	295
VII.	Beneficios y Costos en Proyectos de Valorización de Residuos	296
A.	Valorización de Residuos.....	297
1.	Tipología de Residuos	297
2.	Gestión de Residuos: Prevención y Tratamiento de Residuos	298
3.	Tecnologías de Valorización de RSD.....	301
3.1	Reciclaje.....	301
3.2	Compostaje	303
3.3	Digestión Anaerobia	306
3.4	Incineración con Recuperación de Energía	309
3.5	Identificación de Beneficios y Costos de Tecnologías de Valorización de RSD	312
3.6	Valorización de Beneficios y Costos	319
VIII.	Externalidades Rellenos Sanitarios	321
A.	Concepto de Externalidad	321
B.	Rellenos Sanitarios y Externalidades	322
IX.	Integralidad de Proyectos.....	325
A.	Concepto de Integralidad de Proyectos	325
B.	Enfoque de Evaluación de Proyectos Integrales de Gestión de Residuos Sólidos	326
X.	Plan de Difusión	329
XI.	Conclusiones y Recomendaciones	330
A.	Marco Conceptual de la Gestión de Residuos Sólidos	330
B.	Evaluación Ex - Post.....	332
C.	Análisis de Satisfacción Usuaria	334
D.	Evaluación Modelo de Gestión	335
E.	Criterios de Localización de Rellenos Sanitarios y Valor de Desecho.....	339
F.	Beneficios y Costos en Proyectos de Valorización de Residuos	340
G.	Externalidades Rellenos Sanitarios	341
H.	Integralidad de Proyectos	341
XII.	Bibliografía	344

I. Introducción

El Sistema Nacional de Inversiones (SNI) es la entidad que norma y rige el proceso de inversión pública en Chile. Reúne todos los principios, metodologías, normas, instrucciones y procedimientos que orientan la formulación, evaluación y ejecución de iniciativas de inversión que postulan a fondos públicos, impulsando aquellos que sean más rentables para la sociedad y respondan a las estrategias y políticas de crecimiento, desarrollo económico y social de la nación. Esto permite asegurar una asignación eficiente de los recursos públicos destinados a inversión, pilar microeconómico fundamental para sostener el crecimiento económico del país (PIB).

El SNI es co – administrado por el Ministerio de Desarrollo Social y Familia y el Ministerio de Hacienda, a través de su Dirección de Presupuestos, y está compuesto por cuatro subsistemas:

- **Subsistema de Análisis Técnico – Económico (evaluación ex – ante):** corresponde al conjunto de normas, instrucciones y procedimientos que posibilita a las instituciones públicas disponer de una cartera de iniciativas de inversión socialmente rentables (RS) y en condiciones de asignarles recursos para su ejecución.
- **Subsistema de Formulación Presupuestaria:** corresponde a la asignación de recursos financieros a los proyectos de interés sectorial, regional y de las Empresas del Estado. Su función es homogeneizar, normar y coordinar la información relativa al proceso de asignación de fondos, así como la aplicación del presupuesto aprobado para el sector público. La Formulación Presupuestaria es responsabilidad del Ministerio de Hacienda y por ello, en esta materia tiene injerencia tanto sobre las Instituciones y Servicios regidos por el D.L. N° 1.263, como sobre las Empresas del Estado.
- **Subsistema de Ejecución Presupuestaria:** corresponde a la regulación y supervisión de la ejecución del gasto público y su respectivo financiamiento. Se materializa a través de la Ley de Presupuestos del Sector Público, y las instrucciones complementarias de la Dirección de Presupuestos del Ministerio de Hacienda (DIPRES). La Dirección de Presupuestos, es el organismo técnico encargado de la asignación de los recursos financieros del Estado. Asimismo, regula y supervisa la ejecución del gasto público, sin perjuicio de las atribuciones que en este ámbito le corresponden a la Contraloría General de la República.

- **Subsistema de Evaluación Ex – Post:** corresponde al análisis de los resultados logrados una vez que el proyecto termina la ejecución o entra en operación, para medir el grado de cumplimiento de la eficacia y eficiencia del uso de los recursos de inversión pública. Asimismo, estos resultados permiten orientar las acciones para mejorar la evaluación ex – ante, aportar a las metodologías y aumentar la eficiencia del propio Sistema (SNI).

El Ministerio de Desarrollo Social es responsable de los Subsistemas de Análisis Técnico – Económico y de Evaluación Ex – Post. Funcionalmente, se encuentran radicados en la Subsecretaría de Evaluación Social de Inversiones, específicamente en la División de Evaluación Social de Inversiones a nivel central, y en las Secretarías Regionales de Desarrollo Social a nivel regional.

La evaluación ex – post que realiza el SNI, se divide en tres niveles de análisis:

- **Evaluación Ex – Post de Corto Plazo:** corresponde al primer resultado que genera un proyecto, que se produce al finalizar su etapa de ejecución. A este nivel, se analizan costos de inversión, tiempo de ejecución, programa arquitectónico, especificaciones técnicas, indicadores económicos, etc.
- **Evaluación Ex – Post de Mediano Plazo:** en esta etapa se busca medir los resultados del proyecto cuando su operación se encuentra en régimen (lo que ocurre entre 3 a 7 años desde la puesta en marcha) versus los resultados proyectados ex – ante.

Este análisis consiste en contrastar los flujos de beneficios y costos ex – ante, en relación con los mismos flujos construidos con datos reales de la inversión y operación (ex – post), para lo cual se debe aplicar la misma metodología de formulación y evaluación de proyectos utilizada originalmente.

- **Evaluación Ex – Post de Largo Plazo (Impacto):** busca medir los resultados finales del proyecto, es decir, el impacto generado en los beneficiarios y terceros, para lo cual se requiere contar con información respecto de la situación antes de la ejecución del proyecto y después de transcurrido un tiempo prolongado de su entrada en operación (15 a 30 años), con el objetivo de verificar el cumplimiento de los objetivos planteados. A diferencia, de las dos anteriores, su objetivo no es retroalimentar a la evaluación ex – ante, más bien, pretende medir los impactos

que generó la intervención en el área de influencia en múltiples ámbitos (económico, social, ambiental, cultural, etc.).

Como parte del programa de Evaluación Ex – Post de Mediano Plazo, el Ministerio de Desarrollo Social y Familia ha contratado el estudio “Evaluación Ex – Post de Mediano Plazo a Proyectos de Relleno Sanitario e Infraestructura Complementaria para la Gestión de Residuos Sólidos Domiciliarios” con el objetivo de fortalecer y retroalimentar la formulación y evaluación de proyectos de gestión de residuos sólidos a través del análisis de 3 iniciativas de inversión aprobadas por el SNI y que cuenten con más de 3 años de operación.

De manera de cumplir adecuadamente con los objetivos del estudio el texto se ha estructurado como sigue:

Capítulo I: Introducción.

Capítulo II: Marco Conceptual de la Gestión de Residuos Sólidos.

Capítulo III: Evaluación Ex – Post.

Capítulo IV: Análisis de Satisfacción Usuaría.

Capítulo V: Evaluación Modelo de Gestión.

Capítulo VI: Criterios de Localización de Rellenos Sanitarios.

Capítulo VII: Beneficios y Costos en Proyectos de Valorización de Residuos.

Capítulo VIII: Externalidades Rellenos Sanitarios.

Capítulo IX: Integralidad de Proyectos.

Capítulo X: Plan de Difusión.

Capítulo XI: Conclusiones.

Capítulo XII: Bibliografía.

II. Marco Conceptual de la Gestión de Residuos Sólidos

A. Política Nacional Residuos Sólidos 2018 -2030 (PNRS)

1. Contexto

En el año 2005 se aprueba la Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), instrumento de planificación elaborado por un grupo interministerial de trabajo y liderado por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), con el objetivo de "lograr que el manejo de residuos sólidos se realice con el mínimo riesgo para la salud de la población y para el medio ambiente, propiciando una visión integral de los residuos, que asegure un desarrollo sustentable y eficiente del sector".

Dicha política se orienta a la implementación de una estrategia jerarquizada, promoviendo la prevención en la generación de residuos sólidos y, si su prevención no es posible, fomentar, en este orden, su reutilización, reciclaje, valorización energética, tratamiento y disposición final, con la finalidad de proteger la salud humana y el medio ambiente.

La PGIRS nace producto del creciente problema detectado en relación con el manejo de sus residuos sólidos (domiciliarios y no domiciliarios), reconociéndosele como un problema de Estado, y, por tanto, su necesaria intervención en los ámbitos de diseño e implementación de acciones donde no fuera posible la acción de privados¹.

Frente a este diagnóstico, el grupo interministerial de trabajo definió un conjunto de objetivos y líneas de acción con el fin de introducir en el país prácticas y estándares internacionales, de modo de modernizar la gestión de residuos, con el propósito de dar cuenta de esta problemática.

Durante el proceso de implementación de la PGIRS se alcanzaron importantes avances, principalmente en cobertura de recolección (96%)², contención de residuos, institucionalidad y marco regulatorio.

No obstante, los avances logrados con la PGIRS, durante la década del 2010 se producen algunos eventos y constataciones que serán la base que justificará el diseño de una nueva política de gestión de residuos sólidos, a saber:

¹ Principio de Subsidiariedad del Estado.

² De acuerdo al último catastro de Subdere.

- a) El ingreso de Chile a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) en el año 2010 que plantea nuevos y más exigentes desafíos en este ámbito.
- b) El cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS) del 2015, en que los Estados Miembros de la ONU adoptaron una agenda con alcance hasta el año 2030, con 17 objetivos, de los cuales alrededor de 12 de ellos, están explícita o implícitamente relacionados con la gestión de residuos.
- c) La necesidad de actualizar los instrumentos de planificación.
- d) Cumplir con los objetivos y metas pendientes de la PGIRS.

Como resultado de lo anterior surgieron nuevos desafíos para el país en materia de gestión de residuos, planteándose la conveniencia de desarrollar una nueva política para el periodo 2018 – 2030.

2. Diagnóstico

El diseño de la PNR 2018 – 2030, se realizó a partir de un diagnóstico en cinco áreas prioritarias para una gestión de residuos exitosa.

2.1 Institucionalidad

Si bien durante la aplicación de la PGIRS se produjo un significativo fortalecimiento en la institucionalidad medioambiental del país, aún no se cuenta con una institución dedicada exclusivamente a la gestión de residuos y a la articulación del sector.

En efecto, las Municipalidades siguen siendo las principales instituciones responsables de la gestión de residuos y los Ministerios Sectoriales involucrados continúan ejerciendo sus funciones fiscalizadoras en la materia.

A continuación, se listan los hitos más importantes del periodo 2005 – 2017:

- En el año 2005 se crea la *Secretaría Ejecutiva Nacional*³ con su respectiva representación en cada región con el objetivo de implementar la PGIRS. Este organismo operativo permitió mejorar la coordinación entre las autoridades

³ El nombre completo es Secretaría Ejecutiva Nacional para la Implementación de la Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

competentes y contar con una visión global del tema, a nivel nacional y regional, con una consecuente mejora en la gestión de los residuos.

- En el año 2007 se crea el Programa Nacional de Residuos a cargo de la Subsecretaría de Desarrollo Regional (SUBDERE) y la publicación de su guía operativa, cuyo principal objetivo consiste en mejorar las condiciones de salubridad y calidad ambiental de los centros urbanos y rurales del país, a través de la implementación de sistemas integrales y sostenibles para el manejo eficiente de residuos sólidos domiciliarios.
- En el año 2010, se crean i) el *Ministerio de Medio Ambiente (MMA)*, que entre otras funciones se encuentra a cargo de proponer políticas y formular normas, planes y programas en materia de residuos, ii) la *Superintendencia del Medio Ambiente (SMA)* que ejecuta, organiza y coordina el seguimiento y fiscalización de las resoluciones de calificación ambiental, planes de prevención y/o descontaminación ambiental y planes de manejo, y iii) el *Servicio de Evaluación Ambiental (SEA)* que, entre otras funciones, le corresponde la administración del Sistema de Evaluación Ambiental.
- En el año 2012 se crean los *Tribunales Ambientales* con el objetivo de resolver controversias en temas relacionados al medio ambiente.
- Por su parte, el Ministerio de Medio Ambiente con el objetivo de avanzar en el cumplimiento de los compromisos internacionales adquiridos, ha elaborado una serie de instrumentos vinculados a la gestión de residuos sólidos, entre los que se destacan i) la Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático, ii) el Programa Nacional de Consumo y Producción Sostenibles y iii) la Política de Inclusión de Recicladores de Base, con su respectivo programa.

2.2 Marco Legal

Uno de los principales objetivos de la PGIRS fue armonizar y completar el marco regulatorio para la gestión de residuos sólidos, logrando importantes avances durante los últimos 15 años, generando con ello una mejor coordinación sectorial y mayor certeza jurídica.

Es así como durante este periodo se publicaron una serie de reglamentos y normativas relacionadas a la gestión de residuos; sin embargo, el principal avance en la materia fue la promulgación de la Ley N°20.920 “Marco para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor (REP) y Fomento al Reciclaje”, del 01 de junio de 2016. Esta ley se enfoca en la prevención y la valorización de los residuos en todos sus aspectos.

En ella, se regulan seis productos llamados “productos prioritarios”, quedando sujetos a las obligaciones de la REP i) los aceites lubricantes, ii) aparatos eléctricos y electrónicos; iii) baterías, iv) envases y embalajes, v) neumáticos y vi) pilas.

Asimismo, son seis los instrumentos destinados a prevenir la generación de residuos o promover su valorización. Dentro de ellos se encuentran el eco – diseño, la certificación, rotulación y etiquetado de los productos y sistemas de depósito y reembolso.

Los sistemas de gestión pueden ser individuales (correspondiente a un solo productor) o colectivos, conformado por varios productores organizados a través de una persona jurídica sin fines de lucro. Pueden participar en este sistema los recicladores de base (se les llamaban recolectores informales), permitiéndoles registrarse formalmente y certificarse en el marco del Sistema Nacional de Certificación de Competencias Laborales (véase Figura N°1).

Figura N°1. Esquema General Ley N°20.920



Fuente: MMA 2016

En resumen, se puede afirmar que Chile ha logrado establecer un marco regulatorio adecuado (uno de los principales objetivos planteados en la PGIRS); no obstante, quedan desafíos por delante, como, por ejemplo, extender la REP a otros productos y proseguir con el cumplimiento de estándares exigidos por la OCDE y otros compromisos internacionales, como los ODS.

2.3 Financiamiento

En la PGIRS se identificó como un problema significativo el financiamiento de la gestión de los residuos sólidos domiciliarios.

Durante su implementación la PGIRS no pudo abordar algunos de sus objetivos, como el desarrollo de un reglamento para el cálculo tarifario del servicio de aseo y la elaboración de bases tipo que permitieran mejorar la transparencia de los procesos de licitación (dada la disparidad de precios). Tampoco hay evidencia que se haya avanzado en la alternativa de licitar servicios de disposición a través de la Coordinadora de Concesiones del Ministerio de Obras Públicas⁴.

Por otra parte, el 01 de julio de 2005 se publica la Ley de Rentas II, que liberó del pago de derechos de aseo a alrededor del 70% de la población, impactando directamente en

⁴ No existen concesiones de estas características en operación, en proceso de licitación, ni en el plan de concesiones 2018 – 2023. <http://www.concesiones.cl/proyectos/Paginas/default.aspx>

la operación del sistema, teniendo que utilizar recursos destinados para la provisión de otros bienes y servicios comunales a actividades relacionadas con la gestión de residuos domiciliarios.

En la Tabla N°1 se aprecia el déficit anual municipal generado por la prestación del servicio de aseo para el periodo 2004 – 2016, considerando sólo costos directos⁵; en el año 2004 los gastos duplicaban a los ingresos, en tanto en el año 2016 más que los triplicaban, creciendo el déficit anual en términos nominales a una tasa promedio del 15%.

Tabla N°1. Déficit Operacional Municipal Servicio de Aseo

Año	Ingresos MM\$	Gastos MM\$	Déficit MM\$
2004	47.276	87.733	40.457
2005	47.820	93.612	45.792
2006	47.661	106.286	58.625
2007	50.695	117.019	66.324
2008	49.114	142.910	93.796
2009	55.267	156.778	101.511
2010	58.511	163.031	104.520
2011	65.504	185.056	119.552
2012	70.670	208.128	137.458
2013	73.014	225.358	152.344
2014	82.023	253.861	171.838
2015	95.000	282.839	187.839
2016	98.221	312.585	214.364
Acum	840.776	2.335.196	1.494.420

Fuente: Política Nacional de Residuos 2018 – 2030.

Este déficit se hace más patente en las comunas con población de menores ingresos, puesto que tienen un mayor porcentaje de contribuyentes exentos del pago de estos servicios.

Por último, el Programa Nacional de Residuos Sólidos impulsado por la SUBDERE ha permitido el desarrollo de inversiones en rellenos sanitarios (RS) y otras asociadas (cierre de basurales, normalizaciones, planes de gestión regional de residuos sólidos, entre otros) que, sin duda, representan una importante mejora. Sin embargo, al financiar la inversión y dejar a cargo de los municipios sólo el financiamiento de los costos de operación de los RS, ha desincentivado el desarrollo de inversiones en proyectos de “Valorización”, que no cuentan con subsidios del Estado.

⁵ No se consideran gastos de administración y supervisión del sistema.

Con el objeto de fomentar el interés de los municipios en este tipo de proyectos, a partir del año 2017, el Programa Nacional de Residuos ha contribuido con el financiamiento de infraestructura destinada al reciclaje y compostaje.

En síntesis, este escenario se traduce en un sistema de gestión de residuos domiciliarios no sostenible financieramente siendo, por tanto, uno de los grandes temas pendientes de solución del sector.

2.4 Sistemas de Información

Dentro de los objetivos de la PGIRS se establece la necesidad de crear un sistema nacional de información para la gestión de residuos sólidos, puesto que históricamente esta información ha sido limitada, debido a su desagregación en los servicios con competencia en la materia. Adicionalmente, dentro de sus recomendaciones, la OCDE, señala que Chile requiere una estructura de información en sintonía a lo disponible en sus países miembros.

Dado este escenario, en el marco de la Ley N°20.417 y la Ley N°20.920 se crea el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC), administrado por el Ministerio de Medio Ambiente. Este registro es una base de datos centralizada de acceso público a nivel nacional o regional, sobre emisiones, residuos, transferencia de contaminantes potencialmente dañinos para la salud de la población y el medio ambiente, generados en actividades industriales o no industriales, que son transferidos para su valorización o eliminación.

En el año 2013 se aprueba su reglamento (D.S N°1/2013 MMA), en el que se establece: i) la obligación de generadores y destinatarios, así como de municipalidades, de entregar información sobre generación y destino de los residuos, y ii) la necesidad de contar con una ventanilla única para su operación, de manera de capturar y estandarizar la información relevante a nivel ambiental de los distintos sistemas sectoriales⁶ de declaración vigentes, por medio de un formulario único. En el Anexo N°1, se explica su funcionamiento.

⁶ Los Sistemas Sectoriales Vigentes son: Sistema Nacional de Declaración de Residuos (SINADER), Sistema de Declaración y Seguimiento de Residuos Peligrosos (SIDREP), Sistema de Declaración de Residuos Industriales Líquidos, Sistema de Declaración de Emisiones de Fuentes Fijas a la Atmósfera (F-138), Sistema de Declaración de Gases de Efecto Invernadero (voluntario), Impuestos Verdes, Declaración de Instalaciones de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas (DASUSPEL) y Declaración REP.

La creación del RETC⁷ y su posterior implementación ha sido un valioso aporte para el país; no obstante, es necesario mejorar el levantamiento de información, su estandarización y controlar su obligatoriedad. De esta manera se podrá contar con información armonizada y confiable para la toma de decisiones, junto con la posibilidad de contrastar la realidad del país con el resto del mundo en relación a la gestión de residuos.

2.5 Educación Ambiental

Dentro de los objetivos planteados en la PGIRS, se encuentra la promoción de la educación ambiental (formal y no formal) y la participación ciudadana. En esa línea, se lograron diversos avances:

- La Ley General de Educación del 2009 inserta la educación ambiental dentro de la educación formal del país, propiciando el respeto al medio ambiente, un uso racional de los recursos naturales y su sostenibilidad.
- Aprobación en el 2009 de la Política Nacional de Educación para el Desarrollo Sustentable (PNEDS) con el objetivo de formar personas y ciudadanos capaces de asumir individual y colectivamente la responsabilidad de crear y disfrutar de una sociedad sustentable. Posteriormente, en el año 2017 se realiza una actualización de la PNEDS, para responder a las evaluaciones de la OCDE y a los ODS.
- El Ministerio de Medio Ambiente impulsa su programa Sistema de Certificación Ambiental de Municipios (SCAM), de carácter voluntario y orientado a las municipalidades y que tiene por finalidad que éstas integren el factor ambiental a sus labores diarias y fomenten la participación ciudadana. A su amparo se han constituido los Comités Ambientales Comunales, que han permitido la participación de la comunidad en la planificación ambiental de la comuna.
- En el año 2013 el Ministerio de Educación emite dos documentos indicativos denominados “Comunidades Educativas Sustentables”, repartidos en todos los establecimientos educacionales del país.

⁷ Cabe señalar que durante el año 2017 el Programa Nacional de Residuos de la SUBDERE, realizó un diagnóstico y catastro nacional de RSD el que fue incorporado como línea base al RETC.

- En el año 2015 el Ministerio de Medio Ambiente crea la Academia de Formación Ambiental Adriana Hoffmann, con el objetivo de realizar cursos e-learning, talleres y seminarios sobre temas ambientales (dentro de los que se encuentra la gestión de residuos), para promover la importancia de la protección y conservación del medio ambiente. Estas iniciativas están dirigidas a la sociedad civil, trabajadores y empresas, docentes y funcionarios públicos.
- En el año 2017 el Ministerio de Medio Ambiente crea la Red de Centros de Educación Ambiental, con el objetivo de coordinar y potenciar la oferta en temas ambientales de instituciones públicas y privadas, que cuentan con infraestructura y equipos técnicos para desarrollar programas educativos con contenido ambiental.

Como se observa, la institucionalidad ambiental y de educación del país ha venido desarrollando una serie de acciones (políticas, programas e iniciativas) tendientes a mejorar la educación ambiental y participación ciudadana, pilares fundamentales para el desarrollo sostenible. Sin embargo, la ciudadanía aún no cuenta con un nivel adecuado de educación ambiental, por lo que se requiere que este proceso siga avanzando y se profundice en los próximos años. Los países con mayor éxito en la gestión de residuos han sido aquellos con un alto nivel de educación ambiental, lo que señala un camino claro a seguir en este ámbito.

2.6 Conclusión

En conclusión, si bien el diagnóstico reconoce avances de diversa intensidad en los diferentes ámbitos asociados a la gestión integral de residuos sólidos ubicando al país en un nivel de gestión superior al del año 2005, también sugiere la conveniencia de redefinir la política futura que, partiendo de este nuevo nivel alcanzado, permita superar debilidades y falencias aún existentes, incorporar nuevos conceptos y estándares nacionales e internacionales y ubicar a nuestro país al nivel de las mejores prácticas internacionales sobre la materia.

3. Contenido de la PNR 2018-2030

Sobre la base del anterior diagnóstico y las nuevas exigencias nacionales e internacionales en la materia, se formula la nueva Política Nacional de Residuos 2018 – 2030, cuyos principales contenidos se desarrollan en los puntos siguientes.

3.1 Misión y Visión

3.1.1 Visión

Lograr una gestión sustentable de los recursos naturales, a través del enfoque de la economía circular y manejo ambientalmente racional de los residuos.

3.1.2 Misión

Implementar la jerarquía en el manejo de residuos con los organismos públicos, privados y la participación de la sociedad civil.

3.2 Principios

Los principios rectores de esta política son los siguientes:

- 1) Educación Ambiental:** Proceso permanente de carácter interdisciplinario, destinado a la formación de la ciudadanía en materias ambientales.
- 2) Equidad Territorial:** Propicia condiciones territoriales de inclusión y cohesión que aborden los diversos desequilibrios territoriales.
- 3) Gradualismo:** Las obligaciones para prevenir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización serán establecidas o exigidas de manera progresiva.
- 4) Inclusión:** Conjunto de mecanismos e instrumentos de capacitación, financiación y formalización orientados a posibilitar la integración plena de los recicladores de base en la gestión de los residuos, incluidos los sistemas de gestión en el marco de la Responsabilidad Extendida del Productor (REP).
- 5) Jerarquía en el Manejo de Residuos:** establece el siguiente orden de preferencia en el manejo de los residuos:
 - prevención en la generación de residuos;

- reutilización;
- el reciclaje de éstos o de uno o más componentes;
- la valorización energética de los residuos;
- Eliminación.

6) Participación: Considera la participación de la sociedad en su conjunto, en todos sus niveles y escalas, haciéndoles partícipes de los beneficios y responsabilidades en el desarrollo del territorio.

7) Preventivo: acciones destinadas a disminuir la generación de residuos

8) Racionalidad Ambiental: La gestión integral de residuos se llevará adelante mediante la aplicación de las mejores técnicas disponibles, tomando en cuenta la protección del medio ambiente, y considerando el ciclo de vida del producto.

9) Transparencia y Publicidad: La gestión de residuos se efectuará con transparencia, de manera que la comunidad pueda acceder a la información relevante sobre la materia.

10) Trazabilidad: Conjunto de procedimientos preestablecidos y autosuficientes que permiten conocer las cantidades, ubicación y trayectoria de un residuo o lote de residuos a lo largo de la cadena de manejo.

3.3 Objetivo General

Prevenir la generación de residuos, incentivar su valorización y manejo adecuado.

3.4 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos definidos en la PNR 2018 – 2030 son los siguientes:

- 1) Desarrollar e implementar instrumentos para fomentar la aplicación de la jerarquía en el manejo de residuos.
- 2) Asegurar el acceso a infraestructura para el manejo ambientalmente racional de residuos en todo el territorio nacional.
- 3) Concientizar a la sociedad sobre los beneficios de la prevención y valorización de residuos, para generar cambios de conducta.

- 4) Levantar, estandarizar y comunicar información asociada a la jerarquía en el manejo de residuos.
- 5) Crear una nueva institucionalidad.

Cada uno de estos objetivos específicos tienen asociadas líneas de acción y acciones específicas para su desarrollo.

4. Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos vs Política Nacional de Residuos 2018 – 2030

Al realizar un análisis comparativo entre ambos instrumentos de planificación, se puede observar que éstos son complementarios, puesto que abordan el mismo tema en diferentes niveles y distintos momentos. En ese sentido, la PGIRS dio los primeros pasos para relevar el tema de la gestión de residuos en el país, poniendo énfasis en una gestión preventiva y minimizadora de éstos, a través de la aplicación de una estrategia jerarquizada. Ésta, recoge las directrices entregadas por la Política Ambiental para el Desarrollo Sustentable⁸, recomendaciones de la OCDE y opiniones de la sociedad civil.

La PGIRS aborda la problemática, a nivel macro, generando el marco institucional y normativo para la gestión de residuos, cuyos principales logros se señalaron en la [sección 1](#) de este capítulo.

Por su parte, la Política Nacional de Residuos 2018 – 2030, nace con un doble propósito. Por una parte, profundizar los avances alcanzados con la PGIRS que definió el marco regulatorio, a través de generar los instrumentos (decretos, reglamentos, guías y otros) que permitan su adecuada implementación a un nivel más táctico (micro) y hacerse cargo de temas pendientes definidos en la PGIRS y no abordados durante su implementación, como, por ejemplo, el financiamiento de la gestión de residuos domiciliarios. Por otra parte, actualiza la PGIRS, puesto que desde su creación y posterior ejecución, la realidad de la gestión de residuos en el país ha evolucionado producto de una serie de factores como: ingreso de Chile a la OCDE, compromisos asumidos por el país en el marco de los ODS de la ONU (Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático y Programa Nacional de Consumo y Producción Sustentables), desarrollo de nuevas tecnologías de valorización, creación de nuevos instrumentos de planificación asociados (Política Nacional de Ordenamiento Territorial⁹, Planes Regionales de Ordenamiento

⁸ Aprobada por el Consejo Directivo de la CONAMA en enero de 1998.

⁹ En proceso de aprobación.

Territorial, Programas de Recuperación Ambiental y Social, Política de Inclusión de Recicladores de Base, Programa de Recicladores de Base, Política Nacional de Educación para el Desarrollo Sustentable, otros), entre otros. Además, el alcance temporal de la PGIRS se encuentra caducado, correspondiendo la definición de un nuevo instrumento de planificación de cara a los desafíos que debe enfrentar el país en materia de gestión de residuos, durante la próxima década.

En relación a los principios rectores de la Política Nacional de Residuos, se incluyen casi todos aquellos consignados en la Ley N°20.920, quedando fuera los siguientes principios: i) el que contamina paga, ii) libre competencia, iii) precautorio y iv) responsabilidad del generador de un residuo. Dado que esta ley es el marco para la gestión de residuos, la no incorporación de todos sus principios en la política sugiere la necesidad de un cambio legal o la incorporación de éstos en la PNR 2018 – 2030.

Igualmente, de los principios presentes en la PGIRS se elimina el principio de autosuficiencia y soberanía nacional; no obstante, no queda claro el nivel de avance en esta materia, ni tampoco la existencia y volúmenes de intercambio con otros países.

A su vez, se reemplaza el principio de racionalidad económica (minimización de costos sociales y maximización de beneficios sociales) por el de racionalidad ambiental, incorporando a la gestión de residuos las mejores técnicas disponibles, definidas (Ley N°20.920) como “la etapa más eficaz y avanzada en el desarrollo de los procesos, instalaciones o métodos de operación, que expresan la pertinencia técnica, social y económica de una medida particular para limitar los impactos negativos en el medio ambiente y la salud de las personas”.

Finalmente, se incorpora a la Política Nacional de Residuos los principios de educación ambiental y equidad territorial.

5. Implicancias en Inversión Asociadas a la PNR 2018 – 2030

La aprobación de la PNR 2018 – 2030 y su posterior implementación supone una serie de acciones que generarán impactos en distintos ámbitos (sociales, económicos, ambientales, etc.). En ese sentido, se prevé que la ejecución de su plan de acción tenga efectos en inversión, tanto pública como privada.

5.1 Posibles Efectos en Inversión

A continuación se hace una descripción cualitativa de los impactos esperados en materia de inversión para la próxima década, a propósito de la implementación de la PNR 2018 – 2030.

- 1) Nueva Institución:** Uno de los objetivos planteados en la PNR 2018 –2030 consiste en la creación de una institución, de carácter público – privado, al alero del Ministerio de Medio Ambiente que lidere la gestión de residuos en el país. No queda claro si esta organización será sólo centralizada o tendrá representación en regiones; en ambos casos, se tendrán que realizar inversiones (pública y/o privada) en oficinas, equipamiento y otros para su instalación y posterior funcionamiento. El nivel de inversión dependerá del alcance que tenga este organismo
- 2) Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i):** Dentro de la PNR 2018 – 2030, se contempla el desarrollo de acciones tendientes a impulsar la optimización de procesos y mejoras en productividad del sector de residuos, por medio de I+D+i. Para lograr lo anterior, se deberán destinar fondos públicos permanentes para estimular la inversión en estas áreas, mediante la implementación de programas de financiamiento para iniciativas de prevención y valorización de residuos, probablemente a través de CORFO y CONYCIT (Programas FONDEF, FONDAP, FONDECYT, Regionales y otros). Es probable que agentes privados también hagan inversiones en I+D+i, debido a las exigencias impuestas en el marco regulatorio vigente; no obstante, no se puede asegurar el nivel de estas inversiones ni su ejecución.
- 3) Proyectos de Infraestructura:** En relación a este aspecto, la PNR 2018 – 2030 incorpora una serie de medidas y acciones que se estima afectarán a la inversión pública y privada. No obstante, resulta complejo determinar hoy en día el impacto final que tendrá en materia de inversión (pública y privada) la implementación de dichas acciones, puesto que muchas de ellas provocarán efectos contrapuestos, que

al no contar con una estimación cuantitativa de cada uno de ellos imposibilita visualizar el efecto neto en inversión.

A partir de lo señalado en el párrafo anterior, se analizan los efectos en inversión en los ámbitos público y privado:

a) Inversión Pública: En la PNR 2018 – 2030 se identifican dos tipologías de proyectos que serán afectadas, desde el punto de vista de las inversiones que realiza el Estado:

- i. Rellenos Sanitarios:* Una serie de factores hacen presumir que la inversión pública destinada a la construcción de rellenos sanitarios debiera estar contenida durante la próxima década, entre los que se destacan:
 - La presencia de economías de escala en la etapa de disposición, que hace más razonable la construcción de rellenos sanitarios municipales en conjunto¹⁰, provocando ahorros en inversión y menores puntos de impacto ambiental.
 - Cumplir la meta establecida de valorización de un 30% de residuos domiciliarios y no domiciliarios al año 2030, disminuyendo de esta manera el tonelaje anual de residuos a disponer.
 - La implementación de los instrumentos que establece la Ley N°20.920 para prevenir la generación de residuos y promover su valorización.
 - La implementación de la Responsabilidad Extendida del Productor, incluida en la Ley N°20.920.
 - Probable fijación de impuestos a la generación de residuos domiciliarios y no domiciliarios, promoviendo la prevención en la generación de residuos.
 - Probable creación de incentivos tributarios para que productos aptos para el uso o consumo no se conviertan en residuos y para fomentar la valorización, promoviendo de esta manera la minimización de residuos destinados a disposición final.

¹⁰ Entre dos o más municipios.

- Probable creación de un impuesto específico a la disposición final de residuos, con el objetivo de desincentivarla.

Los tres últimos puntos son acciones que se estudiarán en el marco de la implementación de la PNR 2018 – 2030.

ii. *Proyectos de Valorización:* Se espera un aumento de los fondos de inversión pública destinados a este tipo de proyectos, con el objetivo de alcanzar la meta de 30% de valorización de residuos al año 2030, sustentado en una serie de acciones incluidas en la PNR 2018 – 2030, tales como:

- Creación del “Fondo para el Reciclaje” (artículo N°31, Ley N°20.920), y su reglamento (D.S N°7/2017 MMA), con el objetivo de financiar proyectos de infraestructura para fomentar entre otros la valorización de residuos.
- Diseño e implementación de proyectos de valorización de residuos orgánicos que permitan reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y aprovechar energéticamente el metano.
- Analizar la factibilidad de desarrollar proyectos de biogás en sectores agroindustriales. De tener resultados positivos se podrían desarrollar este tipo de proyectos.
- Diagnóstico de factibilidad de valorización de residuos mediante tecnologías Waste to Energy. De ser factible es posible que se promueva su desarrollo.

b) Inversión Privada: Se prevé un aumento de la inversión privada en gestión de residuos sólidos durante la próxima década, basándose en las siguientes acciones que contempla la PNR 2018 – 2030:

- La implementación de los instrumentos destinados a prevenir la generación de residuos sólidos que establece la Ley N°20.920, y eventualmente otros que se pudieran incorporar a la ley. Se estima que su aplicación, implicará el desarrollo de inversiones de las empresas generadoras de residuos.
- La implementación de la Responsabilidad Extendida del Productor, que afectará inicialmente a seis productos prioritarios¹¹, cuya gestión deberá realizarse por medio de sistemas de gestión colectivos o individuales,

¹¹ Estos son: aceites lubricantes, aparatos eléctricos y electrónicos, baterías, envases y embalajes, neumáticos y pilas. Probablemente se incorporarán otros durante la próxima década.

conformados por los productores de productos prioritarios, de manera de dar cumplimiento a las metas y obligaciones que serán establecidas por los decretos supremos contemplados en las acciones a desarrollar en el corto plazo por la PNR. La gestión de estos residuos implica el desarrollo de inversiones de los productores de productos prioritarios para que puedan operar sus sistemas de gestión y de los gestores autorizados (de recolección y tratamiento), puesto que se deberán contratar sus servicios por medio de licitaciones abiertas, lo que probablemente fomentará el ingreso de nuevos inversionistas.

- Promoción del desarrollo de mercados para residuos valorizables.
- Modificación del marco regulatorio para evitar la eliminación de residuos aptos para la valorización.

Los dos puntos anteriores podrían promover la incorporación de nuevos inversionistas, aumentando la inversión privada en proyectos de valorización.

- La elaboración de los reglamentos para el manejo de lodos generados en efluentes de piscicultura, manejo y valorización de purines de cerdos, manejo de purines en lecherías y manejo y valorización de guano de aves (postura y carne), podrían generar el desarrollo de inversiones para cumplir con los estándares exigidos.
- La revisión del reglamento que regula el manejo de lodos provenientes de plantas de tratamiento de efluentes de la industria procesadora de hortalizas y frutas y del reglamento para el manejo de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas servidas, podrían derivar en algunas inversiones adicionales a desarrollar.

4) Elaboración e Implementación de una Estrategia de Control y Erradicación de Vertederos Ilegales: Se estima que en la fase de implementación de la estrategia será necesario realizar inversiones públicas asociadas al control (vehículos y equipamiento) y cierre de éstos (plan de cierre).

En síntesis, se espera que la implementación de la PNR 2018 – 2030 provoque diversos efectos en materia de inversión; sin embargo, con los antecedentes que se manejan actualmente no es posible determinar su efecto neto.

5.2 Interrogantes

Del análisis realizado se plantean las siguientes interrogantes:

- 1) Si bien es cierto que alcanzar la meta de valorización de residuos (30%)¹² durante la próxima década sería un importante avance en la gestión de éstos, cabe preguntarse, si esta meta fue sometida a alguna evaluación ex – ante que permitiera determinar costos y beneficios que implicará para el país, si corresponde a un óptimo social y si es alcanzable.
- 2) Se crea el “Fondo para el Reciclaje” y su reglamento, administrado por el Ministerio del Medio Ambiente, y destinado al financiamiento de proyectos y programas para el reciclaje y la valorización de residuos, que dentro de los aportes que recibirá se encuentran recursos sectoriales (obtenidos anualmente vía Ley de Presupuestos) y transferencias desde los Gobiernos Regionales. Dado lo anterior, cabe preguntarse ¿De qué manera se determinará la viabilidad de los proyectos que financiará?, ¿Estos pasarán por la revisión del Ministerio de Desarrollo Social, a cargo del Sistema Nacional de Inversiones (SNI)?,¹³ y asociado a la pregunta anterior ¿Se cuenta con el instrumental metodológico para abordar el análisis y desarrollo de esta tipología de proyectos?
- 3) ¿Existe algún estudio de prefactibilidad desarrollado por el gobierno que permita determinar que tecnologías de valorización son más costo – efectivas para la realidad nacional?¹⁴
- 4) Por último, las inversiones en proyectos de valorización y reciclaje que serán financiados por el Estado, ¿seguirán un modelo de inversión sólo público o público – privado, vía concesiones?

En respuesta a dichas interrogantes, se recomienda que los nuevos fondos sectoriales, Fondo de Reciclaje del MMA, sean incorporados al proceso de evaluación del SNI de tal suerte de asegurar el desarrollo del instrumental metodológico para abordar su análisis y desarrollo y una asignación socialmente eficiente de éstos.

¹² Esa meta está declarada en la PNR 2018 – 2030, condicionada a lo que se establezca en los Reglamentos respectivos que se tendrán que promulgar para operativizar su cumplimiento.

¹³ Ley N°1.263, artículo N°19 bis.

Ley N°20.530, artículos N°1 y N°3.

¹⁴ A la fecha de la realización de este trabajo no existe un estudio terminado de las características señaladas. La SUBDERE informa que se encuentra desarrollando un estudio de factibilidad de tecnologías que procesen RSD, A y O. Licitación ID761-49-LP18 Mercado Público.

B. Marco Regulatorio

1. Leyes, Normas y Reglamentos Vigentes

En este punto se presenta el conjunto normativo vigente a la fecha, que regula la gestión de residuos sólidos en Chile. Esto permitirá conocer el funcionamiento del sector, determinando las instituciones que lo conforman sus funciones, obligaciones y atribuciones.

- 1) *Código Sanitario, Decreto con Fuerza de Ley N°725/1968:*** Establece como función de las municipalidades la recolección, transporte y eliminación, por métodos adecuados, de basuras y desperdicios que se depositen o produzcan en la vía pública (artículo N°11, letra b), para lo cual las municipalidades deben seguir la reglamentación que se establezca en este código (artículo N°12 y N°68). Adicionalmente, establece que el Ministerio de Salud estará a cargo de autorizar las construcciones y/o modificaciones de cualquier planta de tratamiento de basuras y desperdicios; autorizar la instalación y control de los lugares destinados a la acumulación final de basuras y desperdicios y vigilar y establecer los requisitos técnicos de los vehículos de transporte de basura y desperdicios (artículos N°78 al N°81).
- 2) *Ley de Rentas Municipales, Decreto Ley N°3.063/1979 del Ministerio del Interior:*** Modificado por la Ley N°20.033 Rentas II del año 2005, señala que las municipalidades establecerán las tarifas del servicio de aseo de acuerdo al costo real del servicio. Sin perjuicio de lo anterior, podrán establecer tarifas diferenciadas para usuarios que requieran una mayor frecuencia de recolección, como rebajas de tarifas y/o exenciones de pago para aquellos usuarios que la municipalidad determine, en atención a sus condiciones socioeconómicas. Sin embargo, quedan exentos automáticamente de dicho pago los usuarios cuya vivienda o unidad habitacional a la que se otorga el servicio, tenga un avalúo fiscal igual o inferior a 225 UTM (artículo N°7).
- 3) *Normas Sanitarias Mínimas para la Operación de Basurales, Res. N°2444/1980 del MINSAL:*** Establece las condiciones mínimas para la operación de estas instalaciones, definiendo las características del lugar de emplazamiento (físicas, de localización y cierre definitivo), dotación requerida, condiciones de operación y registro y fiscalización del Ministerio de Salud.

4) Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades, Ley N°18.695 de 1988:

Señala que dentro de las funciones privativas de las municipalidades se encuentra el aseo y ornato de la comuna. Especifica que debe hacerse cargo de la recolección, transporte y/o disposición final de los residuos domiciliarios (artículo N°3, letra f).

Por otra parte indica que las municipalidades pueden asociarse entre ellas para el cumplimiento de sus funciones (artículos N°4, N°137, N°138 y N°139).

5) Convenio de Basilea, D.S N°685/1992 del MINREL: Decreto mediante el cual Chile se adscribe a los acuerdos alcanzados en el Convenio de Basilea (Basilea, Suiza 1989) sobre el control de movimientos transfronterizos de residuos peligrosos. En lo principal, define un listado de desechos que son objeto de movimientos transfronterizos a los que se les considera peligrosos (artículo N°1) y establece obligaciones y procedimientos a los que se encuentran sujetos los países signatarios para asegurar un manejo ambientalmente racional.

6) Ley de Bases Generales del Medioambiente, Ley N°19.300 de 1994: Modificada por la Ley N°20.173 del año 2007, Ley N°20.417 del año 2010 y Ley N°20.920 del año 2016. En ella se establece la exigencia de someter a evaluación ambiental a ciertos proyectos vinculados al manejo de residuos (Artículo N°10 letras i, ñ y o). Asimismo, establece como función del Ministerio de Medio Ambiente la proposición de políticas y formulación de normas, planes y programas en materias de residuos (artículo 70 letra g).

7) Reglamento Transporte de Cargas Peligrosas por Calles y Caminos, D.S N°298/1994 del MTT: Establece las condiciones, normas y procedimientos aplicables al transporte por calles y caminos, de cargas o sustancias peligrosas o que representen riesgos para la salud de las personas, la seguridad pública o el medio ambiente.

La fiscalización del cumplimiento de este reglamento está a cargo de Carabineros, Inspectores Fiscales y Municipalidades.

8) Protocolo Relativo al Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (MARPOL) D.S N°1.689/1994: Básicamente se adhiere al convenio, haciendo exigibles para el país las normas establecidas en él, en lo relativo a la prevención de la contaminación realizada por buques. Sin

embargo, Chile no acepta las disposiciones del Anexo Facultativo V, relativo a la contaminación por basuras de los buques.

9) *Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo, D.S N°594/1999 del MINSAL:* En relación a la gestión de residuos, establece las pautas para la disposición de residuos industriales líquidos y sólidos, la fiscalización de su cumplimiento está a cargo del Ministerio de Salud.

10) *Reglamento Sanitario Sobre Manejo de Residuos Peligrosos, D.S N°148/2003 del MINSAL:* Establece las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas a que se debe someter la generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, reúso, reciclaje, disposición final y otras formas de eliminación de los residuos peligrosos. El Ministerio de Salud está a cargo de fiscalizar y controlar su cumplimiento.

11) *Reglamento Específico para la Acreditación de Terceros en la Ejecución del Desembarco, Transporte, Tratamiento y Disposición Final, de la Basura Orgánica de Naves Provenientes del Extranjero o desde Puertos Nacionales Ubicados en Áreas Bajo Cuarentena Interna, Res. Ex. N°5.582/2005:* Establece las normas y procedimientos para la acreditación de terceros en la ejecución de labores de desembarco, transporte, tratamiento y disposición final de basura orgánica de naves que procedan del exterior y/o desde puertos nacionales, ubicados en áreas bajo cuarentena interna, disminuyendo el riesgo de introducción, diseminación y establecimiento de plagas vegetales y enfermedades de los animales en el territorio nacional y la protección del medio ambiente, que deberán ser cumplidas por un tercero.

12) *Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y de Seguridad Pública en los Rellenos Sanitarios, D.S N°189/2008 del MINSAL:* Establece las condiciones sanitarias y de seguridad básicas que deberá cumplir todo relleno sanitario (artículo N°1). Las Secretarías Regionales Ministeriales estarán a cargo de fiscalizar y controlar el cumplimiento de sus disposiciones. (artículo N°2).

Adicionalmente, se establecen todos los requerimientos técnicos que debe poseer un proyecto de relleno sanitario para ser presentado al SEA o a la autoridad sanitaria para su aprobación (diseño ingeniería, descripción del sitio, plan de operación, plan de contingencias, plan de cierre y plan de monitoreo).

13) Reglamento Sobre Manejo de Residuos de Establecimientos de Atención de Salud (REAS), D.S N°6/2009 del MINSAL: establece las condiciones sanitarias y de seguridad básicas a las que deberá someterse el manejo de los residuos generados en establecimientos de atención de salud (artículo N°1), correspondiendo su fiscalización al Ministerio de Salud a través de las Secretarías Regionales Ministeriales de Salud (artículo N°51).

14) Reglamento para el Manejo de Lodos Generados en Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS), D.S N°4/2009 SEGPRES: Tiene por objetivo regular el manejo de lodos provenientes de PTAS, para lo cual establece la clasificación sanitaria de los lodos y las exigencias sanitarias mínimas para su manejo, además de las restricciones, requisitos y condiciones técnicas para la aplicación de lodos en determinados suelos.

Los lodos clasificados como peligrosos deberán someterse a lo establecido en el reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos (numeral 10).

La fiscalización del cumplimiento de lo señalado en el reglamento corresponderá a las Secretarías Regionales Ministeriales y a las Direcciones Regionales del Servicio Agrícola y Ganadero.

15) Ley N°20.417/2010 Crea el Ministerio de Medio Ambiente, la Superintendencia de Medio Ambiente y el Servicio de Evaluación Ambiental: Crea estas tres instituciones robusteciendo la institucionalidad del país en materia ambiental.

16) Regula la Autorización de Movimientos Transfronterizos de Residuos Peligrosos Consistentes en Baterías de Plomo Usadas, D.S N°2/2010 del MINSAL: Prohíbe el movimiento transfronterizo de batería de plomo usadas, desde Chile a terceros países, en tanto existan instalaciones en el país con capacidad para procesar estos residuos peligrosos.

17) Reglamento para el Manejo de Lodos Provenientes de Plantas de Tratamiento de Efluentes de la Industria Procesadora de Fruta y Hortalizas, D.S N°3/2012 del MMA: Establece las exigencias sanitarias mínimas para el manejo, restricciones, requisitos y condiciones técnicas para la aplicación de lodos en determinados suelos.

Las instalaciones de tratamientos de lodos como los lugares destinados a su almacenamiento deberán contar con la autorización de la Secretaría Regional Ministerial de Salud respectiva, con base del proyecto presentado por su titular (artículo N°5).

18) Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, D.S

N40/2012 del MMA: Establece las disposiciones por las cuales se regirá el Sistema y la Participación Ciudadana en el proceso de evaluación de impacto ambiental, de conformidad a los preceptos establecidos en la Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente.

19) Reglamento del Registro de Emisiones y Transferencias Contaminantes

(RETC), D.S N°1/2013 del MMA: El RETC se crea a partir de la Ley N°20.417 y es una base de datos de emisiones, residuos y transferencias de contaminantes potencialmente dañinos para la salud y medio ambiente. Por medio de este reglamento se busca regular su contenido, estructura y funcionamiento.

Uno de los puntos relevantes del reglamento es la creación de una ventanilla única para reportar información al RETC, a través de su portal electrónico.

20) Norma de Emisión para Incineración, Coincineración y Coprocesamiento,

D.S N°29/2013 del MMA: Establece las normas de emisión para las instalaciones de incineración, coincineración que correspondan a hornos rotatorios de cal o instalaciones forestales y para las instalaciones de coprocesamiento correspondientes a hornos de cemento, que utilicen combustibles distintos a los tradicionales.

En la norma se fijan los límites de emisión, la frecuencia y sistema de medición. Adicionalmente se establece la metodología de medición y el plan de monitoreo.

21) Protocolo de Londres, D.S N°136/2013 del MINREL:

Su objetivo es proteger el medio marino contra todas las fuentes de contaminación, adoptando medidas eficaces para prevenir, reducir y, de ser factible, eliminar la contaminación causada por el vertimiento o incineración de desechos u otras materias en el mar.

22) Ley N°20.879/2015 Sanciona el Transporte de Desechos Hacia Vertederos

Clandestinos, MTT: Establece las sanciones para quien encargue o realice, mediante vehículos motorizados o no motorizados o a tracción animal, el transporte, traslado o depósito de basuras, desechos o residuos de cualquier tipo, hacia o en la

vía pública, sitios eriazos, en vertederos o depósitos clandestinos o ilegales, o en los bienes nacionales de uso público.

23) Ley Marco para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje, Ley N°20.920/2016 del MMA: Tiene como objetivo disminuir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y valorización, a través de la instauración de la Responsabilidad Extendida del Productor y otros instrumentos de gestión de residuos. La REP busca que los productores de productos prioritarios se hagan responsables de la organización y financiamiento de la gestión de residuos de los productos prioritarios que comercializan en el país, cumpliendo con las metas que se le impondrán, a través de los reglamentos específicos para producto prioritario. Gradualmente irá aumentando la lista de productos prioritarios.

24) Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas, D.S N°43/2016 del MINSAL: Establece las condiciones de seguridad de las instalaciones de almacenamiento de sustancias peligrosas. Las Secretarías Regionales Ministeriales de Salud se encargarán de fiscalizar que las normas contenidas en este reglamento se cumplan (artículo N°192).

25) Reglamento del Fondo para el Reciclaje, D.S N°7/2017 del MMA: El Fondo para el Reciclaje busca prevenir la generación y fomentar la reutilización y la valorización de residuos. Con este reglamento se establecen las normas y procedimientos para postular, evaluar, seleccionar y adjudicar recursos a los proyectos, programas y otras acciones que sean elegibles para ser financiadas por el Fondo.

26) Reglamento que Regula el Procedimiento de Elaboración de los Decretos Supremos Establecidos en la Ley N°20.920, D.S N°8/2017 del MMA: Establece los procedimientos para elaborar los instrumentos destinados a prevenir la generación de residuos o fomentar su valorización, como aquellos destinados a establecer metas y obligaciones para productos prioritarios. Adicionalmente, regula el procedimiento, requisitos y criterios para la utilización de sistemas de gestión.

27) Fortalecimiento de la Regionalización del País, Ley N°21.074/2018: Establece modificaciones a la Ley N°19.175/2005 sobre Gobierno y Administración Regional. En el punto 7, introduce una modificación al artículo N°17 de la citada ley, incorporando dentro de las funciones de los gobiernos regionales la elaboración y

aprobación del plan regional de ordenamiento territorial en coherencia con la estrategia regional de desarrollo y la política nacional de ordenamiento territorial. Este plan regional de ordenamiento territorial es un instrumento que orienta la utilización del territorio de la región para lograr su desarrollo sustentable a través de lineamientos estratégicos y una macro zonificación de dicho territorio, estableciendo con carácter vinculante, condiciones de localización para la disposición de los distintos tipos de residuos y sus sistemas de tratamientos, junto con la identificación de las áreas para su localización preferente. El incumplimiento de las condiciones provocará la caducidad de las autorizaciones respectivas, sin perjuicio de las demás consecuencias que se establezcan. El plan reconocerá, además, las áreas que hayan sido colocadas bajo protección oficial, de acuerdo con lo dispuesto en la legislación respectiva.

Adicionalmente, podrán financiar estudios que definan las condiciones de localización para la disposición de los distintos tipos de residuos y los sistemas de tratamientos más adecuados para cada uno de ellos, en coordinación con las Secretarías Regionales Ministeriales de Vivienda y Urbanismo, de Medio Ambiente y de Salud respectivas, en conformidad a las normas que rigen la materia.

Por último, en el artículo octavo (transitorio), se indica que, al periodo anterior de la entrada en vigencia del programa regional de ordenamiento territorial, de no haber acuerdo con los municipios involucrados, en relación con la localización de los distintos tipos de residuos con base en los estudios señalados precedentemente en el párrafo anterior, será el Gobierno Regional quien tome esta determinación.

2. Marco Institucional Vigente

El conjunto normativo descrito en el punto anterior entrega responsabilidades y decisiones en diversos ámbitos a distintos ministerios e instituciones públicas, a saber:

1) Ministerio de Agricultura: A través del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) autoriza y fiscaliza a terceros en la ejecución del desembarco, transporte, tratamiento y disposición final de material orgánico de naves provenientes del extranjero o puertos nacionales en cuarentena.

2) Ministerio de Medio Ambiente: A través de:

a) *Servicio Evaluación Ambiental (SEA):* Administra el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), en el que se realizan evaluaciones ambientales a

proyectos de inversión¹⁵, verificando que se ajusten a lo establecido en la normativa vigente. En el desarrollo de sus funciones interactúa con una serie de organismos fiscalizadores.

- b) *Superintendencia de Medio Ambiente*: Cumple el rol de fiscalizador y de sanción sobre los instrumentos de gestión ambiental vigentes en el país (Ley N° 19.300): Resoluciones de Calificación (RCA), Normas de Emisión, Normas de Calidad y Planes de Prevención y/o de Descontaminación Ambiental, entre otros.

Para llevar a cabo dichas funciones, la Superintendencia puede desarrollar esta labor mediante tres modalidades de fiscalización. En primer lugar, mediante una modalidad directa, a través de sus propios funcionarios; en segundo lugar, a través de los organismos sectoriales, pudiendo encomendarles determinadas labores de fiscalización sobre la base de los programas y subprogramas que se definirán en conjunto para tal efecto; y, finalmente, mediante terceros debidamente acreditados y autorizados por la Superintendencia.

3) Ministerio de Salud: En temas de gestión de residuos funciona como organismo fiscalizador, en coordinación con la SMA, procurando garantizar la salud de la población. Entre otras funciones:

- a) Autoriza:
- La instalación y operación de rellenos sanitarios.
 - La construcción de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS).
 - Los requisitos técnicos de vehículos de transporte de basura y desperdicios. Adicionalmente.
- b) Fiscaliza:
- Pautas para la disposición de residuos industriales líquidos y sólidos (D.S N°594).
 - Rellenos Sanitarios (D.S N°189).

¹⁵ En el caso de Gestión de Residuos inversiones asociadas a Rellenos Sanitarios, Valorización y otros.

- Manejo de residuos en establecimientos de salud.
- Manejo de lodos generados en PTAS.
- Manejo de lodos generados en PTAS de la industria procesadora de fruta y hortalizas.
- Almacenamiento de sustancias peligrosas.

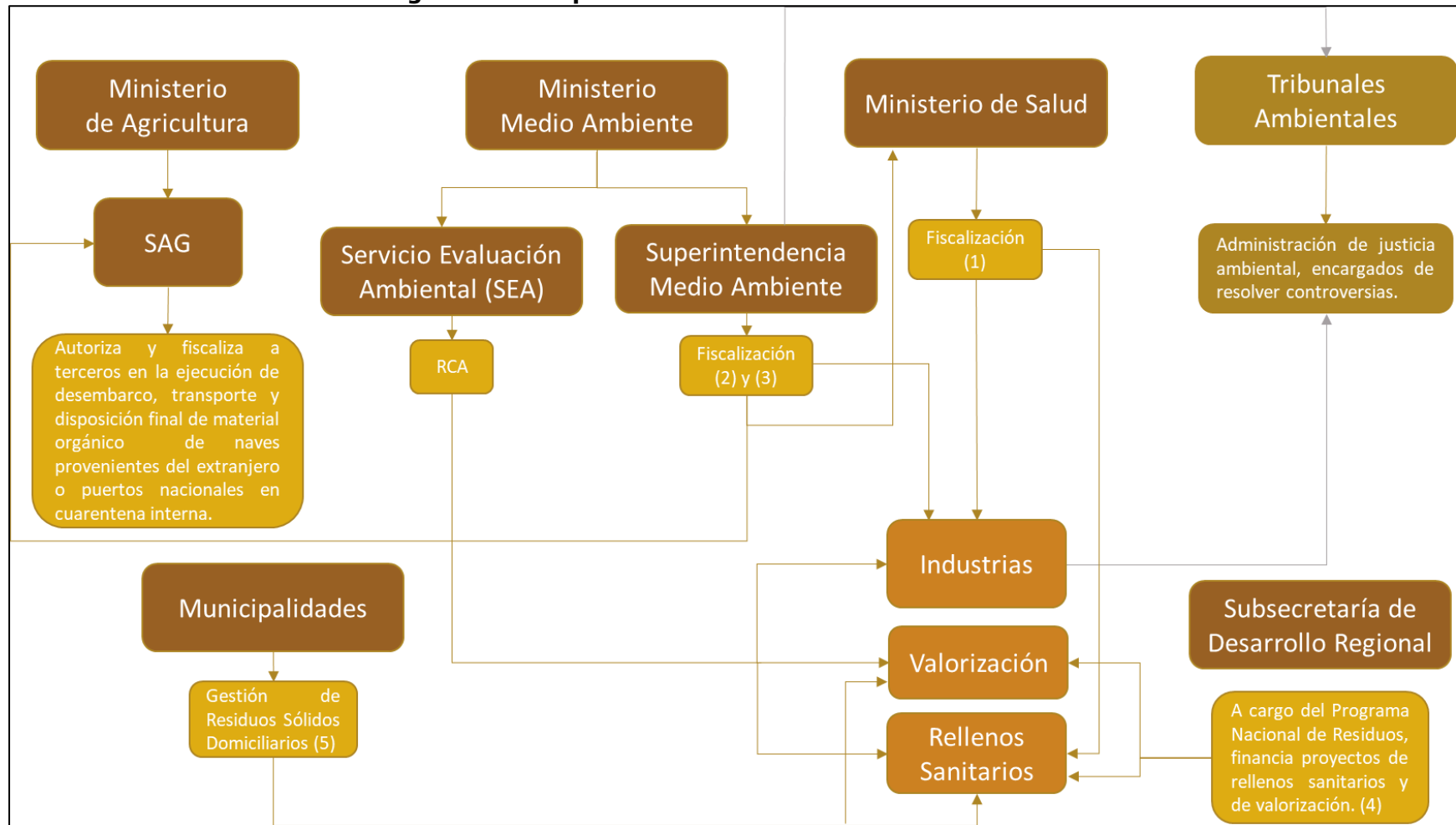
4) Tribunales Ambientales: en materia de administración de justicia ambiental.

5) Municipalidades: En materia de gestión de residuos sólidos municipales y autorización de transporte de basura.

6) Subsecretaría de Desarrollo Regional (SUBDERE): a cargo del Programa Nacional de Residuos.

En la Figura N°2 se presenta el esquema institucional, con funciones y relaciones operativas de la Gestión de Residuos Sólidos.

Figura N°2. Esquema Institucional Gestión de Residuos



Fuente: Elaboración Propia

C. Programas de Fomento al Reciclaje

En este capítulo se describirán cuatro experiencias de fomento al reciclaje desarrolladas en la Región Metropolitana.

1. Programa Santiago Recicla

Este programa impulsado por la Secretaría Regional Ministerial Metropolitana de Medio Ambiente se encuentra en el marco de su “Estrategia Jerarquizada en el Manejo de Residuos” y de la “Estrategia Regional de Desarrollo 2012 – 2021”¹⁶ elaborada por el Gobierno Regional Metropolitano. Nace ante el aumento en un 30% en la generación de residuos en Chile¹⁷, sin un aumento proporcional en las tasas de reciclaje y valorización, las que se han estancado en torno al 10%, generando presión en la capacidad de disposición del país. La Región Metropolitana se ve particularmente afectada por este fenómeno, ya que concentra alrededor del 40% de la población de Chile.

De acuerdo al diagnóstico elaborado por este programa, las bajas tasas de reciclaje y valorización se explican por:

- a) Falta de conocimiento técnico para implementar sistemas de recogida de residuos valorizables;
- b) Insuficiencia de puntos limpios o puntos verdes en el territorio
- c) Ausencia de incentivos para la ciudadanía para reutilizar y reciclar.

Ante este escenario el programa busca contribuir al aumento del reciclaje de residuos sólidos, evitando su disposición final en rellenos sanitarios y/o vertederos, mediante tres iniciativas complementarias que se detallan a continuación:

1) Un Estudio Básico: “Diagnóstico Modelo de Gestión de Recolección Segregada de Residuos Domiciliarios Valorizables Casa a Casa en la RM”.

Tiene por objetivo levantar información técnico – económica en relación a la implementación de un modelo de gestión de recolección segregada de residuos casa a casa, en comunas representativas de la realidad urbana y rural de la Región

¹⁶ Instrumento de Planificación que enuncia las inversiones de largo plazo de la RM. En este caso, hace referencia a uno de sus lineamientos denominado “Santiago – Región Limpia y Sustentable”.

¹⁷ Aumentó en Chile en un 30% según la Segunda Evaluación de Desempeño Ambiental de la OCDE del año 2016.

Metropolitana. Incluye la realización de un proyecto piloto y el levantamiento de información de éste.

Su costo asciende a los \$323.006.939 en moneda 2018.

2) Un Programa: "Transferencia de Capacitación y Difusión en Gestión y Valorización de Residuos para Comunidades Educativas y Territoriales de la Región Metropolitana".

Tiene como objetivo concientizar a la población de la necesidad y beneficios de prevenir la generación de residuos, promoviendo su reciclaje y valorización por medio de la capacitación y educación ambiental. Se espera un aumento del 5% de la población que recicla en la RM.

Para lograr este objetivo, esta iniciativa propone diseñar e implementar un programa educación ambiental para la ciudadanía, trabajando a nivel comunitario en torno a los distintos puntos limpios que se emplazan en la región e instalando conceptos, desarrollando habilidades y actitudes que permitan aumentar el porcentaje de personas que efectivamente valoriza sus residuos.

Asimismo, aborda la implementación de un programa de difusión tanto de los puntos de entrega voluntaria (puntos limpios y puntos verdes)¹⁸ existentes como de las temáticas referidas a la reducción, reutilización y reciclaje de los residuos, relevando con ello la importancia de cambiar las conductas, reconociéndonos como parte del problema y la solución.

Esta iniciativa tiene tres componentes:

- a) *Componente 1:* Implementar una estrategia que fortalezca el trabajo en red para la gestión de residuos en la RM.
- b) *Componente 2:* Capacitar en gestión de residuos en establecimientos educacionales, funcionarios municipales y ciudadanía en general.
- c) *Componente 3:* Implementar un plan comunicacional con énfasis en la valorización y gestión de residuos.

¹⁸ Punto Limpio: es una instalación donde se recogen y almacenan temporalmente y de forma gratuita los residuos domésticos que, por su gran volumen o peligrosidad, no deben arrojarse a la bolsa de la basura ni depositarse en los contenedores de la calle.

Punto Verde: sitio de recolección de materiales reciclables, diseñados especialmente para que puedas disponer de tus residuos domiciliarios diariamente.

Su costo asciende a los \$1.014.238.328 en moneda 2018.

3) Un Proyecto: "Construcción de una Red de Puntos Limpios en la Región Metropolitana".¹⁹

Esta iniciativa consiste en la implementación de una red de reciclaje, mediante la construcción de 20 Puntos Limpios (PL), con el objetivo de descomprimir el sistema de gestión de residuos sólidos de la RM, aumentando la tasa de valorización de residuos y la vida útil de los rellenos sanitarios existentes.

Se estima que este proyecto beneficia a 233.460 habitantes de las 16 comunas²⁰ que lo integran.

Esta iniciativa financia la inversión inicial de cada PL, con fondos aportados por el Gobierno Regional a través del FNDR. Por su parte, los costos de operación y mantención de cada PL deben ser financiados por los municipios participantes, estimando que éstos pueden alcanzar un valor máximo de \$31.839.605 anuales (moneda 2018), pudiendo ser menores dependiendo del modelo de PL seleccionado por el municipio²¹, la cantidad de residuos valorizables que maneje y la modalidad de operación que se utilice. En relación a esto último se contemplan tres modalidades: i) operado por el municipio, ii) operado por recicladores de base y iii) operado por una empresa externa.

Por otra parte, se contempla la obtención de ingresos por la venta de residuos valorizables y una generación de ahorros por un menor tonelaje de residuos a disponer, permitiendo que en el mediano plazo cada PL sea autofinanciado.

El costo de esta iniciativa asciende a los \$3.316.585.759 en moneda 2018.

Estas tres iniciativas fueron financiadas con recursos del FNDR, aprobadas por el Gobierno Regional en el año 2016 por un monto total de \$4.653.831.026 actualizado a moneda 2018.

¹⁹ En el Anexo N°2 se adjuntan comentarios sobre la evaluación socioeconómica desarrollada para la aprobación de este proyecto en el contexto del Sistema Nacional de Inversiones.

²⁰ Las comunas que son parte de este proyecto son: Calera de Tango, Cerrillos, Colina, Estación Central, Independencia, Isla de Maipo, La Florida, La Granja, Maipú, Melipilla, Pedro Aguirre Cerda, Peñalolén, Puente Alto, Quilicura, Quinta Normal y Santiago

²¹ Se manejan tres modelos de Puntos Limpios de 240 m², 400 m² y 1.000 m².

2. Programa MSUR Recicla²²

La Asociación Metropolitana de Municipalidades de Santiago Sur para la Gestión Ambiental y Residuos (MSUR), es una organización sin fines de lucro, cuyo objetivo principal es desarrollar una gestión integral de residuos generados en las comunas socias y su valorización. En la actualidad cuenta con 19 municipios asociados.

En ese contexto MSUR lanza el programa “MSUR Recicla”, con el apoyo del Ministerio de Medio Ambiente, El Gobierno Regional Metropolitana y el Banco Interamericano de Desarrollo. Adicionalmente, cuenta con la asesoría de la Universidad de Chile, Universidad de Santiago de Chile y la Universidad Tecnológica Metropolitana.

Este programa consiste en la recolección segregada de residuos en origen, de envases y embalajes (papel – cartón, vidrio y PET) con una periodicidad de 1 vez por semana, para posteriormente vender estos residuos a gestores transformadores. Durante el 2019 se espera llegar a 280.000 hogares y a fines de 2020 duplicar esta cifra.

La inversión realizada en este Programa es de aproximadamente \$951.000.000, financiada por el Gobierno Regional Metropolitano (GORE), consistente en 19 camiones recolectores y 3 camionetas.

Su costo de operación asciende a los \$3.000.000 mensuales por camión aproximadamente, financiado en un 50% (\$1.500.000) por aportes del municipio al que se le presta el servicio y el otro 50% restante (\$1.500.000) obtenido a partir de la venta de los residuos recolectados a recicladores industriales. En el caso que un municipio requiera un camión adicional el costo de operación a pagar por el municipio asciende a \$2.500.000 mensuales.

Los gastos de administración del programa los asume MSUR.

La estructura de costos de operación por camión viene dada por el siguiente itemizado:

- 1 chofer
- 2 auxiliares
- Diesel
- Mantención camión

²² Información recopilada a partir de entrevista con el Secretario Ejecutivo de MSUR Sr. Jaime Cataldo. La pauta y tabulación de la entrevista se encuentra en Anexo N°3.

- Reparación camión

En resumen, este programa sigue un modelo asociativo (conjunto de municipalidades) con una coordinación centralizada (MSUR), que realiza recolección segregada en origen, destinando estos residuos para la venta a recicladores industriales. La inversión es financiada por el GORE RM y su operación se sustenta en un 50% con aportes municipales y el otro 50% con cobros por los residuos puestos en las plantas de los recicladores industriales.

La venta de los residuos se realiza a través de convenios con los recicladores industriales, siendo los principales compradores: Reciclados Industriales (papel y cartón), Recipet (PET) y Cristalerías Toro (vidrio).

3. Reciclaje de Espacios Públicos (PREP)

Programa perteneciente a MSUR, consiste en la instalación de contenedores (campanas) en espacios públicos para residuos separados y posterior venta a recicladores industriales.

A la fecha cuenta con 27 contenedores distribuidos entre las comunas asociadas a MSUR. La inversión por cada contenedor asciende aproximadamente a los \$650.000, totalizando una inversión de \$17.550.000. La recolección de los residuos acumulados en los contenedores es contratada a empresas privadas, con una frecuencia de 1 vez por semana, quedando el aseo del entorno de los contenedores bajo la responsabilidad de los municipios.

4. Programa Reciclaje Inclusivo (PRI), Municipalidad de Peñalolén²³

Este programa es un sistema de recolección y valorización de residuos, realizado por recicladores de base coordinado por el Municipio. Se define como un programa de emprendimiento social, basado en la articulación de las esferas del desarrollo sustentable, en el cual se integra la variable económica, social y ambiental; permitiendo que los recicladores de base tengan un trabajo digno, profesionalizando su oficio. Por otra parte, ayuda a ofrecer un servicio de retiro de residuos a la comunidad y a reducir los residuos comunales.

²³ Información obtenida a partir de entrevista con el Coordinador de Proyectos de Reciclaje de la II. Municipalidad de Peñalolén Sr. Marcelo Mínguez. La pauta y tabulación de la entrevista se encuentra en el Anexo N°3.

Es un programa inclusivo cuyo objetivo es fomentar la integración laboral – social de los recicladores de base, mejoramiento y estabilización de sus ingresos monetarios y la valorización de residuos domiciliarios de la comuna.

La Municipalidad de Peñalolén es el gestor de este programa a través de generar rutas de reciclaje dentro de la comuna, a cada una de las cuales se asigna un reciclador de base. Para llevar a cabo esta gestión, la Municipalidad, previo al inicio de las rutas de reciclaje, realiza campañas educativas y capacita tanto a los vecinos adscritos voluntariamente al programa como a los recicladores de base; la asignación de un reciclador por ruta de reciclaje permite generar una relación de confianza entre el reciclador de base y el vecino.

Parte de la gestión Municipal es la evaluación de rutas de reciclaje, impacto de la educación ambiental de los vecinos y la identificación de amenazas. Para ello el Municipio ha desarrollado una aplicación móvil que se proporciona gratuitamente a cada vecino adscrito al programa, la que permite gestionar:

- Información sobre las fechas de recolección, información del reciclador de base y valoración por cada vecino del servicio de recolección en cada oportunidad que se realiza.
- Solicitudes de retiro no programado de residuos.
- Información sobre localización de puntos limpios, puntos verdes y campanas de reciclaje de la comuna.
- Mensajería, sugerencias y reclamos.

Actualmente el PRI cuenta con 63 rutas de reciclaje, retiros programados cada 15 días, 33 recicladores de base y atiende aproximadamente a 6.000 familias. La meta para finales del año 2020 es alcanzar cerca de 15.000 familias adscritas al programa, que corresponden a cerca del 25% de las familias de la comuna.

Dadas las características del PRI, el programa no tiene inversión inicial ni costos de recolección y transporte, ya que el programa se basa principalmente en la gestión y organización de terceros (recicladores de base – vecinos). El costo para la municipalidad consiste, principalmente, en las remuneraciones y gastos operativos de la unidad encargada de la gestión del programa.

No obstante, existen actualmente otros proyectos de inversión en materias de reciclaje que servirán de apoyo al PRI., como es el caso de la construcción de un Centro de Reciclaje de más de 1.000 m² de superficie, cuyo financiamiento fue adjudicado por la Municipalidad de Peñalolén a través de los Fondos Concursables para 20 puntos limpios en la Región Metropolitana licitados por el GORE de la RM.

Este Centro de Reciclaje se destinará al tratamiento de residuos, acopio y generación de economías de escala en materias de valorización. Con ello, los recicladores de base tendrán acceso a lugares de acopio propios, lo que permitirá protegerlos de variaciones en el corto plazo de los precios de los residuos sólidos para reciclaje y comercializar directamente sus productos evitando costos de intermediación, todo lo cual debiera incrementar y estabilizar sus ingresos, objetivo central del PRI.

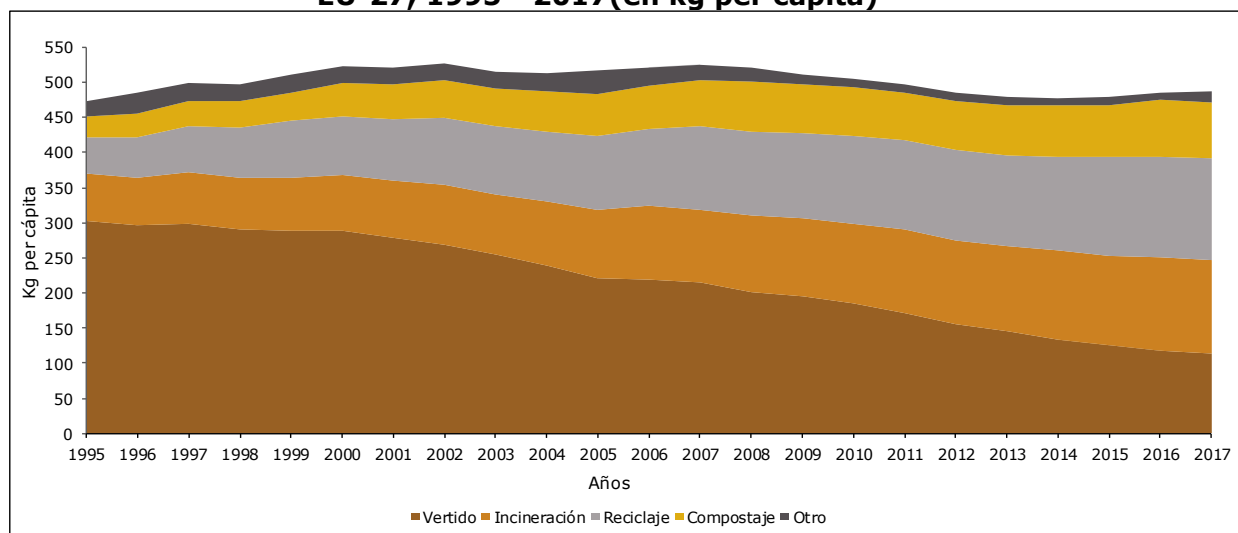
D. Revisión de Experiencias Internacionales

1. El Caso de los Países de la Unión Europea

En las últimas dos décadas, los países europeos han ido cambiando su enfoque con respecto a los residuos sólidos urbanos (RSU), migrando desde los métodos donde se priorizaba el vertido de residuos hacia estrategias encaminadas a la prevención, el reciclaje y la valorización energética (Figura N°3).

Es así como la cantidad total de residuos sólidos dispuestos disminuyeron desde 145 MMton (302 kg per cápita) en 1995 a 58 MMton (114 kg per cápita) en 2017, tal como se muestra en la Figura N°3, representando una disminución de 59% en el periodo, es decir, una disminución anual promedio del 4,1%.

Figura N°3. Tratamiento residuos sólidos municipales por tipo de tratamiento EU-27, 1995 - 2017(en kg per cápita)



Fuente: Eurostat 2019.

Esta reducción puede atribuirse a la aplicación temprana de la legislación expresada en las Directivas que se muestran en la Tabla N°2. Así, por ejemplo, la Directiva 62/1994, que establece las normas de la Unión Europea (UE) sobre gestión de envases y residuos de envases fue modificada por la Directiva (UE) 2018/852, con el propósito de que los objetivos de reciclaje y recuperación de envases se encaminen a alcanzar metas del 60% y 70% para los años 2025 y 2030 respectivamente (EUR-Lex, 2018b).

Asimismo, la Directiva 31/1999 relativa al vertido de residuos (modificada actualmente por la Directiva (UE) 2018/850), estipuló que los Estados Miembros estaban obligados a reducir la cantidad de residuos municipales biodegradables que van a vertedero, con

metas por periodo: i) al 75% para el 16 de julio de 2006, ii) al 50% para el 16 de julio de 2009 y iii) al 35% para el 16 de julio de 2016 (Eurostat, 2019). Actualmente, y con la modificación de la Directiva, el objetivo para el año 2035, es que la cantidad de residuos depositados en vertederos habría de reducirse hasta el 10% o menos de la cantidad total de RSM generados (RETEMA, 2018).

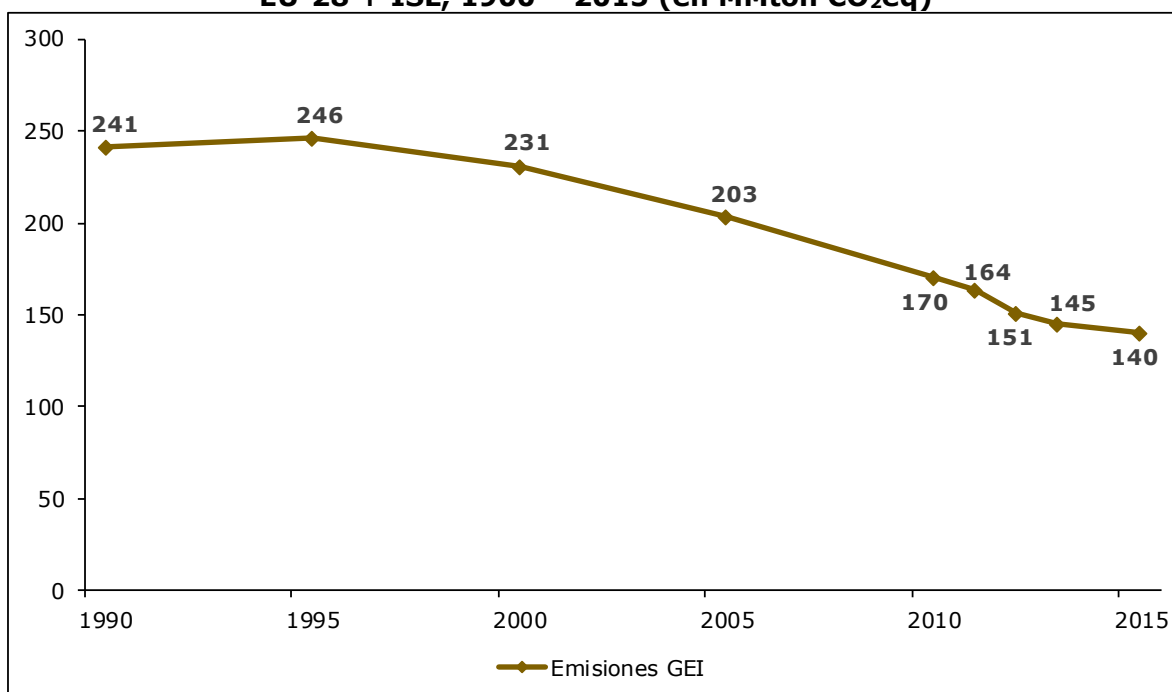
Tabla N°2. Directivas Asociadas a la Gestión de Residuos en la Unión Europea

N°	Tema	Directiva	Ref.
1	Residuos	Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas	1
2	Vertido de residuos	Directiva (UE) 2018/850 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 1999/31/CE relativa al vertido de residuos	2
3	Envases y residuos de envases	Directiva (UE) 2018/852 del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de diciembre de 1994 relativa a los envases y residuos de envases	3
4	Vehículos al final de su vida útil	Directiva 2000/53/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de septiembre de 2000, sobre vehículos al final de su vida útil	4
5	Baterías y acumuladores	Directiva 2006/66/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 6 de septiembre de 2006 relativa a las pilas y acumuladores y a los residuos de pilas y acumuladores y por la que se deroga la Directiva 91/157/CEE	5
6	Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos	Directiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de julio de 2012 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	6

Fuente: [1] (EUR-Lex, 2008); [2] (Eur-Lex, 2018); [3] (EUR-Lex, 2018a); [4] (EUR-Lex, 2000); [5] (EUR-Lex, 2006) y [6] (EUR-Lex, 2012).

Los esfuerzos en la implementación de políticas para el aprovechamiento de los residuos como recursos, ha contribuido a que este sector haya tenido una de las mayores disminuciones en emisiones de gases efecto invernadero (GEI), lográndose una reducción del 42%, es decir, de 240 MMton CO₂eq en 1990 a 138 MMton CO₂eq en 2015 (EEA, 2017), como se ilustra en Figura N°4.

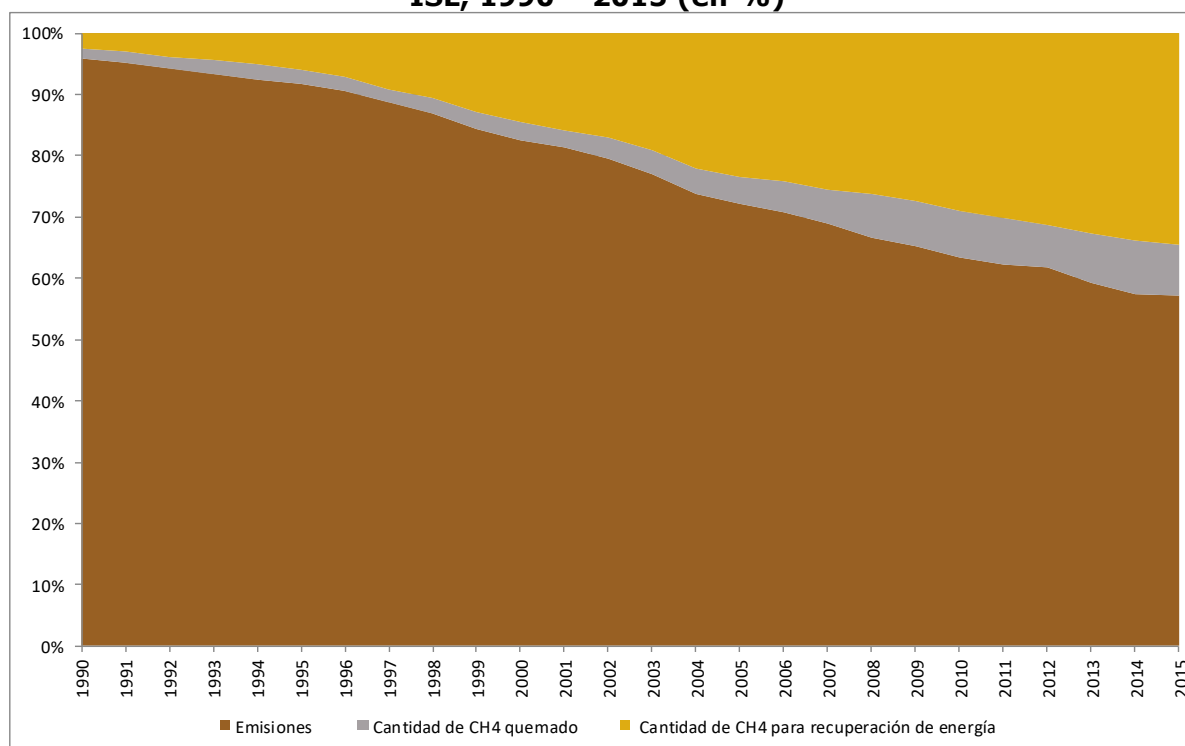
Figura N°4.Reducción de las Emisiones de GEI en el Sector de Residuos en los EU-28 + ISL, 1900 – 2015 (en MMton CO₂eq)



Fuente: EEA (2017)

El metano (CH₄), fuente principal de emisiones en este sector, proviene de la descomposición de la fracción orgánica de los residuos que van a disposición final. Las emisiones de CH₄ en los sitios de disposición final están influenciados por la cantidad de CH₄ recuperado o quemado. Desde 1990, la participación de la recuperación de CH₄ ha aumentado significativamente en los países de la UE como se muestra en la Figura N°5.

Figura N°5. CH₄ recuperado y quemado en los sitios de vertido de los EU-28 + ISL, 1990 – 2015 (en %)



Fuente: EEA (2017)

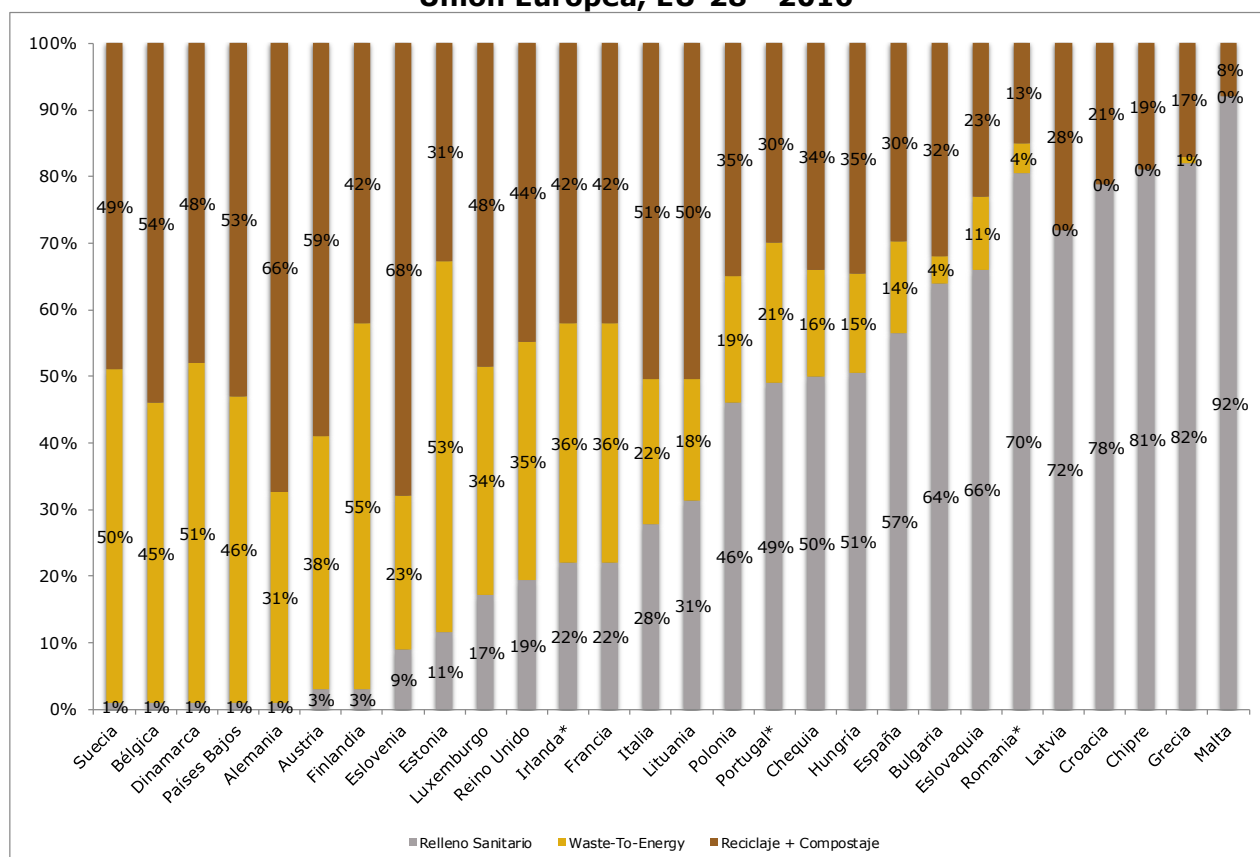
1.1 Avances por País e Instrumentos de Política

1.1.1 Estrategias de Vertido Cero

El común denominador entre los países de la UE es avanzar hacia estrategias de vertido cero mediante el fomento del reciclaje, compostaje e incineración (con o sin recuperación de energía). Tal es así, que sobre el total de residuos sólidos municipales tratados durante el año 2016, los 28 países de la UE, en promedio, presentaron una tasa de reciclaje y compostaje del 46%, seguida de una tasa de valorización energética del 28% y sólo un 25% enviado a disposición final.

Al realizar un análisis más detallado es posible apreciar, tal como se muestra en la Figura N°6, que existe un primer grupo de países con un importante grado de avance en la implementación de esta estrategia, con un 2% de los residuos destinados a disposición final, en promedio. El 98% restante se divide en reciclaje y compostaje, con un 53% e incineración con un 45%. Entre estos países están Suecia, Bélgica, Dinamarca, Países Bajos, Alemania, Austria y Finlandia.

Figura N°6. Prácticas en el Manejo de los Residuos Sólidos en los Países de la Unión Europea, EU-28 - 2016



Fuente: CEWEP (2019)

***Datos 2014**

En un segundo estado de implementación de la estrategia se encuentra un grupo de países que cuenta, en promedio, con un 20% de disposición final, un 33% de valorización energética y un 48% de reciclaje y compostaje. Es posible observar que se privilegia el reciclaje y compostaje frente a la incineración como estrategia de minimización. Entre los países que conforman este grupo podemos encontrar a Eslovenia, Estonia, Luxemburgo, Reino Unido, Irlanda, Francia, Italia y Lituania.

Más atrás, en un tercer nivel de implementación, se encuentran países como Polonia, Portugal, República Checa, Hungría, España, Bulgaria y Eslovaquia. Este grupo de países presenta en promedio una tasa de disposición final del 54%, una tasa de reciclaje y compostaje del 31% y una tasa del 14% de valorización energética. Se observa, una profundización del uso del reciclaje y compostaje como estrategia de minimización.

En el último nivel de desarrollo de esta estrategia se tiene a un grupo de países que cuentan en promedio con una tasa de disposición final del 79%, una tasa de reciclaje y compostaje del 19% e incineración del 2%, entre ellos Grecia y Croacia. Es posible

apreciar que casi no existe valorización energética y los esfuerzos por implementar la estrategia de minimización recae casi en su totalidad en reciclaje y compostaje.

1.1.2 Instrumentos de Política

Los países de la UE usan una variedad de instrumentos de política para evitar el vertido de residuos y avanzar hacia estrategias para aprovecharlos como recursos. La Tabla N°3 ofrece una visión general de los instrumentos que han sido utilizados en el período 2001 – 2015, de los cuales es posible comentar lo siguiente:

- Los países que utilizan varios de los instrumentos presentados en la Tabla N°3, cuentan con tasas más altas de reciclaje que los países que usan pocos o ningún instrumento. Sin embargo, la forma en que se combinan los mismos puede ser más relevante que el número total de instrumentos.
- Aunque muchos países cuentan con más de dos planes de gestión, el rendimiento en las tasas de reciclaje puede diferir grandemente. No existe una diferencia sistemática en el rendimiento entre países con planes de gestión nacionales y con planes de gestión regionales.
- Muchos de los países que utilizan incentivos económicos como el "pagar por botar" (tarifas basadas en el peso o volumen de los residuos como un mecanismo para que los hogares reciclen sus residuos), cuentan con tasas de reciclaje superiores al 45%, mientras que los que no lo utilizan, poseen tasas de reciclaje inferiores al 20%, lo que indicaría que este incentivo vendría a ser un instrumento eficaz para impulsar el reciclaje.
- Los países que tienen tasas de vertido por debajo del promedio han prohibido el vertido de RSM biodegradables o mixtos, o han implementado una prohibición combinada con un impuesto de vertido de al menos €30 por tonelada.
- Es posible esperar que otros factores puedan influir en la generación de altas tasas de reciclaje, como por ejemplo, el nivel de desarrollo (producto interno bruto), la concientización ambiental de los ciudadanos, las tarifas para la gestión y la aplicación rigurosa de la legislación referida a los residuos.

Tabla N°3. RSM e instrumentos de política en EU-28, periodo 2001-2015

	Austria	Bélgica	Bulgaria	Croacia	Chipre	Chequia	Dinamarca	Estonia	Finlandia	Francia	Alemania	Grecia	Hungría	Irlanda	Italia	Latvia	Lituania	Luxemburgo	Malta	Países Bajos	Polonia	Portugal	Rumania	Eslovaquia	Eslovenia	España	Suecia	Reino Unido
Dos o más planes de gestión de residuos han sido desarrollados entre 2001 y 2015 (o último año disponible)									6									13										
Solo planes de gestión de residuos regionales																												
Impuesto por vertido incrementó por más del 50% desde el 2001 (o último año disponible)	1	2		5							5	5					11	5	5	14			5			18		
Impuesto de vertido de por lo menos 30€/Ton (o último año disponible)	1			5							5	5						5	5				5					
Impuesto por Incineración																										19		
Prohibición de vertido de residuos orgánicos o RSM no tratados														*			12			16					20	22		
Separación obligatoria de residuos reciclables y de fracción orgánica			4										7	8	10											21		
"Pagar por botar" (Pay-as-you-throw) u otro incentivo económico para el reciclaje		3				*	*			*		*	*	9	*					15				17		*		

Fuente: EEA (2018)

¹ Impuestos sobre residuos radiactivos a vertederos hasta el año 2009

² En Valonia se incrementó a más del 50%

³ Solo Flandes y Valonia

⁴ Ordenanza del año 2013

⁵ Sin impuesto

⁶ Dos planes de gestión durante el período 1998-2008

⁷ Recogida obligatoria de residuos verdes desde 2013

⁸ Recolección de residuos orgánicos desde 2016

⁹ Regulación del año 2015

¹⁰ Solo en algunas regiones

¹¹ Impuesto sería introducido desde el año 2016

¹² Prohibición de vertido de residuos orgánicos, así como de parques y jardines

¹³ Dos planes de gestión desde el año 2000 al 2010

¹⁴ Impuesto abolido en el año 2012

¹⁵ El 40% de las municipalidades

¹⁶ Residuos orgánicos recolectados de forma separada

¹⁷ Cobertura desconocida

¹⁸ Impuestos solo en Cataluña y Castilla y León

¹⁹ Sólo en Cataluña

²⁰ Prohibición de vertido para materiales reciclables

²¹ En Cataluña y en otros Ayuntamientos de otras regiones

²² Impuesto abolido en 2010

* El instrumento en el país no es obligatorio o se implementa sólo en algunas regiones o municipios.

El desafío para los países de la UE en los próximos años será alcanzar metas de reciclaje mayores al 50%, donde, varios de los países que reciclan menos de una quinta parte de los RSM generados, deberán intensificar sus esfuerzos en la aplicación y combinación de instrumentos que permitan el logro de estos objetivos, así como el uso de las mejores técnicas disponibles para aprovecharlos como recursos, ingresándolos nuevamente en la cadena de valor.

2. El Caso de Cantabria, España

Cantabria es una Comunidad Autónoma que limita al norte con el mar Cantábrico, al sur con Castilla y León, al este con el País Vasco y al oeste con el Principado de Asturias. Su extensión es de 5.327 km² y su población, al 01 de enero de 2015, era de 585.179 habitantes, con una densidad poblacional de 109,85 hab/km². Cantabria representa el 1,05% de la superficie de España y acoge al 1,26% de su población.

En términos de Producto Interior Bruto (PIB), Cantabria arrojó en el año 2014 una cifra de 20.855 €/hab, representando un 91,5% del PIB per cápita nacional y es de rango similar a los de las comunidades de Asturias, con 20.334 €/hab, o Castilla y León con 21.727 €/hab, pero notablemente inferior al del País Vasco con 29.683 €/hab. Referido al contexto europeo, las cifras anteriores, expresadas en estándar de poder adquisitivo, dan como resultado que el PIB por habitante para Cantabria es un 86,3% de la media europea.

La Tabla N°4 resume las características de Cantabria.

Tabla N°4. Características socioeconómicas de Cantabria

Variable	Información	Fuente
Capital	Santander	[1]
Extensión	5.327 km ² (1,05%)	[1]
Población	585.179 hab. (1,26%)	[1]
Densidad poblacional	109,85 hab/km ²	[1]
PIB	20.855 €/hab	[1]
Actividades económicas	Servicios (75%); Industria (15%); Construcción (7%); Agricultura y Pesca (3%)	[2]



Fuente: [1] Gobierno de Cantabria, 2018; [2] ICANE, 2019

En los últimos 30 años, el estado del medio ambiente y de los ecosistemas naturales de Cantabria ha evolucionado de forma favorable. Dos han sido los factores que han contribuido a esa mejora de la calidad ambiental: por una parte, una mayor y mejor educación ambiental de la población, de las empresas y los agentes sociales que ha conducido a un nivel de conciencia y de demanda de una mejora de la calidad ambiental;

por la otra, las acciones derivadas de las instituciones regionales, nacionales e internacionales, que en ese periodo, han generado un cuerpo legislativo y un conjunto de medidas de impulso que ha posibilitado ir abordando y resolviendo, de forma sectorial, las diferentes actuaciones tendientes a la mejora de la calidad en materia de aguas, espacios naturales, residuos, contaminación, evaluación ambiental, cambio climático, riesgos naturales y antrópicos, entre otros, ubicándoles a la vanguardia de Europa en cuidado del medioambiente.

2.1 Santander, Smart City²⁴

En los últimos 5 años, Santander, capital de Cantabria, se convirtió en prototipo de Smart City. En la ciudad se instalaron miles de sensores de diversos tipos, para ser monitoreados en salas de control que reúnen a entidades de la administración pública (ayuntamiento, universidad y empresas adjudicatarias de servicios municipales), con la finalidad de integrar sistemas, coordinar acciones y reducir costos operacionales. Estos sensores captan información sobre iluminación, temperatura, movimiento y ruidos.

Para la gestión de residuos, la ciudad automatizó la recolección selectiva, invirtiendo en el uso de contenedores inteligentes. Éstos informan cuando están llenos, evitando la recolección cuando todavía es innecesaria. Este proyecto incluye la implementación de una solución de tecnología completa, que incluyen sensores de volumen, humedad, olor, emisión de gases, entre otros, presentes en los contenedores de residuos, etiquetas de radiofrecuencia (RFiD) y comunicación por proximidad (NFC), antena dual (GPRS/GPS), GPS en los camiones de recolección, aplicaciones móviles para ayudar en el trabajo de recolección y mantenimiento, y software de seguimiento para monitoreo y gestión unificada de las operaciones.

La integración de esos elementos con la infraestructura del programa Smart Santander, permite el análisis en tiempo real de los datos recogidos, siendo actualmente la principal herramienta para la toma de decisiones de la empresa de gestión de residuos sólidos urbanos.

Este proyecto, desarrollado en asociación con la Universidad de Cantabria, integra recolección automatizada de residuos y de alerta automática de los contenedores. La iniciativa tecnológica cuenta también con la participación de los ciudadanos, quienes,

²⁴ Smart Cities son aquellas ciudades que apuestan por mejorar la vida de sus habitantes de manera sostenible, con el propósito de encontrar el equilibrio entre el bienestar de sus ciudadanos y la preservación del entorno.

por intermedio de una aplicación móvil, pueden identificar áreas que necesitan atención y limpieza y enviar alertas a la gestión.

Entre los beneficios del modelo están la reducción de las emisiones de CO₂, a partir del ahorro de combustible por la optimización de las rutas de recolección, reducción de horas/hombre en el proceso de recolección, la motivación de los ciudadanos para separar los residuos entre húmedos y reciclables, y la prevención de enfermedades provocadas por vectores al evitar la saturación de los contenedores.

2.2 Modelo de Gestión de Residuos de Cantabria

El modelo de gestión se encuentra desarrollado en el “Plan de Residuos de la Comunidad Autónoma de Cantabria 2017 – 2023” (en adelante Plan de Residuos)²⁵, el cual plasma la estrategia a seguir de acuerdo con lo establecido tanto en las Directivas Europeas como en la normativa dictada a nivel estatal y autonómico.

Los objetivos del Plan de Residuos se encuentran enfocados en i) la prevención, ii) mejora de la gestión, iii) objetivos de control con mejora de la información y las estadísticas, iv) participación de la sociedad, y v) objetivos para el desarrollo de mercados específicos relacionados con los residuos.

2.2.1 Principios Rectores del Plan de Residuos

Los principios rectores del Plan de Residuos son los siguientes:

- 1) Protección de la salud humana y del medio ambiente.
- 2) Jerarquía en la gestión de residuos:
 - a) Prevención de la generación de residuos
 - b) Preparación para la reutilización
 - c) Reciclado
 - d) Otros tipos de valorización, incluida la valorización energética
 - e) Eliminación

²⁵ Gobierno de Cantabria, 2017

- 3) Autosuficiencia y proximidad. La autosuficiencia consiste en la necesidad de disponer de una red integrada de instalaciones de eliminación y valorización de residuos domésticos mezclados, que permita aunar la generación con la capacidad de gestión de éstos. En cuanto al principio de proximidad, se refiere a potenciar el tratamiento de los residuos en las instalaciones más cercanas al lugar de generación de éstos, evitando así traslados innecesarios mediante una correcta determinación de las áreas de gestión.
- 4) Acceso a la información y participación en materia de residuos
- 5) Costes de la gestión de los residuos

2.2.2 Agentes Involucrados

La legislación española establece que las entidades locales serán competentes en la gestión de los RSU, correspondiendo a los municipios, como servicio obligatorio, la recogida, el transporte y, al menos, la eliminación de los residuos urbanos.

En el caso de Cantabria, se cuenta con un Convenio Marco de colaboración entre el Gobierno de Cantabria y la Federación de Municipios de Cantabria para la prestación de determinados servicios de gestión de residuos urbanos.

Sobre la base de esto, se crea el servicio público autonómico de gestión de residuos urbanos, en el que, por su carácter supramunicipal, se incluyen actividades de almacenamiento en los centros de transferencia y de transporte desde dichos centros hasta las instalaciones de valorización o eliminación, así como la gestión final de los residuos urbanos en estas instalaciones.

Para llevar a cabo estas funciones se crea la empresa pública "Medio Ambiente, Agua, Residuos y Energía de Cantabria" (MARE) perteneciente al Gobierno de Cantabria y adscrita a la Consejería de Medio Ambiente, dedicada a la gestión de todas aquellas tareas de carácter medioambiental que le encomienda el Gobierno. Paralelamente, otros agentes se encuentran implicados en la gestión de determinados flujos de residuos, como por ejemplo los envases y residuos de envase (Véase Figura N°7).

Figura N°7. Agentes Involucrados en la Gestión de Residuos en Cantabria



Fuente: De las Cuevas, 2016.

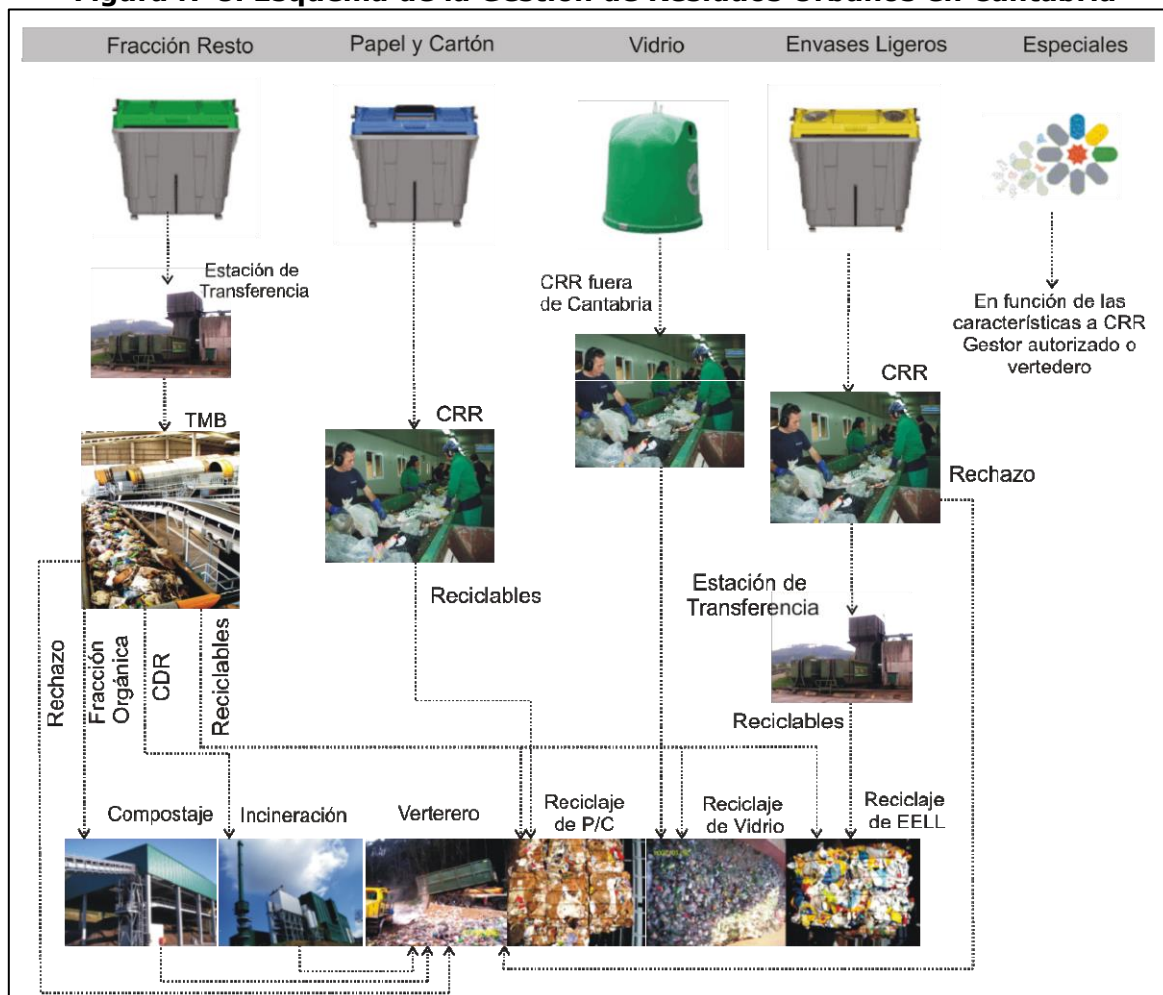
2.2.3 Modelo de Gestión de Residuos

El modelo de gestión de residuos de Cantabria está basado en la recogida selectiva a partir de contenedores en acera (Figura N°8) para cuatro fracciones diferenciadas:

- 1) Envases ligeros (contenedor amarillo)
- 2) Papel – cartón (P – C) (contenedor azul)
- 3) Vidrio (contenedor verde)
- 4) Fracción resto (contenedor gris), constituido por el resto de los residuos que no pertenecen a las otras fracciones, incluyendo la materia orgánica, y teniendo un tratamiento posterior en el Complejo Medioambiental de Meruelo (en adelante Meruelo) (véase Anexo N°4).

Se cuenta con otro flujo de residuos procedente de establecimientos comerciales (como es el caso del P – C), los cuales se recogen a partir de gestores autorizados, servicios municipales de recogida, o a través de MARE. Los vehículos fuera de uso (VFU) y los residuos de envases de medicamentos, conllevan una gestión específica, siendo recogidos y tratados de forma diferenciada.

Figura N°8. Esquema de la Gestión de Residuos Urbanos en Cantabria



Fuente: CIFRIAN (2013)

Clave: CDR: Combustible Derivado de Residuo; CRR: Centro de Recuperación y Reciclaje; EELL: Envases Ligeros; P/C: Papel y Cartón; TMB: Tratamiento Mecánico Biológico

2.2.4 Infraestructura Para la Gestión de Residuos

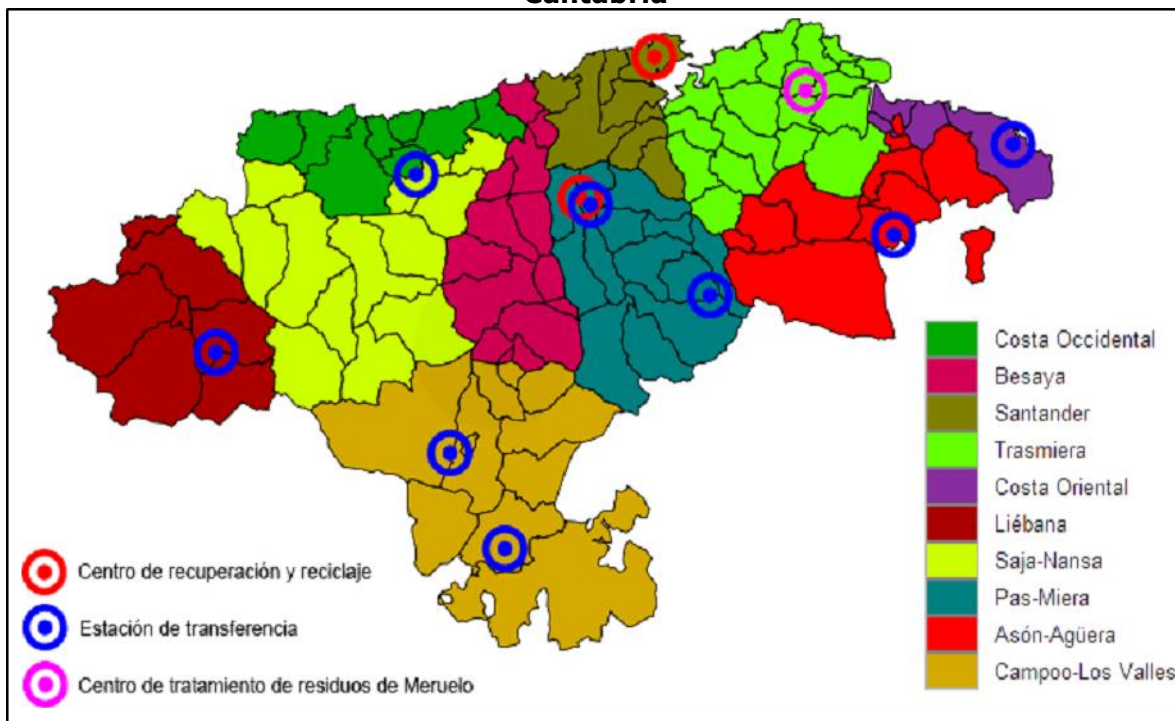
El sistema de gestión se organiza en tres tipos de Infraestructura: i) de proximidad y acopio, ii) de tratamiento y iii) de vertido final.

La infraestructura de proximidad y acopio está compuesta por 36 puntos limpios fijos, una red de puntos limpios móviles y 8 estaciones de transferencia, en donde se agrupan los RSU antes de llevarlos a las instalaciones de tratamiento (Figura N°9). A estos elementos se suman los puntos limpios portuarios y playeros.

La infraestructura de tratamiento se localiza en el Complejo Medioambiental de Meruelo (Figura N°10), y los llamados Centros de Recuperación y Reciclaje (CRR) en la zona de

Torrelavega (El Mazo) y en Santander (Candina); estas últimas con líneas de tratamiento de envases ligeros y P – C.

Figura N°9. Localización Infraestructura de Gestión de Residuos Sólidos en Cantabria



Fuente: Jato et al, 2014

Figura N°10. Complejo Medioambiental de Meruelo



Fuente: Gobierno de Cantabria, 2018

2.2.5 Residuos Gestionados y Reciclados en Cantabria

El total de los residuos domésticos gestionados y reciclados procedentes de la recogida en acera en Cantabria se muestran en la Tabla N°5. El promedio de los materiales recuperados (41% al año 2014) se acerca al objetivo legal propuesto de 50% al año 2020 para reciclado y preparación para la reutilización; de dicho porcentaje, un 2% correspondería a la preparación para la reutilización, fundamentalmente de residuos textiles, residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), muebles y otros residuos susceptibles de ser preparados para su reutilización.

Tabla N°5. Materiales Recuperados en la Comunidad Autónoma de Cantabria, año 2014

Fracción	Generación Ton/año	Materiales recuperados (%)							% totales
		P-C	Metales	Plásticos	Vidrio	Bricks	Compots	Agua	
Fracción resto (Meruelo)	218.760	3,0	2,9	0,4	0,2	0,1	14,9	12,6	34,1
Envases CRR El Mazo	1.391	4,9	13,1	41,0	1,5	11,7	0,0	0,0	72,3
Envases CRR Candina	3.705	3,5	12,1	45,6	2,5	11,1	0,0	0,0	74,9
Papel-cartón	10.821	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Vidrio	10.236	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Total	244.913								41,0

Fuente: Gobierno de Cantabria (2017)

Los porcentajes objetivo de reciclaje de las fracciones papel, vidrio, metales, plástico y madera para el año 2020, se muestran en la Tabla N°6.

Tabla N°6. % Objetivo de Reciclaje para la Comunidad Autónoma de Cantabria

Fracción	(*)Objetivo 2020 %
Papel	85
Vidrio	75
Metales	70:70 (Aluminio:Acero)
Plástico	40
Madera	60
Total	70

Fuente: Gobierno de Cantabria (2017).

() Los objetivos son revisables conforme a la futura normativa que pueda establecerse a nivel comunitario.*

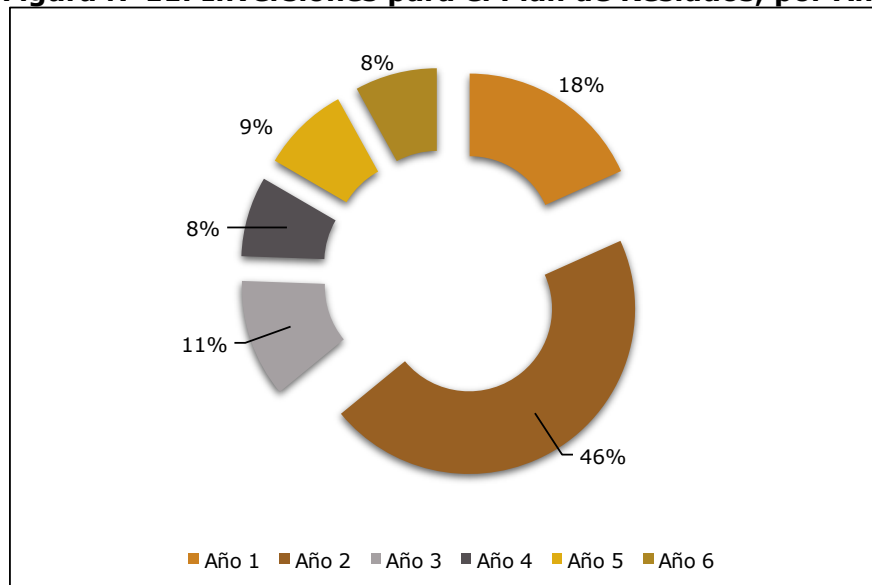
Los objetivos orientados a la eliminación a nivel comunitario para 2020, están encaminados a limitar el vertido al 35% de los residuos domésticos generados. En relación a ello, debe destacarse que para el año 2016, la entrada de este tipo de residuos al relleno sanitario en Meruelo correspondió al 27% del total anual.

2.2.6 Financiamiento del Sistema de Gestión de Residuos

El presupuesto para el financiamiento del sistema de gestión para el horizonte temporal del Plan (2017 – 2023), asciende a una cifra total de € 9.136.000.

En lo referido a inversiones, como se muestra en la Figura N°11, para los primeros años del Plan existe una intensidad económica mayor (que supera el 50% del presupuesto), debido a que los años iniciales se consideran clave para alcanzar los objetivos previstos, además que se invierte en la infraestructura.

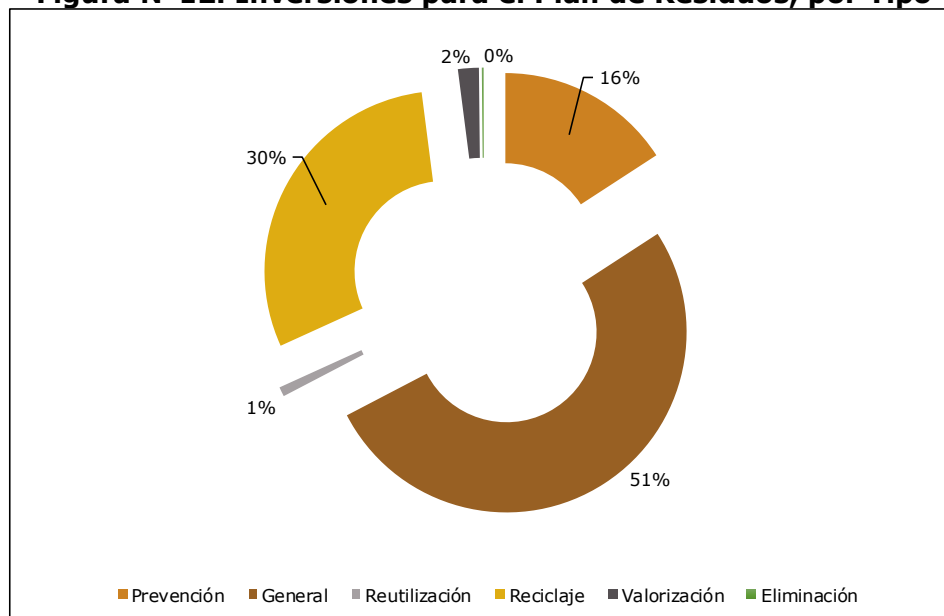
Figura N°11. Inversiones para el Plan de Residuos, por Año



Fuente: Gobierno de Cantabria, 2017

En la Figura N°12 se puede observar que el gasto destinado a valorización es muy pequeño (2%), ya que no son necesarias grandes inversiones para este tipo de infraestructura. Por otro lado, las medidas para el reciclaje (30%) presentan un mayor peso que las destinadas a prevención (16%), debido a la implementación de plantas para el reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) y otros, ya que, en comparación, las campañas de prevención, por lo general, son de menor cuantía que la construcción de infraestructura.

Figura N°12. Inversiones para el Plan de Residuos, por Tipo



Fuente: Gobierno de Cantabria, 2017

En relación a los flujos de residuos es posible observar en la Tabla N°7, que la partida con mayor inversión vendría a ser para los RCD. Ello es debido a la infraestructura que se contempla, siendo ésta el tipo de actuación que más peso tiene en el presupuesto. A las medidas de carácter general se destina una parte importante del presupuesto por la fuerte apuesta que hace Cantabria por los proyectos de I+D+i.

Tabla N°7. Inversión por Flujo de Residuos (%)

Inversión por flujo de residuos			
Medidas de carácter general	16,1	Pilas y baterías usadas	1,2
Residuos domésticos y comerciales	31,7	RAEE	5,0
RCD	17,1	PCB y PCT	0,2
Lodos de depuradora	3,4	Residuos Industriales	8,0
VFU	8,2	Residuos del sector primario	1,9
Aceites lubricantes	2,5	Residuos sanitarios	0,8
Neumáticos fuera de uso	3,5	Residuos de industrias extractivas	0,5

Fuente: Gobierno de Cantabria, 2017

De acuerdo a las inversiones por actuación, en la Tabla N°8, se muestra que a pesar de contar con un presupuesto en el que se prevé una escasa inversión en infraestructura, ésta alcanza al 40,5% del presupuesto total. Las partidas destinadas a Estudios y Proyectos de I+D+i y a programas de Sensibilización, Educación y Formación y de Información y Control, cuentan con una dotación similar, fruto de la importancia que presentan ambos a la hora de alcanzar los objetivos previstos.

Tabla N°8. Inversión por Actuación (%)

Inversión por actuación			
Información y control	9,2	Sensibilización, educación y formación	18,6
Estudios y proyectos I+D+i	19,6	Infraestructura	40,5
Otras actuaciones	8,8	Mejora ambiental	3,3

Fuente: Gobierno de Cantabria, 2017

En relación a las inversiones por origen de los fondos (Tabla N°9), las inversiones privadas corresponden a Infraestructura, ya que se prevé la construcción de plantas de reciclaje de RCD, de descontaminación y tratamiento de VFU.

Tabla N°9. Inversión por Origen de los Fondos (%)

Inversión por Origen de Fondos	
Público	82,3
Privado	17,5

Fuente: Gobierno de Cantabria, 2017

E. Opinión de Expertos

Dentro de las actividades desarrolladas en esta etapa del estudio, se encuentra la realización de una ronda de entrevistas con profesionales expertos y autoridades en gestión de residuos, con el objetivo de conocer su opinión, en relación a:

- a) Implementación de la PGIRS.
- b) La PNR 2018 – 2030.
- c) Contexto Internacional.

Durante la ronda de entrevistas el equipo consultor se reunió con 8 profesionales: 2 académicos, 5 funcionarios del sector público y 1 funcionario municipal. En el Anexo N°5 se encuentra la pauta de la entrevista y su tabulación.

1. Implementación de la PGIRS

Existe consenso entre los entrevistados que esta fue deficitaria en su ejecución, lo que no le permitió cumplir con todos los objetivos que se había trazado. Los académicos entrevistados concuerdan que estos objetivos fueron muy ambiciosos y que para su definición no se contó con un diagnóstico acabado y una evaluación ex – ante, como tampoco se contó con una evaluación ex – post que permitiera medir los resultados alcanzados.

Los entrevistados señalan que dentro de los principales logros alcanzados por la PGIRS se encuentran:

- Fortalecimiento Institucional, con la creación del Ministerio de Medio Ambiente, la Superintendencia de Medio Ambiente y el Servicio de Evaluación Ambiental. Sin embargo, queda pendiente la creación de un organismo rector en materia de gestión de residuos dedicado 100% a esta actividad.
- Fortalecimiento del Marco Regulatorio, principalmente con la promulgación de la Ley N°20.920 “Ley Marco para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje”.
- Importante avance en cobertura de recolección (96%) y disposición final (78%).
- Dejó instaurado en Chile la estrategia de jerarquización de residuos.

En contraposición indican que sus principales déficit fueron:

- Falta de diagnóstico.
- Falta de Evaluación ex – ante.
- Falta de recursos para poder desarrollar una fiscalización adecuada.
- Insuficiente financiamiento, para hacer sostenible el sistema. Problema agudizado luego de la promulgación de la Ley de Rentas II.
- Falta de Sistemas de Información adecuados para medición y toma de decisiones.
- Falta de una mayor educación ambiental en el país.
- Falta de una evaluación ex – post.

2. PNR 2018 – 2030

En general los entrevistados concuerdan que es la continuación y actualización de la PGIRS. Ella profundiza los objetivos que no pudo cumplir la PGIRS y se plantea otros nuevos, de acuerdo a los compromisos asumidos por el país como los de ODS y OCDE.

Dentro de sus fortalezas los entrevistados señalan:

- Mayor sustento legal (Ley N°20.920)
- Mayor solidez institucional (Ley N°20.417)
- Mejor nivel de información, debido a la creación e implementación del RETC.

Dentro de sus debilidades, señalan:

- Falta de recursos, para su implementación y mejoramiento de la fiscalización.
- Problemas de financiamiento del Sistema, si bien dentro de sus acciones específicas se contempla realizar modificaciones a la Ley de Rentas II, no existe un programa y cronograma que muestre la manera en que se piensa realizar.
- Calidad y estandarización de la información.

Al ser consultados sobre la posibilidad que la implementación de la PNR 2018 – 2030 tenga efectos en inversión, los entrevistados concuerdan en la existencia de efectos, particularmente, por la meta de valorización de un 30% y la implementación de la Ley N°20.920, lo que supone inversiones privadas y públicas. En ese sentido se visualiza un escenario en que las inversiones en disposición debieran estar más contenidas, con rellenos sanitarios más pequeños y mayor vida útil de los existentes y, por otra parte, la existencia de un mayor desarrollo de inversiones en valorización. Los entrevistados indican que no es posible determinar el efecto neto que tendrá la implementación de la PNR 2018 – 2030.

Al ser consultados por temas que quedaron fuera de la PNR 2018 – 2030, señalan que faltó incluir el establecimiento de un sistema tarifario eficiente y un análisis de tecnologías que permita determinar la de mayor costo – efectividad para avanzar en valorización y por ende en minimización.

En relación a la meta de valorización de 30% planteada en la PNR 2018 – 2030, existe consenso que no se podrá alcanzar. No existe información de respaldo que permita definir una meta como ésta, por lo que dicho porcentaje se traduce sólo en buenas intenciones.

3. Contexto Internacional

En líneas generales los entrevistados concuerdan en que Chile tiene un nivel de liderazgo a nivel Latinoamericano, sin embargo, al compararse con Europa y los países OCDE, se encuentra en posiciones rezagadas. Más detalladamente, los entrevistados señalan que el país cuenta con un nivel de desarrollo similar a Europa en cobertura de recolección y disposición final, inclusive a nivel tecnológico. En contraste, en el resto de la gestión, es decir, reciclaje y valorización Chile se encuentra en niveles de desarrollo muy inferiores a la comunidad europea.

La comunidad europea nos saca una enorme ventaja en educación ambiental y sistemas de información.

F. Análisis FODA

En esta sección se presenta una matriz FODA confeccionada a partir de la información recopilada a través de este informe. Su objetivo es el de resumir y mostrar los aspectos internos y externos que influyen en el Sistema de Gestión de Residuos que opera en Chile.

Tabla N°10. Matriz FODA Sistema de Gestión de Residuos

Fortalezas	Oportunidades
- Cobertura en Recolección (96%) - Alta cobertura en Disposición Final (78%) - Marco Regulatorio: Promulgación Ley N°20.920 - Marco Institucional - Creación de Sistema de Información RETC - Liderazgo en la región	- Vocación verde de la población - Ingreso de Chile a la OCDE - Compromisos ODS - Avances en el mundo hacia una estrategia jerarquizada - Desarrollo de tecnologías de Valorización
Debilidades	Amenazas
- Falta de diagnóstico acabado - Falta de evaluación ex - ante y ex - post de políticas públicas - Falta de educación ambiental - Falta de Recursos para fiscalización - Mala calidad y estandarización de la información - Sistema de Gestión de Residuos no sostenible financieramente - Falta de un sistema tarifario eficiente - Falta de una política y sistema de incentivos - Baja tasa de valorización en el país - Inexistencia de estudio de costo - efectividad de tecnologías para desarrollo en Chile - Inexistencia de un organismo dedicado que pueda administrar y articular la gestión de residuos en el país	- Voluntad política cambiante - Legislación con criterios políticos más que técnicos - Constante creación de vertederos ilegales

Fuente: Elaboración Propia

III. Evaluación Ex – Post

A. Selección de Iniciativas de Inversión para el Estudio

De acuerdo a lo indicado en las Bases de Licitación, se requiere analizar, a lo menos, tres iniciativas de inversión de un total de ocho, individualizadas en el Anexo Técnico N°7 de las Bases. En la Tabla N°11 se presenta el listado de iniciativas de inversión potencialmente seleccionables.

Tabla N°11. Listado de Proyectos Seleccionables

Código BIP	Nombre de la Iniciativa
30073438-0	Construcción Relleno Sanitario Arauco Curanilahue
30037151-0	Construcción Relleno Sanitario Caldera
30070494-0	Construcción Relleno Sanitario Comuna de Guaitecas
20159691-0	Construcción Relleno Sanitario de Coyhaique
30086288-0	Construcción Relleno Sanitario de la Provincia del Huasco
30087486-0	Construcción Relleno Sanitario Provincial
30006057-0	Construcción Relleno Sanitario Puerto Cisnes, Cisnes
30066430-0	Construcción Relleno Sanitario Villa La Tapera

Fuente: Bases de Licitación

Conceptualmente, la evaluación ex – post consiste en contrastar la estimación de costos y beneficios realizada en la evaluación económica de un proyecto en su etapa de preinversión versus los costos y beneficios reales incurridos en las etapas de inversión y operación de éste, con el objetivo de determinar el grado de asertividad en las estimaciones realizadas, y, de existir desviaciones significativas, establecer sus causas para no repetirlas en los próximos proyectos que se evalúen, contribuyendo a mejorar el proceso de evaluación ex – ante y la toma decisiones respectivas.

En atención a lo indicado en el párrafo anterior, para el desarrollo del presente estudio resulta fundamental contar con información detallada de la etapa de preinversión de cada una de las iniciativas que se listan en la Tabla N°11, en relación a su formulación y evaluación económica, por lo que se solicitó a la contraparte técnica del estudio el siguiente listado de información para cada una de las iniciativas potencialmente seleccionables:

- 1) Ficha IDI
- 2) Resultado Evaluación Ex – Post de Corto Plazo²⁶

²⁶ Esta solicitud está condicionada a que la iniciativa de inversión en análisis, haya sido considerada en la muestra del proceso de evaluación ex – post de corto plazo que realiza cada año el MDS.

- 3) Informe Técnico – Económico de la Iniciativa
- 4) Memoria de Cálculo Evaluación Económica de la Iniciativa
- 5) Presupuestos de Inversión, Operación y Mantenición
- 6) Planos de Diseño
- 7) DIA/EIA
- 8) Cronograma de Actividades

De las ocho iniciativas incluidas en la Tabla N°11, la contraparte técnica del estudio recabó información para cuatro de ellas, que se presentan en la Tabla N°12.

Tabla N°12. Iniciativas de Inversión con Información Disponible

Código BIP	Nombre de la Iniciativa
30073438-0	Construcción Relleno Sanitario Arauco Curanilahue
30037151-0	Construcción Relleno Sanitario Caldera
30086288-0	Construcción Relleno Sanitario de la Provincia del Huasco
30087486-0	Construcción Relleno Sanitario Provincial

Fuente: Elaboración Propia

Una vez recibida la información de estas cuatro iniciativas de inversión, se procedió a realizar un balance de la información solicitada y un análisis de su calidad. Este análisis se resume en las Tablas Tabla N°14, Tabla N°15, Tabla N°16 y Tabla N°17, siguiendo el criterio señalado en la Tabla N°13.

Tabla N°13. Criterios de Cumplimiento

Cumple	
Cumple con Reparos	
No Cumple	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°14. Balance y Calidad Información Relleno Sanitario Arauco - Curanilahue

Nombre Iniciativa:		Construcción Relleno Sanitario Arauco - Curanilahue	
Código BIP:		30073438-0	
N°	Información	Nivel Cumpl.	Comentarios
1	Ficha IDI	✓	
2	Resultado Ev. Ex - Post de Corto Plazo	✗	No tiene Evaluación Ex - Post de Corto Plazo
3	Informe Técnico - Económico	✓	
4	Memoria Cálculo Ev. Económica	✓	En moneda 2008
5	Pptos. Inv., Oper. y Mant.	✓	En moneda 2008
6	Planos de Diseño	✓	
7	DIA/EIA	⚠	Sólo viene RCA, no se tiene el EIA
8	Cronograma de Actividades	✓	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°15. Balance y Calidad Información Relleno Sanitario de Caldera

Nombre Iniciativa:		Construcción Relleno Sanitario Caldera	
Código BIP:		30037151-0	
N°	Información	Nivel Cumpl.	Comentarios
1	Ficha IDI	✓	
2	Resultado Ev. Ex - post de Corto Plazo	✓	
3	Informe Técnico - Económico	✓	
4	Memoria Cálculo Ev. Económica	✓	En moneda 2012
5	Pptos. Inv., Oper. y Mant.	✓	En moneda 2012
6	Planos de Diseño	✓	Son Planos de la DIA no del BIP.
7	DIA/EIA	✓	
8	Cronograma de Actividades	✓	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°16. Balance y Calidad Información Relleno Sanitario de la Provincia del Huasco

Nombre Iniciativa:		Construcción Relleno Sanitario de la Provincia del Huasco	
Código BIP:		30086288-0	
N°	Información	Nivel Cumpl.	Comentarios
1	Ficha IDI	✓	
2	Resultado Ev. Ex - post de Corto Plazo	✓	
3	Informe Técnico - Económico	✓	
4	Memoria Cálculo Ev. Económica	✓	En moneda 2010
5	Pptos. Inv., Oper. Y Mant.	✓	En moneda 2010
6	Planos de Diseño	✓	
7	DIA/EIA	✓	
8	Cronograma de Actividades	✓	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°17. Balance y Calidad Información Relleno Sanitario Provincial

Nombre Iniciativa:		Construcción Relleno Sanitario Provincial	
Código BIP:		30087486-0	
N°	Información	Nivel Cumpl.	Comentarios
1	Ficha IDI	✓	
2	Resultado Ev. Ex - post de Corto Plazo	✓	
3	Informe Técnico - Económico	✗	
4	Memoria Cálculo Ev. Económica	✗	
5	Pptos. Inv., Oper. y Mant.	⚠	Sólo Ppto de Inversión
6	Planos Definitivos	✓	Los planos del EIA
7	DIA/EIA	✓	EIA
8	Cronograma de Actividades	✓	

Fuente: Elaboración Propia

Como resultado de este análisis, se acuerda con la contraparte técnica del estudio seleccionar las siguientes iniciativas²⁷:

- 1) Construcción Relleno Sanitario Arauco – Curanilahue
- 2) Construcción Relleno Sanitario de Caldera
- 3) Construcción Relleno Sanitario de la Provincia del Huasco

B. Requisitos de Información

Para el correcto desarrollo de una evaluación ex – post se requiere cumplir con dos requisitos fundamentales:

- 1) En primer lugar, además de la información completa de la evaluación ex – ante, es necesario disponer de los flujos de inversión y de gastos efectivamente incurridos, tanto de la inversión inicial y reinversiones como de los costos y gastos de operación de los años de operación efectiva del proyecto.
- 2) En segundo término, es necesario que dicha información se agrupe en la misma estructura de cuentas de los flujos ex – ante, con el propósito de poder comparar cada partida asociada al proyecto y obtener de esta forma, conclusiones útiles sobre las bondades de las estimaciones ex – ante, tanto de precios como de cantidades y no sólo disponer de las variaciones a nivel de indicadores de rentabilidad globales, poco útiles para el objetivo central de retroalimentar positivamente el proceso de evaluación ex – ante.

²⁷ El proyecto Construcción Relleno Sanitario Provincial, no será desechado del todo. Se hará un análisis de su modelo de gestión y se le aplicará una encuesta de satisfacción usuaria.

En el caso del presente estudio ambos requisitos se cumplen para la inversión inicial en la construcción de los 3 proyectos que se analizan; no acontece así para los costos y gastos de operación. De esta manera, con el objetivo de hacer comparables los indicadores de rentabilidad ex – ante y ex – post de cada uno de los casos analizados, se propone utilizar el valor ex – ante cuando no se cuente con la información requerida.

C. Rangos de Tolerancia de las Desviaciones

Para el desarrollo de la evaluación ex – post se utilizarán dos rangos de tolerancia, en valores absolutos, para las desviaciones que se presenten entre los escenarios ex – ante y ex - post. El primero será aplicado a las estimaciones de demanda, utilizando los parámetros indicados en la Tabla N°18.

Tabla N°18. Rangos de Tolerancia

Si variación es = ó > a 20%	
Si variación es < a 20% y > a 10%	
Si variación es < ó = a 10%	

Fuente: Elaboración Propia

Si la desviación es mayor o igual a un +-20%, la variable en análisis **“no cumple”**; si ésta es mayor a un +-10% y menor a un +-20% **“cumple con reparos”** y, por último, si la desviación es menor o igual a +-10% **“cumple”**. Este rango de tolerancia se ajusta a los estándares utilizados en los análisis de sensibilidad que realiza el MDS en la revisión de proyectos ingresados al SNI.

El segundo será aplicado a las estimaciones realizadas en la evaluación socio – económica, tal como se señala en la Tabla N°19.

Tabla N°19. Rango de Tolerancia²⁸

Si variación es = ó > a 10%	
Si variación es < a 10% y > a 5%	
Si variación es < ó = a 5%	

Fuente: Elaboración Propia

Si la variable en análisis presenta una desviación mayor o igual a +-10% **“no cumple”**, menor a +-10% y mayor +-5% **“cumple con reparos”** y si se encuentra en un rango menor o igual a +-5% **“cumple”**. Este rango se basa en los estándares de certeza que debe tener un proyecto a nivel de diseño de ingeniería (Clase 1), de acuerdo al Sistema

²⁸ Ambos rangos de tolerancia fueron acordados con la contraparte técnica del MDS.

de Clasificación de Costos Estimados de la Asociación Americana de Ingeniería de Costos (AACE)²⁹.

D. Relleno Sanitario Arauco – Curanilahue, BIP: 30073438 - 0

1. Objetivo de la Iniciativa

Esta iniciativa busca dar una solución definitiva a la disposición final de los residuos domiciliarios y asimilables, conjuntamente para las comunas de Arauco y Curanilahue, que cumpla con los estándares ambientales y sanitarios vigentes en el país y que considere un 100% de cobertura para la población urbana y en forma gradual para la población rural³⁰.

La comuna de Arauco disponía sus residuos en el Relleno Sanitario “Centro de Manejo de Residuos Concepción (CEMARC)”, ubicado en la comuna de Penco a 75 km de distancia. Por su parte, la comuna de Curanilahue disponía sus residuos en el Basural Municipal de la comuna a 7 km de distancia de la ciudad de Curanilahue, el cual no contaba con autorización sanitaria ni ambiental. Ambas situaciones no eran sostenibles en el tiempo, dado el alto costo de transporte que implicaba la gestión de residuos en el caso de Arauco y el no cumplimiento de las exigencias sanitarias y ambientales en el caso de Curanilahue.

2. Descripción

El proyecto consiste en la construcción de un relleno sanitario (RS) de tipo superficial, que contempla las siguientes actividades, obras físicas y equipos:

- 1) Construcción y/o habilitación de caminos; mejoramiento del tramo (2 km) que separa el RS de la Ruta 160. El camino es utilizado por camiones madereros y está operativo todo el año.
- 2) Edificación con fines de control, administración e instalaciones para el personal, con servicios higiénicos y duchas.
- 3) Instalación del Suministro de Electricidad.
- 4) Instalación del Suministro de Agua y Alcantarillado.

²⁹ AACE inc, 2005 https://www.academia.edu/27546015/AACE_Sistema_de_Clasificacion_de_Costos_Estimados

³⁰ En la medida que sea posible acceder.

- 5) Construcción del RS con sistema de impermeabilización y captación de líquidos percolados.
- 6) Construcción de la Planta de Tratamiento de líquidos percolados.
- 7) Instalaciones para la evacuación de gas (biogás generado a partir de la descomposición de los residuos).
- 8) Cierre Perimetral.
- 9) Área de lavado de vehículos.
- 10) Romana de pesaje de camiones.
- 11) Infraestructura e instalaciones anexas.
- 12) Compra de maquinaria para la operación del RS.

3. Historia y Tramitación del Proyecto

En este apartado se entrega una síntesis de los principales hitos de la iniciativa hasta su construcción³¹:

- 1) El año 1998 la Municipalidad de Arauco presenta el Estudio Básico “Investigación Construcción RS de Arauco” al SNI, código BIP 20123117-0, con el objetivo de pre - seleccionar sitios adecuados para la instalación de un RS en la comuna de Arauco y elaborar el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto en el sitio finalmente escogido, sitio que sería adquirido por el municipio.
- 2) El año 1999 el GORE del Bío – Bío designa a la CONAMA (de la misma región) como la Unidad Técnica de este Estudio Básico, el cual se adjudicó en Licitación Pública la empresa Ingeniería Alemana S.A. CONAMA solicita incluir dentro del área de estudio a la comuna de Curanilahue que tampoco tenía resuelto su problema de disposición final. Este estudio de sitio concluye el año 2000 identificando 20 alternativas técnicamente factibles.
- 3) El año 2001 la Asociación de Municipios de Arauco y Curanilahue adquiere uno de los predios pre - seleccionados y se inicia el diseño conceptual del relleno y la elaboración de su Estudio de Impacto Ambiental. Este proyecto considera el óptimo

³¹ A partir de información entregada por la SUBDERE Región del Bío – bio y del Banco Integrado de Proyectos.

- en localización para ambas comunas (Arauco y Curanilahue) y los volúmenes de residuos generados por ambas en un horizonte de vida útil del proyecto de 20 años.
- 4) El año 2002 fue ingresado al SEIA el Estudio de Impacto Ambiental por parte de los municipios de Arauco y Curanilahue.
 - 5) El año 2003 mediante RCA (Res. Ex. N°161 de la CONAMA) se califica favorablemente esta iniciativa.
 - 6) En el año 2005 se contrata el desarrollo del diseño del RS a la empresa Ingeniería Alemana S.A.
 - 7) En el año 2007 ingresa al Ministerio de Planificación (hoy Ministerio de Desarrollo Social y Familia).
 - 8) El año 2008 obtiene Recomendación Favorable (RS) para su ejecución.
 - 9) El año 2010 el Programa Nacional de Residuos Sólidos transfiere los recursos al Gobierno Regional de Bío – Bío.
 - 10) El año 2011 se licita por primera vez la Construcción del RS; sin embargo, la licitación se declaró desierta pues en el terreno se había formado un bosque, cuya tala y limpieza no estaba considerada en las bases.
 - 11) El año 2013 la Municipalidad de Arauco presenta dudas sobre la continuidad del proyecto, en relación a los beneficios que éste traería para la comuna.
 - 12) A fines del año 2013 se adjudica la ejecución de obras.
 - 13) El 1° de julio de 2015 comienza a operar el RS.

4. Formulación del Proyecto

4.1 Área de Estudio y Área de Influencia

Esta iniciativa de inversión se encuentra ubicada en la Región del Bío – Bío, en la Provincia de Arauco, específicamente en la comuna de Curanilahue, en el sector de la Colcha 3,5 km al S.O de la localidad de Colico.

Su área de estudio y área de influencia comprenden las mismas dimensiones, correspondiendo a los límites administrativos de las comunas de Arauco y Curanilahue, tal como se aprecia en la Figura N°13.

Figura N°13. Área de Estudio y de Influencia



Fuente: <http://www.destinobiobio.cl/provincia-de-arauco.html>

El RS se encuentra emplazado en el lote 3B (rol SII N°509 – 36) de aproximadamente 14 há a una distancia aproximada de 2 km de la Ruta 160 y conectado a través de un camino que se mantiene en buenas condiciones. Su ubicación cercana a la Ruta 160 y el buen estado del camino hacen que tenga una muy buena accesibilidad, cercano a los principales centros urbanos de ambas comunas, a 15 minutos de la ciudad de Curanilahue y a 25 minutos de la ciudad de Arauco, como se muestra en la Figura N°14.

Figura N°14. Emplazamiento Relleno Sanitario Arauco - Curanilahue



Fuente: Google Earth

Cabe destacar, que, originalmente, el RS se conectaba a esta ruta a través de un camino vecinal; sin embargo, en la actualidad se conecta por medio de un camino privado de la empresa forestal Bosque Arauco, la que autoriza el paso. Esta condición, si bien es cierto depende de la voluntad de dicha empresa, mejora bastante la operación puesto que el acceso desde la ruta hacia el RS es más directo, ya que es posible virar en ambos sentidos en la Ruta 160 y, adicionalmente, los camiones recolectores de la comuna de Curanilahue evitan el pago de un peaje existente en el sector de Colico, reduciendo sus costos operativos³².

4.2 Población Proyectada y Estimación de Demanda

Tal como se indicó en la [sección 3](#), letra D, de este Capítulo, esta iniciativa fue ingresada al Sistema Nacional de Inversiones el año 2007 y su evaluación económica consideraba el inicio de su operación durante el 2008. Sin embargo, en la práctica sus operaciones comenzaron durante el segundo semestre del año 2015 (1° de julio), ocho años después, y sin una actualización de su evaluación económica. Por esta razón, el análisis

³² De acuerdo a información recabada en reunión sostenida durante la visita a terreno, con funcionarios de ambas municipalidades, la Asociación de Municipalidades y representantes de la empresa KDM que opera en la actualidad el Relleno.

comparativo ex – ante vs ex – post, se desarrollará a partir del año 2015, es decir, en el octavo año de operación de acuerdo al proyecto original (ex – ante).

En proyectos de Rellenos Sanitarios, la demanda depende principalmente de dos variables: i) de la población y ii) de la producción per cápita de residuos; por lo tanto, se analizarán ambas variables, para luego finalizar con el análisis de la proyección de demanda propiamente tal.

En la evaluación ex – ante se utilizó para proyectar la población, información de los Censos 2002 y 1992, en tanto para el caso ex – post se utilizó información de los Censos 2017 y 2012. En la Tabla N°20 es posible observar las tasas de variación poblacional intercensal para ambas comunas y sus respectivos porcentajes de población urbana y rural.

**Tabla N°20. Tasas de Variación Poblacional Intercensal/
Porcentaje de Población Urbana y Rural Comunal**

	Ex - Ante			Ex - Post		
	% Var. Pob	% Urbano	% Rural	% Var. Pob	% Urbano	% Rural
Arauco	1,6%	69,6%	30,4%	-0,9%	75,4%	24,6%
Curanilahue	-0,5%	94,3%	5,7%	-1,3%	93,5%	6,5%

Fuente: Informe Técnico – Económico “ProyectoJULIO2008.pdf”, Censo 2017 y 2012

Cabe señalar que se utilizó la misma tasa de cobertura del proyecto original, de un 100% para el área urbana en ambas comunas, en tanto, para el área rural, de un 55,83% para Arauco y un 78,92% para Curanilahue.

Con la información anterior se desarrolló una estimación del crecimiento poblacional para ambas comunas, las que posteriormente se contrastaron con la proyección realizada ex – ante. En las Tablas Tabla N°21 y Tabla N°22 es posible observar las diferencias entre ambas proyecciones, tanto para población total como población atendida. En relación con la población atendida de ambas comunas, se tiene una desviación promedio anual de un 11,8% (8.365 personas), explicada principalmente por la comuna de Arauco que tiene una desviación promedio anual de un 23,7% (9.948 personas) ex – ante sobre ex – post.

En el Anexo N°6 se puede ver en detalle una comparación entre proyecciones para población urbana y rural de ambas comunas.

Tabla N°21. Proyección Población Total Ex – ante vs Ex - post

			Población								
			Total			Arauco			Curanilahue		
Concepto	Variable	Unidad	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)
Proyección	2015	N° hab	72.924	70.059	🟢 -3,9 -2.865	43.049	36.900	🟡 -14,3 -6.149	29.875	33.159	🟡 11,0 3.284
	2016	N° hab	73.473	69.298	🟢 -5,7 -4.175	43.752	36.577	🟡 -16,4 -7.175	29.721	32.721	🟡 10,1 3.000
	2017	N° hab	74.035	68.545	🟢 -7,4 -5.490	44.466	36.257	🟡 -18,5 -8.209	29.569	32.288	🟢 9,2 2.719
	2018	N° hab	74.610	67.792	🟢 -9,1 -6.818	45.193	35.937	🔴 -20,5 -9.256	29.417	31.855	🟢 8,3 2.438
	2019	N° hab	75.197	67.048	🟡 -10,8 -8.149	45.931	35.619	🔴 -22,5 -10.312	29.266	31.429	🟢 7,4 2.163
	2020	N° hab	75.796	66.313	🟡 -12,5 -9.483	46.681	35.305	🔴 -24,4 -11.376	29.115	31.008	🟢 6,5 1.893
	2021	N° hab	76.410	65.585	🟡 -14,2 -10.825	47.444	34.993	🔴 -26,2 -12.451	28.966	30.592	🟢 5,6 1.626
	2022	N° hab	77.035	64.866	🟡 -15,8 -12.169	48.218	34.684	🔴 -28,1 -13.534	28.817	30.182	🟢 4,7 1.365
	2023	N° hab	77.675	64.156	🟡 -17,4 -13.519	49.006	34.378	🔴 -29,9 -14.628	28.669	29.778	🟢 3,9 1.109
	2024	N° hab	78.328	63.453	🟡 -19,0 -14.875	49.806	34.074	🔴 -31,6 -15.732	28.522	29.379	🟢 3,0 857
	2025	N° hab	78.995	62.759	🔴 -20,6 -16.236	50.620	33.773	🔴 -33,3 -16.847	28.375	28.986	🟢 2,2 611
	2026	N° hab	79.676	62.072	🔴 -22,1 -17.604	51.447	33.475	🔴 -34,9 -17.972	28.229	28.597	🟢 1,3 368
	2027	N° hab	80.371	61.393	🔴 -23,6 -18.978	52.287	33.179	🔴 -36,5 -19.108	28.084	28.214	🟢 0,5 130

Fuente: Informe Técnico – Económico "ProyectoJULIO2008.pdf", Censo 2017 y 2012.

Tabla N°22. Proyección Población Atendida Ex – ante vs Ex - post

			Población Atendida								
			Total			Arauco			Curanilahue		
Concepto	Variable	Unidad	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)
Proyección	2015	N° hab	66.784	65.584	🟢 -1,8 -1.200	37.268	32.883	🟡 -11,8 -4.385	29.516	32.701	🟡 10,8 3.185
	2016	N° hab	67.242	64.864	🟢 -3,5 -2.378	37.877	32.595	🟡 -13,9 -5.282	29.365	32.269	🟢 9,9 2.904
	2017	N° hab	67.710	64.152	🟢 -5,3 -3.558	38.496	32.310	🟡 -16,1 -6.186	29.214	31.842	🟢 9,0 2.628
	2018	N° hab	68.188	63.440	🟢 -7,0 -4.748	39.124	32.024	🟡 -18,1 -7.100	29.064	31.416	🟢 8,1 2.352
	2019	N° hab	68.678	62.736	🟢 -8,7 -5.942	39.763	31.741	🔴 -20,2 -8.022	28.915	30.995	🟢 7,2 2.080
	2020	N° hab	69.179	62.041	🟡 -10,3 -7.138	40.413	31.461	🔴 -22,2 -8.952	28.766	30.580	🟢 6,3 1.814
	2021	N° hab	69.691	61.353	🟡 -12,0 -8.338	41.073	31.183	🔴 -24,1 -9.890	28.618	30.170	🟢 5,4 1.552
	2022	N° hab	70.215	60.674	🟡 -13,6 -9.541	41.744	30.908	🔴 -26,0 -10.836	28.471	29.766	🟢 4,5 1.295
	2023	N° hab	70.751	60.002	🟡 -15,2 -10.749	42.426	30.635	🔴 -27,8 -11.791	28.325	29.367	🟢 3,7 1.042
	2024	N° hab	71.299	59.338	🟡 -16,8 -11.961	43.119	30.364	🔴 -29,6 -12.755	28.180	28.974	🟢 2,8 794
	2025	N° hab	71.858	58.682	🟡 -18,3 -13.176	43.823	30.096	🔴 -31,3 -13.727	28.035	28.586	🟢 2,0 551
	2026	N° hab	72.430	58.033	🟡 -19,9 -14.397	44.539	29.830	🔴 -33,0 -14.709	27.891	28.203	🟢 1,1 312
	2027	N° hab	73.014	57.392	🔴 -21,4 -15.622	45.266	29.567	🔴 -34,7 -15.699	27.748	27.825	🟢 0,3 77

Fuente: Informe Técnico – Económico "ProyectoJULIO2008.pdf", Censo 2017 y 2012.

En cuanto a la proyección de la Producción Per Cápita (PPC) de residuos, la Tabla N°23 muestra la evolución para ambos escenarios, individualmente para cada comuna y en su conjunto. En el ex – ante se consideró una PPC inicial de 1 k/hab/día con una tasa de crecimiento del 1% anual³³. Por su parte, en el ex – post se obtuvo una PPC inicial de 0,75 k/hab/día, con una tasa de crecimiento de 4% anual para el periodo 2015 – 2019. Esta estimación se realizó a partir de información real de tonelaje dispuesto en el RS para dicho periodo³⁴ y la proyección de población estimada precedentemente.

A partir de esta información se procedió a estimar el PPC para cada año, de acuerdo a la Fórmula N°1³⁵.

Fórmula N°1.

$$PPC (k/hab/día) = \frac{TAD_{ton/año}}{Población} * \frac{1.000}{365}$$

Donde,

PPC = Producción Per Cápita

TAD = Tonelaje Anual Dispuesto

Población = N° habitantes atendidos

Una vez obtenidos estos valores para el periodo 2015 – 2019, se estimó su crecimiento hasta el año 2027 aplicando la misma tasa de crecimiento utilizada ex – ante.

Este procedimiento se aplicó individualmente a ambas comunas.

En el Anexo N°7 se encuentra el detalle del tonelaje mensual y anual dispuesto en el RS para el periodo 2015 – 2019 entregadas por la empresa KDM S.A.

³³ Obtenida del Informe Técnico – Económico “PROYECTOJULIO2008.pdf”.

³⁴ Información proporcionada por el operador del Relleno Sanitario KDM S.A. Esta información viene desagregada mensualmente por comuna de origen.

³⁵ Metodología de Preparación y Evaluación de Proyectos de Residuos Sólidos Domiciliarios y Asimilables.

Tabla N°23. Proyección PPC

				Producción Per Cápita (PPC)								
				Total			Arauco			Curanilahue		
N°	Concepto	Variable	Unidad	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)
1	Proyección PPC	2015	k/hab/día	1,1	0,7	✖ -29,0 -0,31	1,1	0,7	✖ -32,3 -0,34	1,1	0,8	✖ -25,7 -0,27
		2016	k/hab/día	1,1	0,8	✖ -21,8 -0,23	1,1	0,8	✖ -21,8 -0,23	1,1	0,8	✖ -21,8 -0,23
		2017	k/hab/día	1,1	0,9	⚠ -12,4 -0,13	1,1	0,9	⚠ -16,6 -0,18	1,1	1,0	⚠ -8,2 -0,09
		2018	k/hab/día	1,1	1,0	✔ -9,8 -0,11	1,1	0,9	⚠ -18,7 -0,20	1,1	1,1	✔ -0,9 -0,01
		2019	k/hab/día	1,1	1,1	✔ -2,6 -0,03	1,1	1,0	✔ -8,5 -0,09	1,1	1,1	✔ 3,2 0,04
		2020	k/hab/día	1,1	1,1	✔ -2,6 -0,03	1,1	1,1	✔ 0,0 0,00	1,1	1,1	✔ 0,0 0,00
		2021	k/hab/día	1,1	1,1	✔ -2,6 -0,03	1,1	1,1	✔ 0,0 0,00	1,1	1,1	✔ 0,0 0,00
		2022	k/hab/día	1,1	1,1	✔ -2,6 -0,03	1,1	1,1	✔ 0,0 0,00	1,1	1,1	✔ 0,0 0,00
		2023	k/hab/día	1,1	1,1	✔ -2,6 -0,03	1,1	1,1	✔ 0,0 0,00	1,1	1,1	✔ 0,0 0,00
		2024	k/hab/día	1,2	1,1	✔ -2,6 -0,03	1,2	1,2	✔ 0,0 0,00	1,2	1,2	✔ 0,0 0,00
		2025	k/hab/día	1,2	1,1	✔ -2,6 -0,03	1,2	1,2	✔ 0,0 0,00	1,2	1,2	✔ 0,0 0,00
		2026	k/hab/día	1,2	1,1	✔ -2,6 -0,03	1,2	1,2	✔ 0,0 0,00	1,2	1,2	✔ 0,0 0,00
		2027	k/hab/día	1,2	1,2	✔ -2,6 -0,03	1,2	1,2	✔ 0,0 0,00	1,2	1,2	✔ 0,0 0,00

Fuente: Informe Técnico – Económico “ProyectoJULIO2008.pdf”, Censo 2017 y 2012 e Información Proporcionada por KDM

Una vez obtenidos los PPC anuales 2015 – 2027 se procede a estimar el tonelaje anual a disponer para el periodo 2020 – 2027, puesto que para el periodo 2015 – 2019 se utilizará información real.

Finalmente, en la Tabla N°24 se obtiene la proyección de demanda del proyecto para el periodo 2015 – 2027.

Tabla N°24. Proyección de Demanda

N°	Concepto	Variable	Unidad	Demanda								
				Total			Arauco			Curanilahue		
				Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)
1	Variables	Población Año 2015	N° Hab	66.784	65.584	🟢 -1,8 -1.200	37.268	32.883	🟡 -11,8 -4.385	29.516	32.701	🟡 10,8 3.185
		Tasa de Crec. Pobl.	%	0,6	-1,1	🔴 -298,5 -1,7	1,6	-0,9	🔴 -154,2 -2,5	-0,5	-1,3	🔴 162,7 -0,8
		PPC	kg/hab/día	1,0	0,7	🔴 -25,0 -0,3	1,0	1,0	🟢 0,0 0,0	1,0	1,0	🟢 0,0 0,0
		Tasa de Crec PPC	%	1,0	1,0	🟢 0,0 0,0	1,0	1,0	🟢 0,0 0,0	1,0	1,0	🟢 0,0 0,0
		Cobert Recol Urbano	%	100,0	100	🟢 0,0 0,0	100,0	100	🟢 0,0 0,0	100,0	100	🟢 0,0 0,0
		Cobert Recol Rural	%	67,4	67,4	🟢 0,0 0,0	55,8	55,8	🟢 0,0 0,0	78,9	78,9	🟢 0,0 0,0
2	Proyección de Demanda	2015	Ton/año	25.731	18.090	🔴 -29,7 -7.641	14.345	8.642	🔴 -39,8 -5.703	11.387	9.449	🟡 -17,0 -1.938
		2016	Ton/año	26.164	19.784	🔴 -24,4 -6.380	14.722	9.930	🔴 -32,5 -4.792	11.442	9.853	🟡 -13,9 -1.589
		2017	Ton/año	26.608	22.081	🟡 -17,0 -4.527	15.109	10.576	🔴 -30,0 -4.533	11.498	11.504	🟢 0,1 6
		2018	Ton/año	27.061	22.698	🟡 -16,1 -4.363	15.507	10.322	🔴 -33,4 -5.185	11.555	12.375	🟢 7,1 820
		2019	Ton/año	27.526	24.306	🟡 -11,7 -3.220	15.915	11.547	🔴 -27,4 -4.368	11.611	12.759	🟢 9,9 1.148
		2020	Ton/año	28.001	25.119	🟡 -10,3 -2.882	16.333	12.715	🔴 -22,2 -3.618	11.668	12.404	🟢 6,3 736
		2021	Ton/año	28.488	25.088	🟡 -11,9 -3.400	16.763	12.727	🔴 -24,1 -4.036	11.725	12.361	🟢 5,4 636
		2022	Ton/año	28.986	25.057	🟡 -13,6 -3.929	17.204	12.738	🔴 -26,0 -4.466	11.783	12.319	🟢 4,5 536
		2023	Ton/año	29.497	25.026	🟡 -15,2 -4.471	17.656	12.749	🔴 -27,8 -4.907	11.841	12.277	🟢 3,7 436
		2024	Ton/año	30.019	24.994	🟡 -16,7 -5.025	18.120	12.760	🔴 -29,6 -5.360	11.899	12.234	🟢 2,8 335
		2025	Ton/año	30.554	24.964	🟡 -18,3 -5.590	18.597	12.772	🔴 -31,3 -5.825	11.957	12.192	🟢 2,0 235
		2026	Ton/año	31.101	24.933	🟡 -19,8 -6.168	19.086	12.783	🔴 -33,0 -6.303	12.016	12.150	🟢 1,1 134
		2027	Ton/año	31.662	24.902	🔴 -21,4 -6.760	19.588	12.794	🔴 -34,7 -6.794	12.074	12.107	🟢 0,3 33

Fuente: Informe Técnico – Económico "ProyectoJULIO2008.pdf", Censo 2017 y 2012 e Información Proporcionada por KDM

Al analizar la estimación de demanda del proyecto desarrollada ex – post versus ex – ante, es posible determinar que, en términos globales, es decir, en conjunto para ambas comunas se observa una desviación promedio anual del orden del 17,4% (4.951 ton) de sobrestimación ex – ante, lo que se traduce en un aumento de la vida útil del mismo en aproximadamente 3 años.

Al analizar cada comuna en particular se aprecian desviaciones importantes para la comuna de Arauco, con una sobrestimación promedio anual del orden de un 30,1% (5.068 ton). En tanto, en la proyección de la comuna de Curanilahue ambos escenarios se encuentran en línea, con una variación promedio anual del orden del 0,9% (118 ton).

La proyección de demanda para la comuna de Curanilahue logra amortiguar las elevadas desviaciones que presenta la comuna de Arauco; sin embargo, tal como se mencionó anteriormente, la proyección de demanda se encuentra en los límites de lo considerado razonable (cumple con reparos), observación significativa a tener en consideración, ya que la demanda es el principal insumo para dimensionar la capacidad de este tipo de proyectos.

4.3 Programa Arquitectónico

El proyecto se ubica en la Región del Bío – Bío, Provincia de Arauco, Comuna de Curanilahue, próximo a la Ruta 160 y específicamente en el Lote 3B con ROL SII N°509-36.

La implementación del RS considera un total de 7,32 há, distribuido en 6 etapas:

- 1ª etapa de 1,10 há,
- 2ª etapa de 1,15 há
- 3ª etapa de 1,25 há
- 4ª etapa de 1,07 há
- 5ª etapa 1,47 há y,
- 6ª etapa de 1,28 há.

Estas etapas se vinculan de manera concéntrica proyectando por el perímetro el canal de drenaje de aguas lluvias; luego el camino para el tránsito de camiones o maquinarias de 5,0 m de ancho, un distanciamiento de cortafuego de 10,0 m de ancho y el cerco

perimetral. Este último se proyecta con fundaciones de hormigón de 170 kg cemento /m³, donde se soportan pilares de rollizo impregnado de 6" ubicados cada 2,5 m y cada 50,0 m posee dos diagonales; sobre dicha estructura se sostiene una malla de bizcocho galvanizada de 50 x 50 y una corrida de alambre de púas ubicada en la parte superior.

Hacia el oriente de la faena se emplazan la laguna de acumulación, caseta de bombeo y planta de tratamiento de líquidos percolados. Hacia el sur, próximo al ingreso, se ubica el área de instalaciones que se describe a continuación:

- 1) *Portón de acceso:* de 6,0 m de ancho, el cual posee fundaciones de hormigón de 170 kg hormigón / m³ para soportar pilares de Fe 100 x 100 x 4. El portón de acceso es de L 40 x 3 perimetral y Malla Acma galvanizada o reticulada de 150 x 150 en su interior.
- 2) *Caseta de control y administración:* se proyectan 36,83 m², con destino oficina de control, estar, dos baños y un vestidor. La estructura de la edificación considera las siguientes materialidades: fundación corrida H20 de 0,40 m de ancho x 0,60 m de profundidad, ripio compactado de 0,10 m, radier de hormigón de 0,10 m, muros de Bloque de Cemento GST – 15 en exteriores y GST – 10 en divisiones interiores, pilares y cadenas de Hormigón Armado de 300 Kg/c/m³, estuco de mortero de 1/3, cielo de Volcanita de 10 mm, aislación de Lana Mineral de 160 mm, cerchas de Pino de 1x5", costanera de Pino de 2x2", Filtro Asfáltico de 15 LBS en techumbre y cubierta de Zincalum de PV6.

Se proyecta una dotación de servicios higiénicos para 7 personas con 2 WC, 2 duchas y 3 lavamanos.

- 3) *Galpón de mantención:* posee una superficie de 72,0 m² con dimensiones de 6,00 x 12,00 m. La estructura considera fundaciones de 0,60 m de ancho x 0,90 m de largo y 0,60 m de profundidad donde se sustentan los pilares metálicos de 200 x 100 x 3 y 4,50 m de altura, distanciados cada 6,00 m y unidos a las fundaciones mediante pletinas metálicas de 380 x 280 x 8. Horizontalmente se considera estabilizado compactado al 90%, cama de ripio compactado de e=10 cm, malla Acma C – 92 y Radier de H-25, e=15 cm. Además, posee costaneras de 200 x 100 x 3 para sostener la techumbre.
- 4) *Depósito de combustible y aceite usado:* es un recinto de 3,00 x 1,50 m, es decir, 4,5 m² de superficie, destinado al acopio de 3 tambores de aceite de 200 litros, 8 bidones de 50 litros de combustible y 2 tambores de aceite usado de 200 litros.

Considera una cama de ripio compactado $e > 0,1$ m, malla Acma C – 92, radier H-20 o H-15, estructura metálica de Fe 40 x 40 x 3, revestimientos verticales y cubierta de Zincalum acanalado de 0,5 mm.

- 5) *Caseta de gas*: Estructura de 0,90 x 0,45 m, es decir, 0,405 m² aproximados de superficie. La estructura considera una cama de ripio compactado de $e > 0,1$ m, muro de ladrillo fiscal estucado, cubierta de Zincalum Acanalado de 0,5 mm y puertas metálicas con malla bizcocho galvanizada.
- 6) *Caseta de generador eléctrico*: posee 1,50 x 2,00 m, es decir, 3,0 m² de superficie. Considera una cama de ripio compactado de $e > 0,1$ m, muro de ladrillo fiscal estucado, cubierta de Zincalum Acanalado de 0,5 mm, puertas metálicas con marco L40 x 3 malla bizcocho galvanizada y rejillas de ventilación.
- 7) *Área de lavado de camiones*: estructura cuyas dimensiones son 12,10 x 5,00 m y superficie de 60,5 m². Se proyectó con radier H25; posee pilares de perfil metálico de 100x100x3 (para posibilitar un techado posterior), revestimiento vertical de planchas metálicas de 2,00 m. de altura y canaleta de captación de aguas de lavado y pozo de sedimentación.

Con el propósito de incorporar ajustes que permitan optimizar la funcionalidad y el uso de la infraestructura, se entregan las siguientes recomendaciones:

- 1) Se aprecia una evidente carencia de espacios administrativos y de servicios para los trabajadores, lo cual, tuvo como consecuencia la ampliación de la estructura original con la incorporación de una oficina para la Asociación de Municipalidades, sobre la base de un contenedor adicional de 18,00 m² de superficie (6 x 3 m). Asimismo, el operador del RS tuvo que implementar una oficina administrativa para el Jefe de Operaciones y la realización de reuniones, ubicada en un contenedor adicional de similar tamaño: 18,00 m² de superficie.
- 2) Por otro lado, se aprecian problemas constructivos en las instalaciones derivados del diseño original del proyecto. La edificación destinada a caseta de control y administración presenta filtraciones producidas principalmente por la no incorporación de aleros necesarios para evacuar las aguas lluvias. Otro problema de diseño se produce en el galpón de mantención, ya que no se consideraron los espacios requeridos para que camiones y maquinarias entren completamente, presentando una evidente carencia de espacio. Por otro lado, la zona de lavado de

camiones se proyectó con la estructura necesaria para posteriormente poder soportar una cubierta, la cual, no se ha ejecutado.

- 3) En relación a las instalaciones de las faenas, existe inundación en periodos de mucha lluvia debido a la impermeabilización completa a priori de la zanja. Lo ideal es realizar la impermeabilización a medida que se vaya requiriendo, evitando la acumulación de agua en la faena con los problemas asociados que esto conlleva.
- 4) Existen problemas con los caminos interiores del RS, puesto que en el periodo invernal, de lluvias abundantes, éstos desaparecen, dificultando su operación. Se requiere realizar inversiones en soluciones de mejor calidad en los caminos interiores.

Finalmente, en la Tabla N°25 se presenta una comparación ex – ante versus ex – post de las instalaciones del RS.

Tabla N°25. Comparación Ex – Ante vs Ex – Post Instalaciones Relleno Sanitario Arauco – Curanilahue

Sanitario Arica - Curanilahue								
N°	Concepto	Área	Unidad	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var		
1	Programa Arquitectónico	Caseta de control y administración	m2	36,83	72,83	✖	97,7	36
		Galpón de mantención	m2	72	72	✔	0,0	0
		Deposito de combustible y aceites usados	m2	4,15	4,15	✔	0,0	0
		Caseta de gas	m2	0,4	0,4	✔	0,0	0
		Generador eléctrico	m2	4,5	4,5	✔	0,0	0
		Área de lavado de camiones	m2	60,05	60,05	✔	0,0	0
Comentarios Generales: La caseta de control y administración contempla el uso paralelo de la oficina de control, estar o comedor (también utilizado como sala de reuniones), baños y un vestidor. Posteriormente se aumentó la superficie con la incorporación de dos contenedores de aproximadamente 3,00 m. x 6,00 m. = 18,00 m2. cada uno, con destino oficina operador y oficina de asociación de municipalidades. La zona de mantención de camiones y/o maquinarias, es insuficiente pero hasta el momento no se han detectado intervenciones en la infraestructura proyectada.								

Fuente: Planimetría del Proyecto e Información de Terreno

En documento adjunto "Archivo Fotográfico" se incluye un registro visual de las instalaciones.

4.4 Componentes de Eficiencia Energética, Valorización y Reciclaje

Esta iniciativa de inversión no contempla en su diseño original componentes de eficiencia energética. Tampoco incluye proyectos de valorización y reciclaje.

A partir de la información recopilada durante la visita a terreno, se constata la acumulación de chipeo de podas en el RS y la creación de un proyecto piloto para la producción de compostaje; de ser exitosa esta experiencia se tiene planificado escalar

el proyecto a nivel de Asociación Municipal (Arauco – Curanilahue) dentro del recinto del RS.

5. Evaluación Socio - Económica

Finalizado el análisis de las variables relevantes del proceso de formulación del proyecto corresponde revisar su evaluación socio – económica. Este análisis se desarrollará en tres etapas: i) Fase de Inversión, ii) Fase de Operación e iii) indicadores de rentabilidad.

5.1 Análisis Evaluación Económica Ex – Ante

La evaluación económica de esta iniciativa de inversión fue desarrollada por la Empresa Ingeniería Alemana S.A. (IASA), en la que se consideraron 3 alternativas de solución:

- 1. Alternativa A:** Construcción dos Rellenos Sanitarios en Arauco y Curanilahue, respectivamente.
- 2. Alternativa B:** Construcción Relleno Sanitario Intercomunal Arauco - Curanilahue.
- 3. Alternativa C:** Construcción de Estación de Transferencia y Transporte a Relleno Sanitario Autorizado.

Los resultados de esta evaluación fueron los siguientes:

Tabla N°26. Indicadores Económicos³⁶

Alternativa	VACS (MM\$)	VACS/Ton (\$)
Alternativa A	6.733	12.598
Alternativa B	4.967	9.195
Alternativa C	9.127	16.896

Fuente: Informe Técnico – Económico “ProyectoJULIO2008.pdf”

De acuerdo con estos indicadores se selecciona la Alternativa B, dado que presenta el menor VACS. El análisis ex – post se centrará en esta alternativa, que finalmente fue la que se ejecutó.

Cabe señalar, que en atención al problema planteado y su configuración de alternativas, la evaluación ex – ante considera toda la cadena de gestión de residuos, es decir, Recolección – Transporte – Disposición Final. Sin embargo, para efectos del presente

³⁶ Los proyectos de Rellenos Sanitarios se evalúan utilizando un criterio costo – eficiencia, siendo el principal indicador para la toma de decisiones el VAC. Esta metodología de análisis supone que todas las alternativas de solución estudiadas para abordar un problema entregan los mismos beneficios.

estudio (3 iniciativas estudiadas), se abordará el análisis de los costos de inversión y operación relacionados sólo a los RS, de acuerdo a las Bases de Licitación del Estudio y en específico a su Resultado Esperado N°2.

Previo a desarrollar la evaluación ex – post, se hizo una revisión del modelo de evaluación económica que respalda los indicadores de rentabilidad, archivo “COSTOS SOCIALES INVERSIONES INICIALES NUEVOS VAC PARA ANEXOS 16 Ene.xls”. Esta revisión tiene como objetivo identificar y subsanar posibles errores que pudiera afectar el análisis posterior. A continuación se listan los principales hallazgos:

1. Los presupuestos de Inversión, Operación y Plan de Cierre no tienen análisis de precios unitarios, por lo que no es posible conocer los detalles de su estimación.
2. La corrección a precios sociales viene con errores conceptuales:
 - a) Se consideran todos los materiales, maquinarias y equipos como nacionales (no transables), por lo que no se aplica el precio social de la divisa ni se corrige por impuestos arancelarios e impuestos específicos (de existir éstos).
 - b) En los costos de operación no se utilizan precios sociales de neumáticos, combustibles, lubricantes, mantenciones, etc.
 - c) La Mano de Obra (Calificada, Semicalificada y No Calificada) se corrige sobre su valor líquido, debiendo ser corregida sobre su valor bruto.
3. El monto del ítem inversión en terrenos no se considera como un costo relevante y no es incluido en la evaluación socioeconómica de la iniciativa³⁷.
4. El desglose de precios unitarios no coincide con su valor total para las partidas terrenos, ingeniería y geomembrana.
5. No se modela un plan de mantención (preventiva y correctiva) para equipos, vehículos, maquinarias y otros. Se estima sólo como un porcentaje del monto total de Inversión, procedimiento aceptable para evaluación a nivel de perfil.

³⁷ En Anexo N°8 se presenta un análisis de la evaluación ex – ante con el recálculo de los indicadores de rentabilidad para los proyectos en análisis incluyendo el costo del terreno y su valor residual.

6. No se modelan las reinversiones requeridas durante el horizonte de evaluación. Se estima como un porcentaje del monto total de Inversión, procedimiento aceptable para evaluación a nivel de perfil.
7. Se consideran costos de operación totales constantes en el tiempo; sin embargo, el tonelaje anual a disponer aumenta anualmente, llegando a una diferencia de un 30% aproximadamente entre el año 1 y el año 20.
8. No se considera valor residual de la inversiones y reinversiones del proyecto.

Con el objetivo de realizar el análisis ex – post sobre una base comparable, se procede a corregir la evaluación ex – ante de la alternativa seleccionada (en este caso la alternativa B), considerando sólo los costos de inversión y operación relacionados al Relleno Sanitario, obteniendo los siguientes resultados (Tabla N°27).

**Tabla N°27. Evaluación Económica Alternativa B Corregida
Sólo Relleno Sanitario (MM\$ julio 2008)**

Item	MM\$
VACS Inversión Inicial	567
VACS Inversión año 1 al 13	711
VACS Costos de Operación	1.032
VACS	2.309

**Fuente: Elaboración Propia a partir de archivo
"COSTOS SOCIALES INVERSIONES INICIALES
NUEVOS VAC PAA ANEXOS 16 Ene".xls**

Adicionalmente, se hicieron los siguientes ajustes para el recálculo del indicador:

- Se imputa la inversión total de la Planta de Tratamiento de Lixiviados y la maquinaria requerida para operar el RS en el año cero y no el en el año uno, puesto que resultan fundamentales para la operación.
- No se considera reinversión en el último año del horizonte de evaluación.

5.2 Fase de Inversión

En este apartado se hará una comparación detallada de las inversiones presupuestadas ex – ante, en la Etapa de Diseño, en relación a OOCC, Maquinarias y Vehículos, versus la información recopilada ex – post. Adicionalmente se evaluará el plazo de ejecución.

5.2.1 Plazo de Ejecución

En la Tabla N°28 se observa una subestimación en el plazo de ejecución de las obras civiles del proyecto en 96 días.

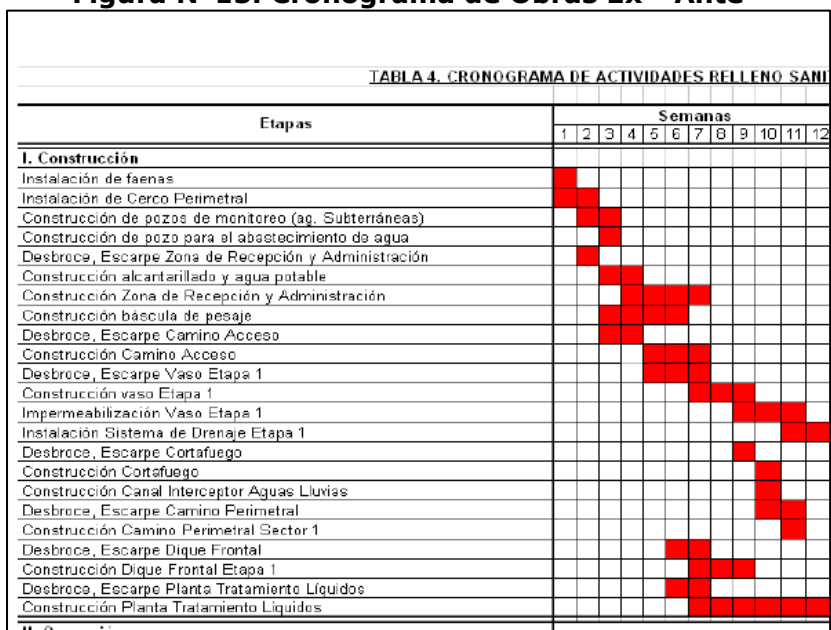
Tabla N°28. Plazo de Ejecución

Concepto	Unidad	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (%, Un)	
Plazo de Ejecución	Días	84	180	× 114,3	96

Fuente: Informe Técnico – Económico “ProyectoJULIO2008.pdf”, Contrato Construcción y Operación por Cinco Años Relleno Sanitario Arauco – Curanilahue, ID 4237-20-LP13

El plazo de ejecución ex - ante se obtuvo del Informe Técnico – Económico “ProyectoJULIO2008.pdf” obtenido del Banco Integrado de Proyectos del Sistema Nacional de Inversiones, de acuerdo a su cronograma de obras que se presenta a continuación. En este cronograma se indica un periodo de ejecución de 12 semanas, equivalente a 84 días.

Figura N°15. Cronograma de Obras Ex - Ante



Fuente: Informe Técnico – Económico “ProyectoJULIO2008.pdf”

Por su parte, la información referente al plazo de ejecución ex - post (180 días) se obtuvo del contrato “Construcción y Operación por Cinco Años Relleno Sanitario Arauco – Curanilahue”, celebrado entre la Municipalidad de Curanilahue y la empresa KDM S.A. aprobado mediante Decreto Alcaldicio N°4593 del 01 de Agosto de 2013 y formalizado en el contrato del 23 de Agosto del mismo año. Ambos documentos que se acompañan en Anexo N°9.

5.2.2 Costos de Inversión

En este ítem se hará una comparación de los costos de inversión asociados a la construcción del Relleno Sanitario Arauco – Curanilahue entre los escenarios ex – ante y ex – post. Entre los costos asociados a inversión se encuentran O.O.C.C, maquinarias, vehículos y terrenos.

Con el objetivo de apreciar de mejor forma las diferencias entre las estimaciones de costos y sus valores reales, se deflactarán todos ellos a la fecha del contrato de ejecución del proyecto, que en este caso fue el 23 de agosto de 2013.

Las comparaciones se realizan sobre la base de sus valores privados³⁸; no obstante, el análisis de indicadores de rentabilidad se realizará en términos sociales.

1) Terrenos

Mediante escritura pública de fecha 23 de mayo de 2001, las Municipalidades de Arauco y Curanilahue adquieren un terreno de 13,5 há por un monto de \$30.000.000 (moneda 2001). En el Anexo N°10 se adjunta la escritura de compraventa.

Al comparar ambos escenarios es posible comprobar una sobrestimación ex – ante de un 19,9% en términos reales, tal como se aprecia en la Tabla N°29. Ambos escenarios consideran un terreno de 13,5 há, por lo que la diferencia es 100% atribuible al precio considerado. Es así como ex -ante se considera un valor por há de \$3.802.773, en contraste con los \$3.044.631 ex -post.

Tabla N°29. Inversión en Terreno (\$ agosto 2013)

Concepto	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)	
Terreno	51.523.056	41.251.134	✖ -19,9	-10.271.922

Fuente: "COSTOS SOCIALES INVERSIONES INICIALES NUEVOS VAC PARA ANEXOS 16 Ene" y Escritura de Compraventa Terreno del 23 de Mayo de 2001.

Es importante señalar, que el costo de terreno del escenario ex – ante, presentado en la Tabla N°29, no se incluye en la evaluación económica ex – ante. En este punto sólo se quiere hacer presente que existe una diferencia entre el valor presupuestado y su valor real.

³⁸ Netos de IVA

2) Obras Civiles, Equipos y Equipamiento

La construcción del RS fue licitada y asignada a la empresa KDM S.A el 1° de Agosto de 2013. El contrato de ejecución de obras se firma el día 23 del mismo mes entre la Municipalidad de Curanilahue³⁹ y la empresa KDM S.A bajo las siguientes condiciones:

- Monto: \$503.789.286 más IVA (\$599.509.250).
- Plazo: 180 días corridos.
- Ejecución de obras civiles, adquisición de equipos (báscula, hidrolavadora, computador y otros) y equipamiento (muebles de oficina, bancos, casilleros y otros).

En Anexo N°11 se adjunta Presupuesto Detallado.

Previo al desarrollo del análisis, es importante establecer que para poder realizar una comparación adecuada resulta fundamental que los presupuestos de ambos casos reflejen un proyecto de similares características; de otra manera las comparaciones serían inútiles puesto que estarían sobre la base de distintos dimensionamientos. Por esta razón, para efectuar la comparación de costos de inversión, el presupuesto ex – ante considera la incorporación de los ítems Camino de Acceso e Interiores, Planta de Tratamiento de Lixiviados e Infraestructura Auxiliar íntegros, puesto que es lo que realmente se contrató. Las diferencias de temporalidad de estas inversiones se verán reflejadas en la comparación de los indicadores de rentabilidad entre uno y otro caso.

En la Tabla N°30 se presentan los valores nominales de inversión para los escenarios ex – ante y ex – post de esta iniciativa.

Tabla N°30. Comparación Inversión Total Sin IVA (\$ corrientes)

Concepto	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)	
Inversión OOC	455.950.152	503.789.286	× 10,5	47.839.134

Fuente: "COSTOS SOCIALES INVERSIONES INICIALES NUEVOS VAC PARA ANEXOS 16 Ene" y Contrato Construcción y Operación por Cinco Años Relleno Sanitario" ID 4237-20-LP13

En términos nominales la inversión ejecutada es un 10,5% superior a lo presupuestado ex – ante. En términos reales esta diferencia disminuye a un 1,1%, pero de

³⁹ Si bien es cierto este es un proyecto conjunto entre las Municipalidades de Arauco y Curanilahue, el titular es Curanilahue puesto que el proyecto se emplaza en dicha comuna.

sobreestimación ex - ante, como se aprecia en la Tabla N°31. De este primer análisis general se puede concluir que las estimaciones realizadas ex - ante son muy adecuadas.

Tabla N°31. Comparación Inversión Total sin IVA (\$ agosto 2013)

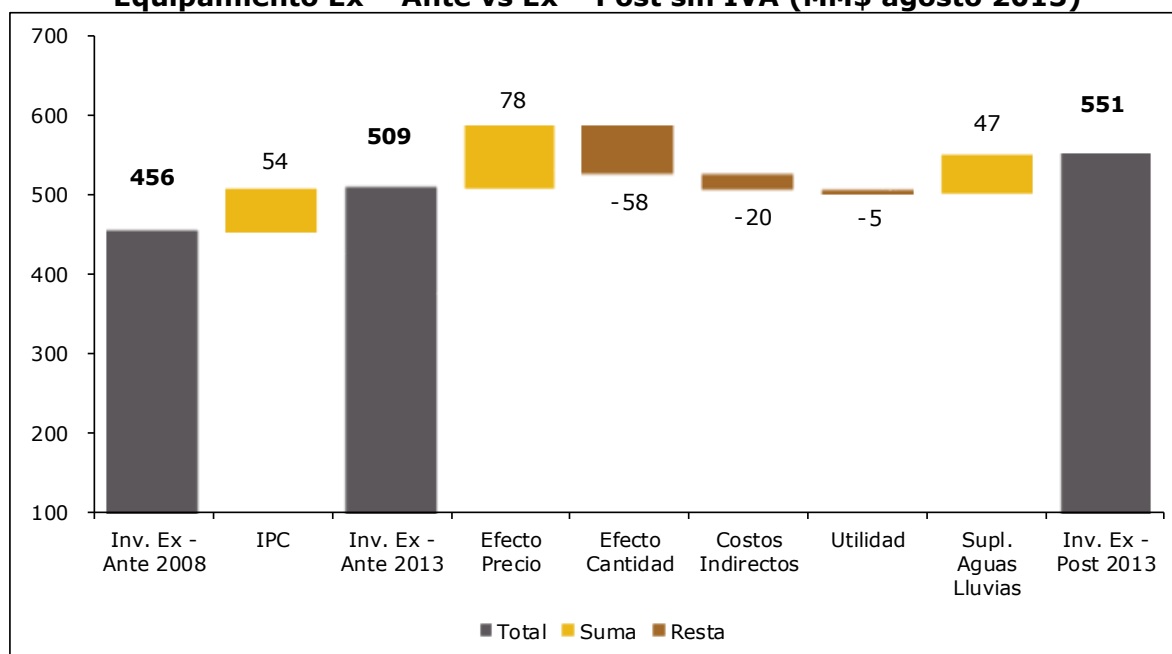
Concepto	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)	
Inversión OOC	509.420.803	503.789.286	✓ -1,1	-5.631.517

Fuente: "COSTOS SOCIALES INVERSIONES INICIALES NUEVOS VAC PARA ANEXOS 16 Ene" y Contrato Construcción y Operación por Cinco Años Relleno Sanitario" ID 4237-20-LP13

Sin embargo, durante la ejecución de esta iniciativa se autorizan obras extraordinarias por un monto de \$50.287.876 más IVA (\$59.842.572), debido a que el proyecto original no consideró una solución de aguas lluvias adecuada. Estas obras extraordinarias fueron solicitadas por la Seremi de Medio Ambiente de la región del Bío - Bío en visita al RS. En Anexo N°12 se adjunta presupuesto detallado del 9 de septiembre de 2014.

Al efectuar un análisis con mayor detalle se observa que la principal diferencia entre ambas inversiones es provocada por una subestimación de los precios unitarios utilizados ex - ante y por el suplemento de inversión en Aguas Lluvias, tal como se muestra en la Figura N°16, explicando una diferencia de MM\$125,8. En contrapartida se tiene una sobreestimación ex - ante de las cantidades consideradas en el presupuesto y diferencias en los porcentajes asignados a costos indirectos que, en conjunto, explican una disminución de MM\$83,9. El efecto neto es una diferencia de MM\$41,9 sobre la inversión inicial en OOC, equipos y equipamiento.

Figura N°16. Análisis Factorial Diferencias Inversión OOC, Equipos y Equipamiento Ex – Ante vs Ex – Post sin IVA (MM\$ agosto 2013)



Fuente: Elaboración Propia

En atención a los hallazgos de este segundo análisis, referente a la existencia de efectos contrapuestos que podrían llevar a concluir erróneamente que no existen diferencias significativas entre ambos escenarios, se procede a analizar las principales partidas del costo directo de ambos presupuestos que se presentan en la Tabla N°32.

Tabla N°32. Diferencias Principales Partidas del Costo Directo (\$ agosto 2013)

Ítems	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)	
Instalación de Faenas	2.726.088	12.397.687	⊗ 354,8	9.671.599
Caminos de Acceso e Interiores	11.536.803	20.620.679	⊗ 78,7	9.083.876
Infraestr. Y Edif. Común	43.441.405	96.846.045	⊗ 122,9	53.404.640
AP y Trat. AS	13.067.774	24.197.351	⊗ 85,2	11.129.577
Relleno Sanitario	183.517.763	132.602.668	⊗ -27,7	-50.915.095
Planta Tratamiento Lix.	72.586.444	58.050.445	⊗ -20,0	-14.535.999
Infraestr. Auxiliar	13.674.055	27.677.816	⊗ 102,4	14.003.761
Instalaciones Eléctricas y Electr.	42.977.470	31.037.816	⊗ -27,8	-11.939.654
Total Costo Directo	383.527.802	403.428.508	⚠ 5,2	19.900.706

Fuente: Elaboración Propia

Estas diferencias van desde un mínimo de 20,0% hasta un máximo de 354,8% en valor absoluto, lo que se encuentra muy lejos de un estándar de diseño, que debiera contar con un rango de variación de +-5%.

Sin lugar a dudas las principales desviaciones se encuentran en la partida Infraestructura y Edificación Común con una subestimación ex – ante de MM\$53 y en la partida Relleno

Sanitario con una sobreestimación ex – ante de MM\$50 millones, efectos que se contraponen, provocando que en términos agregados no se verifiquen tales diferencias.

En la Tabla N°33 se puede observar las causas de estas desviaciones al mostrar los efectos en precio y cantidad para cada una de ellas.

**Tabla N°33. Efectos Precio y Cantidad Desviaciones Principales
Partidas del Presupuesto (\$ agosto 2013)**

N°	Efectos		
	EP (\$)	EQ (\$)	Total
Instalación de Faenas	9.671.599	-	9.671.599
Caminos de Acceso e Interiores	5.666.627	3.417.249	9.083.876
Infraestr. Y Edif. Común	55.631.892	-2.227.252	53.404.640
AP y Trat. AS	46.163.730	-35.034.153	11.129.577
Relleno Sanitario	-37.025.331	-13.889.763	-50.915.095
Planta Tratamiento Lix.	5.252.368	-19.788.368	-14.535.999
Infraestr. Auxiliar	4.867.795	9.135.966	14.003.761
Instalaciones Eléctricas y Electr.	-11.939.654	-	-11.939.654
Total Costo Directo	78.289.026	-58.388.320	19.900.706

Fuente: Elaboración Propia

En la partida Infraestructura y Edificación Común se observa una importante subestimación en precios unitarios considerados ex – ante, en tanto en la partida Relleno Sanitario (hace referencia a la faena propiamente tal), se aprecia una sobrestimación de precios y cantidades. Los ítems que explican las diferencias encontradas por partidas de presupuesto se detallan a continuación:

- *Infraestructura y Edificación Común:*
 - Cerco perimetral con una desviación total de MM\$14,0, explicada por una subestimación de precios de MM\$14,9 y una sobrestimación de cantidades de MM\$0,9.
 - Casa de Administración con una subestimación en precios de MM\$5,4.
 - Báscula con una subestimación de precios de MM\$19,0.
- *Relleno Sanitario:*
 - Capa de Drenaje con una desviación total de MM\$25,2, explicada por una sobrestimación de precios de MM\$22,5 y cantidades por MM\$2,7.

- Geomembrana PEAD con una desviación de MM\$15,7, explicada por una sobrestimación de precios de MM\$10,7 y cantidades de MM\$4,9.
- Geotextil PP agujado con una desviación de MM\$7,5, explicado por una sobrestimación de precios de MM\$5,8 y una subestimación de cantidades de MM\$1,7.
- *AP y Tratamiento AS:* si bien es cierto no genera diferencias mayores en el total debido a efectos contrapuestos, es importante señalar que existen grandes desviaciones en precios y cantidades, específicamente en el ítem Estanque de Agua, con una subestimación de precios de MM\$38,9 y una sobrestimación de cantidades en MM\$35,8.

En Archivo adjunto "Curanilahue.xls" se acompaña una comparación entre ambos presupuestos a nivel de ítems y un detalle de los efectos precio y cantidad al mismo nivel.

3) Maquinaria y Vehículos

En la evaluación ex – ante se considera la adquisición de un cargador frontal y una camioneta 4x4. Ex – post se verifica la compra de una excavadora y una camioneta. En la Tabla N°34 se presentan las inversiones realizadas en ambos casos en pesos de agosto de 2013.

**Tabla N°34. Inversión en Maquinaria y Vehículos
Sin IVA (\$ agosto 2013)**

Concepto	Evaluación Ex - Ante (\$)	Evaluación Ex - Post (\$)	Var (%, Un)	
Excavadora	-	83.342.602		83.342.602
Cargador Frontal	130.852.205	-		-130.852.205
Camioneta	9.268.698	16.646.748	⊗ 79,6	7.378.050

Fuente: Elaboración Propia

La excavadora se compró a la empresa Komatsu Chile S.A mediante un contrato de adquisición del 22 de junio de 2015 entre esa empresa y la Municipalidad de Curanilahue, por un monto de \$107.961.265 (IVA incluido) a precios de esa fecha. En Anexo N°13 se adjunta el contrato respectivo.

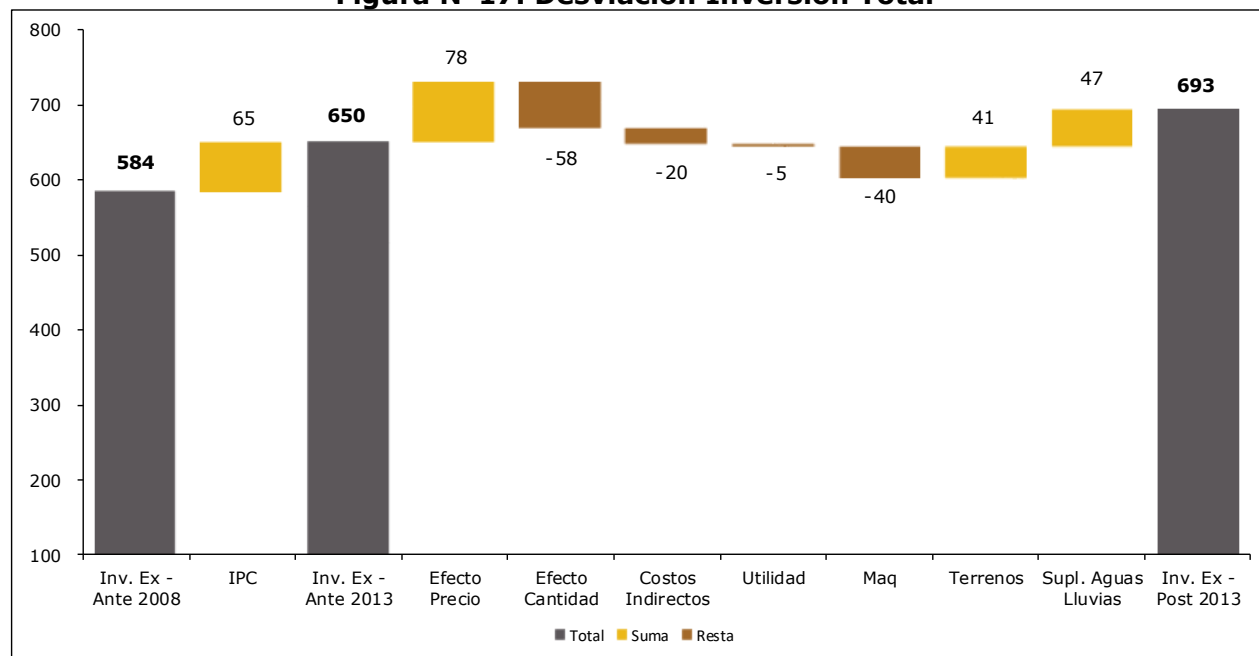
La camioneta por su parte se compró a la empresa Maritano Ebensperger Ltda. mediante contrato adquisición del 25 de noviembre de 2015, celebrado entre la empresa y la

Municipalidad de Curanilahue por un monto de \$21.995.000 (IVA incluido) a precios de esa fecha. En Anexo N°14 se adjunta el contrato.

En reunión sostenida con funcionarios de las Municipalidades de Arauco, Curanilahue y la Asociación de Municipalidades de Arauco – Curanilahue, además de representantes de la empresa KDM S.A, se indicó que la excavadora adquirida presenta una mayor funcionalidad y productividad que un cargador frontal para las actividades requeridas en el RS. En tanto, la camioneta no se utiliza por problemas administrativos y se encuentra estacionada en la Municipalidad de Curanilahue.

Finalmente, en la Figura N°17 se muestran las diferencias entre inversión ex – ante (\$649.541.706) y ex – post (\$692.603.049), incluyendo todas las inversiones consideradas en uno y otro caso (OOCC, maquinarias, equipos, terrenos, etc).

Figura N°17. Desviación Inversión Total



Fuente: Elaboración Propia

Se observan variados efectos que se contraponen, siendo los de mayor relevancia las desviaciones en precio y cantidad analizadas anteriormente, representando un 11,3% y 8,4% respectivamente de la inversión real. Adicionalmente la subestimación del costo de inversión en maquinaria se anula con la inversión en terreno, no considerada ex – ante, cuyas desviaciones representan individualmente un 5,8% y 6,0% de la inversión total real. Por último, se observa que la no consideración de una solución definitiva para las aguas lluvias, muy relevantes por la zona geográfica en que se encuentra ubicado el

proyecto, ya que llueve intensamente durante el invierno, representa un 6,9% de la inversión real. En definitiva, en términos reales la diferencia neta asciende a MM\$43 (6,2%) de subestimación ex – ante.

5.3 Fase de Operación

La información recopilada y su desagregación dificultan la realización de un acabado análisis ex – post, puesto que no cumplen con los requisitos mínimos mencionados en la [letra B](#) de este Capítulo. Ésta se obtuvo a partir documentación parcial entregada por el operador para cada año de funcionamiento del RS. Con ella fue posible recrear la estructura de costos de operación del RS para un mes tipo.

Como este RS en particular no posee estacionalidad, su nivel de actividad es prácticamente constante durante el año, por lo que el costo mensual estimado se anualizó multiplicándolo por 12.

Adicionalmente, se consideró que los ítems que componen el costo de operación son constantes en términos reales para el periodo 2015 – 2019.

5.3.1 Remuneraciones

En la evaluación ex – ante, las remuneraciones consideradas para la dotación del RS se mantienen constantes para todo el horizonte de evaluación.

En el caso de las remuneraciones reales (ex – post) se tienen las liquidaciones de remuneraciones del año 2018 para toda la dotación⁴⁰. En Anexo N°15 se acompañan las liquidaciones para un mes de operación (noviembre de 2018).

Dado que las remuneraciones consideradas en cada escenario se encuentran en moneda nominal, se ajustan a agosto de 2013.

En la Tabla N°35 se presentan las dotaciones y remuneraciones consideradas para ambos casos.

⁴⁰ Entregadas por la empresa KDM S.A.

**Tabla N°35. Dotación y Remuneraciones Mensuales
Ex – Ante vs Ex – Post (\$ agosto 2013)⁴¹**

Concepto	Unidad	Evaluación Ex - Ante			Evaluación Ex - Post		
		Q	P (\$)	Total	Q	P (\$)	Total
Administrador de Contrato	J.Laboral	0,25	2.617.044	654.261	0,50	2.450.161	1.225.081
Jefe de Operaciones	J.Laboral	0,75	1.046.818	785.113	1,00	929.190	929.190
Secretaria/Contadora	J.Laboral	0,50	366.386	183.193	0,00	0	0
Operador PTL	J.Laboral	0,50	850.539	425.270	2,00	607.900	1.215.799
Operador Máquina	J.Laboral	1,00	523.409	523.409	1,00	740.837	740.837
Romanero	J.Laboral	0,00	0	0	1,00	543.057	543.057
Guardia	J.Laboral	2,00	327.131	654.261	2,00	656.224	1.312.447
Jornal	J.Laboral	2,00	327.131	654.261	2,00	432.944	865.888
Total		7,00		3.879.768	9,50		6.832.298

Fuente: Elaboración Propia

- *Efecto Dotación:* Ex - ante se consideraron 7 jornadas laborales completas, en cambio ex - post, se verifican 9,5 jornadas, lo que se traduce en una diferencia de 35,7% entre ambos escenarios. Las diferencias radican en 0,25 jornadas laborales más para el Administrador de Contrato y el Jefe de Operaciones, 1 jornada laboral para el Romanero, no considerado en la evaluación ex - ante y 1,5 jornadas laborales adicionales de operador de Planta de Tratamiento de Lixiviados (PTL), ya que en la situación ex - ante se consideró sólo un químico media jornada. La secretaria de 0,5 jornadas considerada en la evaluación ex - ante no existe en la operación real.
- *Efecto Remuneración:* En la Tabla N°35 se observa que ex - ante se considera un costo total en remuneraciones mensual de \$3.879.768, monto ostensiblemente menor a los \$6.832.298 recopilados ex - post. Esto se traduce en una diferencia mensual de \$2.952.531 (76,1%), que anualmente representa un monto \$35.430.366. La evaluación ex - ante se encuentra claramente subvalorada. Esta diferencia mensual se explica por un efecto precio de \$924.135 de subestimación ex - ante, que anualizado alcanza los \$11.091.777 y un efecto cantidad de subestimación ex - ante de \$2.028.216, que anualizado asciende a \$24.338.589.

En la Tabla N°36 se presenta el detalle de los efectos precio y cantidad para cada cargo considerado en uno y otro escenario.

⁴¹ La remuneración del Administrador de Contrato fue obtenida de encuesta laboral Deloitte 2018.

Tabla N°36. Efecto Precio – Cantidad Remuneraciones Mensuales (\$ agosto 2013)

Efecto Precio - Cantidad					
N°	Item	Concepto	Efecto Precio - Cantidad		
			EP	EQ	Total
1	Dotación	Administrador de Contrato	-41.721	612.540	570.820
		Jefe de Operaciones	-88.221	232.297	144.076
		Secretaria/Romanero	88.336	271.529	359.864
		Operador PTL	-121.320	911.849	790.529
		Operador Máquina	217.428	-	217.428
		Guardia	658.186	-	658.186
		Jornal	211.627	-	211.627
		Total	924.315	2.028.216	2.952.531

Fuente: Elaboración Propia

5.3.2 Insumos

Con relación a esta partida de gasto, la información recopilada no alcanza el nivel requerido que permita realizar un análisis detallado; sólo fue posible recopilar información de dos ítems, electricidad y combustible; sin embargo, estos ítems representan el 49% de los insumos considerados ex - ante.

Tabla N°37. Costos Mensuales en Insumos (\$ agosto 2013)

Concepto	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post
Agentes Químicos	272.609	s/i
Electricidad	824.369	609.923
Combustible (Diesel)	1.170.342	1.091.873
Constr. Pozos Venteo Gas	13.739	s/i
Material de Cobertura	1.990.044	n/a
Ropa de Seg. y Herramientas	27.261	s/i
Total	4.298.364	1.701.796

Fuente: Elaboración Propia

En relación al consumo eléctrico el operador informa que su gasto mensual por este concepto asciende a un monto promedio mensual de \$609.923. En contraste, la evaluación ex - ante considera un gasto mensual de electricidad de \$824.369, sobrestimando su gasto en aproximadamente \$214.446.

En el ítem combustible (diesel), ex - ante se considera un gasto mensual de \$1.170.342, en cambio, de acuerdo al gasto mensual de combustible informado por la empresa dicho monto alcanza a \$1.091.873 mensuales, sobrestimando nuevamente el gasto mensual en alrededor de \$78.469.

Finalmente, el gasto en material de cobertura considerado en la evaluación ex – ante, no se produce en la práctica, puesto que se utiliza el mismo material extraído de las excavaciones realizadas para darle continuidad operacional al RS. La consideración de este ítem en la evaluación ex – ante representa un sobre costo anual de \$23.880.527 en relación a la situación ex – post, representando la mayor desviación por concepto de insumos.

No fue posible obtener información del gasto en ropa de seguridad y herramientas, construcción de pozos de venteo y agentes químicos.

5.3.3 Arriendos

En la evaluación ex – ante se considera un monto global por concepto de arriendo de maquinaria (retroexcavadora, camión, etc), que asciende a \$1.303.808 mensuales, como se muestra en la Tabla N°38. En contrapartida, para el caso ex – post se verifica un gasto en arriendo de alrededor de \$848.388 de la misma moneda. Este valor se obtuvo de acuerdo a lo informado por el operador del RS, que indicó que mensualmente arrienda un camión tolva para el traslado de material de cobertura 7 veces al mes en promedio. El valor diario del camión asciende a \$145.000 + IVA (moneda 2019), valor que se respalda con factura N°194 que se encuentra en Anexo N°16.

Tabla N°38. Comparación Arriendo Maquinaria (\$ agosto 2013)

Concepto	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)
Arriendo Maquinaria	1.308.522	848.388	⊗ -35,2 -460.134

Fuente: Elaboración Propia

En conclusión, existe una sobrestimación ex – ante de \$460.134 mensuales aproximadamente por concepto de arriendo de maquinaria, anualizando una diferencia estimada de \$5.521.605.

5.3.4 Mantención

En el escenario ex – ante se considera la realización de mantenciones a la maquinaria (cargador frontal) por un valor mensual de \$915.965 y a obras físicas por un valor mensual de \$327.131, ambos valores en moneda de agosto de 2013, tal como se puede observar en la Tabla N°39. En cuanto a la camioneta, no se consideran mantenciones asociadas.

Tabla N°39. Mantenciones Anuales (\$ agosto 2013)

Concepto	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post
Cargador Frontal	915.965	n/a
Obras	327.131	s/i
Báscula	0	112.861
Excavadora Komatsu PC 200	0	655.057
Total	1.243.096	767.918

Fuente: Elaboración Propia

Por su parte, de acuerdo a información recopilada en terreno, se realizan gastos de mantención de la báscula y la excavadora Komatsu PC 200.

De acuerdo con lo informado por el operador, la báscula recibe una mantención semestral, siendo el costo de cada mantención de un valor aproximado de \$677.166 en moneda de agosto de 2013, obtenido a partir de 3 presupuestos (2017, 2018 y 2019) aportados por el operador y que se acompañan en Anexo N°17. De acuerdo a lo anterior se obtiene un costo anual aproximado de \$1.354.331.

Con respecto a la excavadora Komatsu PC 200 se consideran mantenciones preventivas cada 250 horas de trabajo, lo que sería 8,64 veces en el año aproximadamente. El valor de cada mantención se obtuvo a partir de dos presupuestos cotizados por el operador que, en promedio, dan un monto de gasto de alrededor de \$778.431 (\$ 655.057 en moneda agosto 2013) lo que llevado al año entrega un valor aproximado de \$6.725.641. Adicionalmente se acreditaron mantenciones correctivas a través de 3 cotizaciones para el año 2017, por un monto anual de \$1.135.047, lo que mensualizado asciende a \$94.587.

En Anexo N°18 se adjuntan presupuestos de mantención preventiva y correctiva.

5.3.5 Plan de Seguimiento Ambiental

Dado que los proyectos de RS pueden provocar impactos ambientales, debido a la generación de líquidos percolados, generación de vectores y otros asociados, y a pesar de los recaudos considerados en sus diseños, el Servicio de Evaluación Ambiental, en general condiciona sus Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA) a la realización de un Plan de Seguimiento Ambiental, el que consiste generalmente en análisis y muestreos periódicos que aseguren de cierta forma, que estos proyectos no impacten negativamente el medio en que se emplazan, de manera de salvaguardar la salud de los habitantes de esos territorios.

Es así como en el escenario ex – ante se considera un gasto mensual por este concepto de \$381.652 en moneda 2013, en contraste con lo informado por el operador que indica un gasto mensual de \$316.078 + IVA, como se observa en la Tabla N°40.

Tabla N°40. Gastos Plan de Seguimiento Ambiental (\$ agosto 2013)

Concepto	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post
Muestreo de lixiviados (planta PTL)	54.522	0
Muestreo de agua superficial y subterránea	109.044	0
Asesoría Técnica Ambiental	218.087	n/a
Gasto Total Seguimiento Ambiental	0	316.078
Total	381.652	316.078

Fuente: Elaboración Propia

En el caso ex – post, el operador informa que el gasto que aparece en la Tabla N°40 considera un muestreo mensual de aguas residuales (PTL) y un muestreo de las aguas subterráneas de los pozos cada 3 meses, de acuerdo a su RCA.

En relación a la asesoría técnica ambiental, el operador señala que no contrata el servicio, puesto que la compañía cuenta con un profesional para todas sus operaciones.

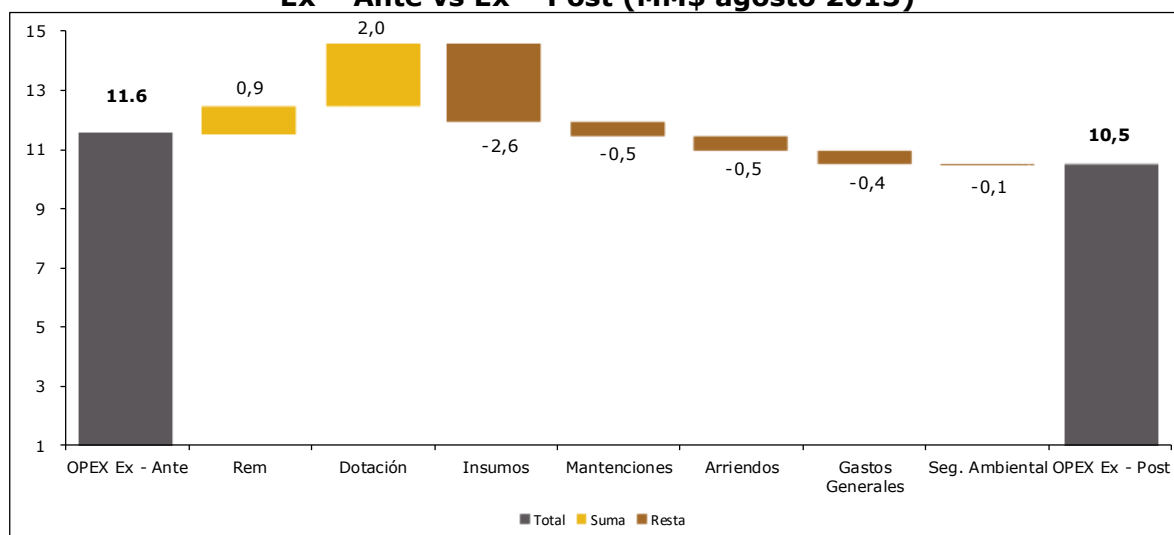
5.3.6 Gastos Generales

Ex – ante se considera gastos generales mensuales del orden de \$434.603 moneda 2013, ex – post no se cuenta con la información.

5.3.7 Costos y Gastos Agregados

Analizados cada uno de los ítems del costo de operación del RS, se visualiza que el nivel y detalle de la información recopilada no permite realizar un análisis profundo de las causas que explican las diferencias encontradas ex – ante versus ex – post; sin embargo, de todas formas se realiza una comparación agregada. Dicha comparación se realiza sobre las diferencias entre los montos totales de cada ítem, como se presenta en la Figura N°18.

**Figura N°18. Costos Operación Mensual
Ex – Ante vs Ex – Post (MM\$ agosto 2013)**



Fuente: Elaboración Propia

El costo mensual ex – ante asciende a MM\$11,6 versus los MM\$10,5 recopilados ex – post. Tal como se observa, existen dos ítems que presentan las mayores diferencias, las que operan en sentidos contrapuestos. Por una parte se tiene una diferencia de MM\$2,6 en el ítem insumos, debido a una sobrestimación ex – ante principalmente por concepto de material de cobertura (diferencia de MM\$2,0), gasto que no existe en la práctica. En sentido contrario se tiene una subestimación ex – ante de MM\$2,0 mensuales de la dotación requerida para el adecuado funcionamiento del Relleno Sanitario.

5.4 Indicadores de Rentabilidad

Una vez analizados los costos de la Fase de Inversión y Operación, se procede a contrastar los indicadores de rentabilidad ex – ante versus ex – post.

Tal como se mencionó anteriormente la comparación de indicadores de rentabilidad se desarrollará de acuerdo a las siguientes condiciones:

- Horizonte de evaluación de 13 años, debido al desfase entre el inicio de operaciones planificado en relación a lo sucedido en la realidad. Ex – ante el Relleno Sanitario comenzaba operaciones el 2008, sin embargo, comenzó en 2015, es decir, un desfase de 7 años.
- Se utilizará la versión corregida de la evaluación ex – ante como base de comparación.

- c) El flujo de caja considera moneda real en pesos de agosto de 2013 (año de contrato de ejecución).
- d) Se utilizan precios sociales vigentes a agosto de 2013, de acuerdo a documento del Ministerio de Desarrollo Social y Familia "Precios Sociales para la Evaluación Social de Proyectos".
- e) Para el flujo de caja ex – post, se utilizarán los valores ex – ante en aquellos casos en que no se cuente con información real. Esto tiene como objetivo obtener indicadores de rentabilidad comparables, de modo que las diferencias encontradas no sean atribuibles a la falta de datos.
- f) Se mantendrán para la evaluación ex – post los factores de escalamiento utilizados sobre algunas variables consideradas en la evaluación ex – ante, independientemente de si éstos se justifican metodológicamente⁴².
- g) Se mantendrá la temporalidad de sus inversiones para cada caso.

En la Tabla N°41 se presentan los indicadores de rentabilidad obtenidos ex – post y su comparación con la evaluación ex – ante.

Tabla N°41. Parámetros de Evaluación Social e Indicadores de Rentabilidad

N°	Concepto	Variable	Unidad	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post		
1	Parámetros	Horizonte de Evaluación	Años	13	13		
		Tasa Social de Descuento	%	6,0	6,0		
		Factor de Corrección Divisa	índice	1,01	1,01		
		Factor de Corrección MOC	índice	0,98	0,98		
		Factor de Corrección MOSC	índice	0,68	0,68		
		Factor de Corrección MONC	índice	0,62	0,62		
		Arancel de Importación	%	0,01	0,01		
		Moneda	Año	2013	2013	Var	
2	Indicadores	VACS	MM\$	2.502	2.224	🟡 -11,1	-277
		CTD	\$/Ton	10.031	10.826	🟢 7,9	795,3
3	Valores Actuales de Costo	Inversión Inicial	MM\$	398	667	🔴 67,6	269,2
		Inversiones año 1 al 13	MM\$	969	580	🔴 -40,2	-389
		Costos de Operación	MM\$	1.134	997	🟡 -12,2	-138
		Valor Residual	MM\$	0	19	🔴 100,0	19,34

Fuente: Elaboración Propia

La evaluación ex – ante presenta un VACS de MM\$2.502 versus los MM\$2.224 de la evaluación ex – post, lo que representa un 11,1% de diferencia. En el Anexo N°19 se encuentran ambos flujos de caja.

⁴² De no haber consistencia metodológica, se dejará establecido en el análisis de la evaluación ex – ante realizado en el punto 5.1

Las principales diferencias entre ambos indicadores radican en los siguientes puntos:

a) Inversión:

- Diferencias entre ambos presupuestos, tal como fue abordado precedentemente.
- Diferencia de temporalidad en la ejecución de las inversiones consideradas en cada caso, principalmente por los ítems Caminos de Acceso e Interiores, Planta de Lixiviación e Infraestructura Auxiliar, como también por la adquisición de maquinaria.
- No consideración ex – ante de inversión en terreno, ingeniería y permisos, por lo tanto, tampoco fue considerado el valor residual del terreno.

b) Operación:

- Un menor costo de operación anual ex – post de alrededor de MM\$138 en valor presente, explicado principalmente por dotación e insumos, tal como se presentó precedentemente.

Al analizar el Costo por Tonelada Dispuesta, se observa que ex – ante se refleja un menor valor que en el escenario ex – post, a pesar de tener un VACS más alto en el primer escenario. Lo anterior se explica por una mayor demanda estimada en el escenario ex – ante.

E. Relleno Sanitario de Caldera, BIP: 30037151-0

1. Objetivo de la Iniciativa

El objetivo de la iniciativa es contar con una solución de disposición final de residuos sólidos definitiva para la comuna de Caldera, mediante el reemplazo del actual vertedero municipal⁴³ por un Relleno Sanitario, incluyendo el saneamiento del área contaminada por el actual vertedero.

2. Descripción

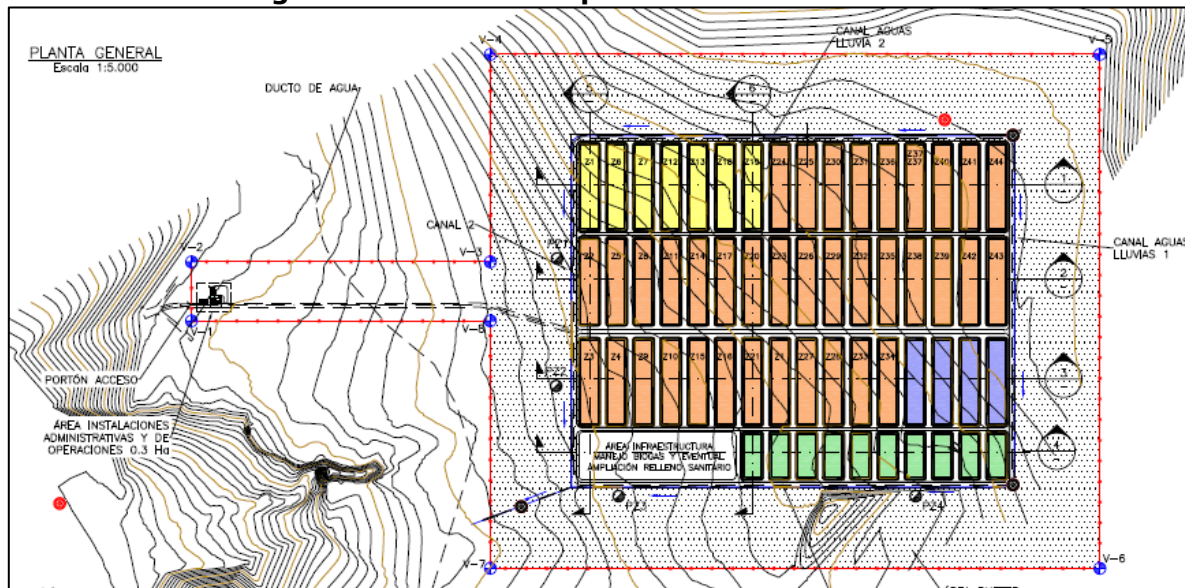
El proyecto consiste en la construcción de un RS de tipo superficial, que contempla las siguientes actividades, obras físicas y equipos:

- 1) Saneamiento del sector donde se ubica actualmente el vertedero,
- 2) Construcción de Zanjales y movimiento de tierra.
- 3) Construcción de 2 pozos de monitoreo de agua subterránea y 4 piezómetros.
- 4) Construcción de la Zona de Administración, Instalaciones del Personal y de Pesaje.
- 5) Construcción del cierre perimetral y galpón de lavado de camiones.
- 6) Adquisición de Vehículos, equipos y equipamiento requeridos para operar el relleno sanitario.

La Figura N°19 muestra un plano esquemático del Relleno Sanitario.

⁴³ Este vertedero no cumple con los estándares y normativa asociada a este tipo de infraestructura.

Figura N°19. Plano Esquemático RS de Caldera



Fuente: I. Municipalidad de Caldera "Presentación RELLENOS_CALDERA (rev jp 3 ULTIMA).ppt"

3. Historia y Tramitación del Proyecto

- 1) En el año 2010 mediante Decreto N°78 del Ministerio de Bienes Nacionales y con el financiamiento del Programa de Mejoramiento de Barrios de la SUBDERE, se adquiere terreno del sector de Botadero Municipal (97 há) en \$290.000.000.
- 2) En el año 2011 se realizan estudios complementarios⁴⁴ Relleno Sanitario Municipal, por un monto de \$100.020.000, financiado por el Programa de Mejoramiento de Barrios de la SUBDERE y liderado técnicamente por la Municipalidad de Caldera.
- 3) El 14 de junio de 2012 se obtiene la RCA a la DIA presentada por la Municipalidad de Caldera y el traspaso del terreno por parte del Ministerio de Bienes Nacionales⁴⁵.
- 4) El año 2013 obtiene recomendación favorable (RS) del Ministerio de Desarrollo Social y Familia.
- 5) El 11 de febrero de 2014 se firma contrato con la empresa CRECER (adjudicó la licitación) para la ejecución de las OOC del proyecto, por un monto de \$1.463.155.084 moneda de la época, financiado por el FNDR a través del Programa Nacional de Residuos.

⁴⁴ Estos estudios incluyen Ingeniería de Detalle, Proyecto de Arquitectura y Especialidades, Resolución de Calificación Ambiental, Resolución Sanitaria que aprueba Proyecto y Recomendación MDS (RS).

⁴⁵ El traspaso del terreno estaba condicionado a la obtención de la RCA.

- 6) El 20 de febrero se realiza el acta de entrega del terreno.
- 7) El 25 de agosto de 2014 mediante Decreto N°4.873 se realiza una extensión de plazo al contrato por 30 días.
- 8) El 22 de mayo de 2015, mediante Decreto N°2.051 se aprueban obras extraordinarias por \$108.237.980 en moneda corriente, quedando un monto total del contrato por \$1.571.393.064 en moneda nominal.
- 9) El 12 de septiembre de 2016 se realiza la aprobación definitiva del proyecto.

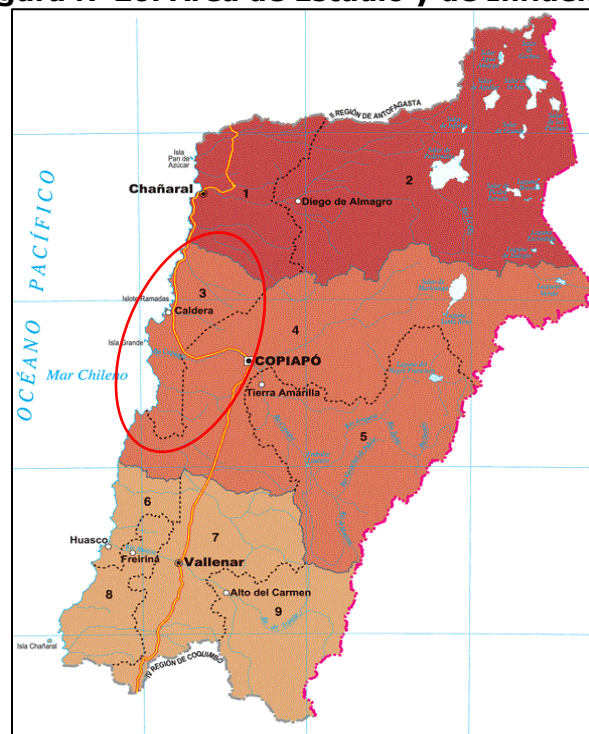
4. Formulación del Proyecto

4.1 Área de Estudio y Área de Influencia

Esta iniciativa de inversión se encuentra ubicada en la Región de Atacama, Provincia de Copiapó, comuna de Caldera.

Su área de estudio y área de influencia comprenden las mismas dimensiones, correspondiendo a los límites administrativos de la comuna de Caldera como se aprecia en la Figura N°20.

Figura N°20. Área de Estudio y de Influencia



**Fuente: Comuna de Caldera "Presentación
RELLENOS_CALDERA (rev jp 3 ULTIMA).ppt"**

El RS se encuentra emplazado específicamente a una distancia de 4 km al noreste de la ciudad de Caldera y a similar distancia de la Ruta 5 Norte, como se muestra en la Figura N°21.

Figura N°21. Emplazamiento Relleno Sanitario de Caldera



Fuente: Google Earth

Posee un camino de acceso en buen estado de conservación y junto a su cercanía de la Ruta 5 Norte, le permiten contar con una excelente accesibilidad a unos 5 minutos de distancia del principal centro urbano de la comuna, la ciudad de Caldera.

Cabe resaltar, que posteriormente a la construcción del RS, se instaló un asentamiento urbano (toma) a la entrada de su camino de acceso, en el sector marcado con un círculo azul en la Figura N°21. De acuerdo a funcionarios municipales y de la SUBDERE, esta situación se estaría regularizando y no representaría un riesgo para la población involucrada, ni tampoco, para el funcionamiento del RS. Para mayor abundamiento se incluye la Figura N°22 con el detalle del asentamiento.

Figura N°22. Asentamiento en Camino de Acceso al Relleno Sanitario



Fuente: Google Earth

4.2 Estimación de Demanda

Tal como fue señalado en la [sección 3](#), letra E de este Capítulo, esta iniciativa de inversión obtuvo recomendación favorable del MDS durante el 2013. Entre sus antecedentes de respaldo, se consideraba que el RS entraría en operación en el 2014. Sin embargo, éste comienza sus operaciones durante el segundo semestre del 2015, por lo que la información real (ex – post) sólo se tiene a partir de ese año.

Dado este escenario y manteniendo la consistencia con el análisis del proyecto Relleno Sanitario Arauco – Curanilahue la proyección de demanda se realizará para el periodo 2015 – 2032.

A diferencia del proyecto de Arauco – Curanilahue, en este caso no se cuenta con la proyección ex – ante de población atendida, lo que no permite realizar un análisis comparativo entre ambas proyecciones de demanda aplicando el procedimiento establecido en la “Metodología de Preparación y Evaluación de Proyectos de Residuos Domiciliarios y Asimilables”. En su defecto se hará la comparación directamente sobre las toneladas año proyectadas, para lo cual se utiliza la proyección ex – ante versus datos reales de tonelaje dispuesto para el periodo 2015 – 2019 y su proyección posterior utilizando las mismas tasas de crecimiento ex – ante, con el propósito de que el análisis no incorpore efectos por tasas, que finalmente pueden ser cuestionables.

En la Tabla N°42 es posible observar las diferencias entre ambas proyecciones de acuerdo a los supuestos señalados en el párrafo anterior.

Tabla N°42. Comparación Proyección de Demanda Ex – Ante vs Ex – Post

				Demanda														
				Total			Domiciliarios			Asimilables								
N°	Concepto	Variable	Unidad	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)		Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)		Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)				
1	Proyección de Demanda	2015	Ton/año	17.490	10.435	✖	-40,3	-7.055	10.481	7.143	✖	-31,8	-3.338	7.009	3.292	✖	-53,0	-3.718
		2016	Ton/año	17.866	27.618	✖	54,6	9.752	10.787	9.214	⚡	-14,6	-1.573	7.079	18.404	✖	160,0	11.325
		2017	Ton/año	18.251	20.701	⚡	13,4	2.450	11.101	9.608	⚡	-13,4	-1.493	7.150	11.093	✖	55,2	3.943
		2018	Ton/año	18.645	19.737	✔	5,9	1.092	11.424	9.530	⚡	-16,6	-1.894	7.221	10.207	✖	41,4	2.986
		2019	Ton/año	19.049	20.430	✔	7,3	1.381	11.756	10.072	⚡	-14,3	-1.684	7.293	10.358	✖	42,0	3.065
		2020	Ton/año	19.464	20.828	✔	7,0	1.364	12.098	10.366	⚡	-14,3	-1.732	7.366	10.462	✖	42,0	3.096
		2021	Ton/año	19.891	21.235	✔	6,8	1.344	12.451	10.668	⚡	-14,3	-1.783	7.440	10.566	✖	42,0	3.126
		2022	Ton/año	20.327	21.652	✔	6,5	1.325	12.813	10.980	⚡	-14,3	-1.833	7.514	10.672	✖	42,0	3.158
		2023	Ton/año	20.776	22.079	✔	6,3	1.303	13.186	11.300	⚡	-14,3	-1.886	7.590	10.778	✖	42,0	3.188
		2024	Ton/año	21.235	22.516	✔	6,0	1.281	13.570	11.630	⚡	-14,3	-1.940	7.665	10.886	✖	42,0	3.221
		2025	Ton/año	21.707	22.965	✔	5,8	1.258	13.965	11.970	⚡	-14,3	-1.995	7.742	10.995	✖	42,0	3.253
		2026	Ton/año	22.191	23.424	✔	5,6	1.233	14.371	12.319	⚡	-14,3	-2.052	7.820	11.105	✖	42,0	3.285
		2027	Ton/año	22.688	23.895	✔	5,3	1.207	14.790	12.679	⚡	-14,3	-2.111	7.898	11.215	✖	42,0	3.317
		2028	Ton/año	23.197	24.377	✔	5,1	1.180	15.220	13.049	⚡	-14,3	-2.171	7.977	11.328	✖	42,0	3.351
		2029	Ton/año	23.724	24.871	✔	4,8	1.147	15.667	13.430	⚡	-14,3	-2.237	8.057	11.441	✖	42,0	3.384
		2030	Ton/año	24.260	25.377	✔	4,6	1.117	16.123	13.822	⚡	-14,3	-2.301	8.137	11.555	✖	42,0	3.418
		2031	Ton/año	24.810	25.896	✔	4,4	1.086	16.591	14.226	⚡	-14,3	-2.365	8.219	11.670	✖	42,0	3.451
		2032	Ton/año	24.914	26.428	✔	6,1	1.514	16.643	14.641	⚡	-12,0	-2.001	8.272	11.787	✖	42,5	3.515

Fuente: Informe Técnico – Económico “P 6020 INF N°2 Perfil del Proyecto EMI G.pdfv1.pdf” e Información de la Administración del Relleno Sanitario de Caldera.

En términos agregados la proyección de demanda ex – ante se ajusta adecuadamente a la proyección ex – post, con una desviación promedio anual de 6,4% (1.332 ton/año), traduciéndose aproximadamente en 1 año menos de vida útil del RS. Sin embargo, al desagregarla entre Residuos Domiciliarios y Residuos Asimilables, se observan diferencias importantes. Por una parte, la proyección de los Residuos Domiciliarios presenta una sobrestimación del 15,2% (2.021 ton/año) promedio anual; en contrapartida, la proyección de Asimilables presenta una subestimación del 43% (3.354 ton/año) promedio anual. Estos efectos contrapuestos se netean, provocando que a nivel global entreguen una estimación de demanda ajustada a estándares adecuados.

4.3 Programa Arquitectónico

Como se indicó anteriormente, el proyecto se ubica en la Región de Atacama, Provincia de Copiapó, Comuna de Caldera. Próximo a la Ruta 5 norte a unos 2,5 km al nororiente de la ciudad.

Se proyecta la construcción de un RS en un predio de 40 há, de las cuales 19 há aprox. serán ocupadas para residuos sólidos. Considera la construcción de 3 zanjas de saneamiento de residuos, 45 zanjas de relleno sanitario y 2 zonas de acopio de material de cobertura.

El proyecto se desarrolla linealmente con una vía de acceso principal que vincula el área administrativa ubicada al ingreso del predio con las vías secundarias que se ubican perpendicular a las zanjas de relleno sanitario y, a su vez, conectan las zonas de acopio de material.

En el perímetro del predio se proyecta un cerco perimetral, en base a Pilares de Rollizo de madera de 4" cada 2,50 m y cada 25 m se añaden refuerzos con diagonales de rollizo de madera. El revestimiento es de malla de Bizcocho tipo ¾" en los primeros 1,65 m de altura y en la parte superior se agregan 0,35 m. de alambre de púa.

Hacia el poniente del predio se ubican las instalaciones administrativas que se describen a continuación:

- 1) *Oficina de Control:* se proyecta un contenedor de 3,00 x 6,00 m, es decir, con una superficie total de 18,00 m², la cual, posee en su interior una oficina de 5,55 m², un baño con un inodoro, un lavamanos y una kitchenette.

- 2) Sala de *Reuniones*: se proyecta un contenedor de similar tamaño al anterior, 18,00 m² de superficie, utilizados en un solo espacio sin contemplar divisiones interiores.
- 3) *Comedor*: se proyecta un contenedor similar a los anteriores de 3,00 x 6,00 m en un solo espacio sin contemplar divisiones interiores.
- 4) *Baños y vestidores*: se proyecta un contenedor similar a los anteriores de 18,00 m² que posee en su interior 3 lavamanos, 2 inodoros y 2 duchas.
- 5) *Galpón de mantención*: corresponde a una estructura metálica de 7,00 x 21,00 m aproximadamente (147,00 m² aproximados de superficie). Se proyecta con fundaciones aisladas de 0,60 m de ancho, 0,60 m de profundidad y 0,75 m de alto de H-25, pilares formados de perfiles canal de 100 x 50 x 3 y perfiles en ángulo de 30 x 30 x 3, unidos mediante platina y pernos de anclaje a la fundación. En la cubierta se consideran costaneras de 60 x 40 x 15 x 3 y planchas de Zinc 5V.
- 6) *Bodega*: Se proyecta un contenedor de 18 m² y otro de 36,83 m², con destino: oficina de control, estar, dos baños y un vestidor.
- 7) *Área de lavado de camiones*: El proyecto no describe la infraestructura para el lavado de camiones.

A continuación se entregan recomendaciones para optimizar el funcionamiento y uso de la infraestructura para futuros proyectos de RS:

- 1) Se incorpora un suplemento para la instalación de paneles solares; no obstante, dichos paneles fueron mal instalados, ya que, no se consideró la orientación con respecto al norte requerida para una mayor eficiencia. Se sugiere corregir la instalación de dichos paneles solares, puesto que en la actualidad no generan la suficiente energía para el adecuado funcionamiento de las instalaciones administrativas.
- 2) Relacionado con el punto anterior, la energía solar generada por los paneles solares es utilizada principalmente para la utilización de aire acondicionado al interior de las instalaciones, lo cual, es parte del mejoramiento de la habitabilidad de los recintos a través de la incorporación de sistemas activos. No obstante, al trabajar las condiciones del diseño y materialidad de las instalaciones se pueden generar mejoras en la habitabilidad a través de modelos pasivos, es decir, se busca mejorar los problemas de acondicionamiento térmico, trabajando con la resistencia térmica

de los componentes de las edificaciones, o sea, mejorar aislación térmica en los elementos horizontales y verticales de la envolvente.

- 3) Se aprecian ampliaciones de la estructura respecto a la proyectada originalmente, con la incorporación de 3 módulos en base a estructuras de container de 3,00 x 6,00 m, es decir, 18,00 m² cada uno, con destino oficinas administrativas y baños.
- 4) El diseño lineal del Relleno, deja a las oficinas administrativas muy lejanas a la zona de faenas, lo que no permite tener una visión de éstas. Esto implica que el personal a cargo del RS deba hacer rondas para verificar el adecuado funcionamiento del Relleno y Disposición de Residuos, lo que no es lo más eficiente.

Por último, en la Tabla N°43 se pueden observar las diferencias en las instalaciones ex – ante versus ex – post.

Tabla N°43. Comparación Instalaciones Relleno Sanitario de Caldera

Tabla N° 10: Comparación Instalaciones Rénovo Suroeste de Caldera						
N°	Concepto	Área	Unidad	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var
1	Programa Arquitectónico	Caseta de control y oficinas administrativas	m2	18	54	200,0 36
		Sala de reuniones	m2	18	18	0,0 0
		Comedor	m2	18	18	0,0 0
		Baños y vestidores	m2	18	36	100,0 18
		Galpón de mantención	m2	147	147	0,0 0
		Bodega	m2	18	18	0,0 0
Comentarios Generales: Se amplía el área administrativa con la incorporación de 2 contenedores, es decir 36 m2 adicionales a los 18 m2 existentes. Además, de 1 contenedor en el sector de los baños, o sea 18 m2 adicionales a los 18 m2 existentes. Para la incorporación de dichas unidades se cambió la distribución de los contenedores existentes.						

Fuente: Planimetría del Proyecto y Visita a Terreno

En documento adjunto "Archivo Fotográfico" es posible encontrar fotografías de las instalaciones del recinto.

4.4 Componentes de Eficiencia Energética, Valorización y Reciclaje

Esta iniciativa de inversión considera 2 componentes de eficiencia energética:

- 1) *Energización del Recinto con Paneles Solares:* Implica un mayor costo de inversión, pero un menor costo de operación. En el largo plazo resulta de mayor conveniencia económica contar con esta modalidad de energización, reduciendo los costos de operación del RS que en valor presente superan el costo de la mayor inversión. Esta decisión se tomó con base al análisis desarrollado en el Informe "Propuesta de Obras Extraordinarias Relleno Sanitario de Caldera", desarrollado por la Municipalidad.

Tal como fue señalado anteriormente este sistema de energización no ha funcionado del todo bien por error de diseño al no orientar adecuadamente los paneles solares.

- 2) *Recirculación de Agua para el Lavado de Camiones.* Consiste en la reutilización del agua para lavado de camiones, lo que conlleva un ahorro en el consumo de agua, y por lo tanto, en el costo de operación del RS. Este ahorro es marginal en relación a la operación total del Relleno.

El proyecto no contempla obras de valorización y reciclaje. Sin embargo, de acuerdo a la información recopilada en visita a terreno, la Municipalidad cuenta con una Estrategia para aumentar la vida útil del RS, a través del desarrollo de proyectos de esta índole. En la actualidad la Municipalidad se encuentra desarrollando un proyecto piloto de compostaje, que, de obtener buenos resultados, será escalado a nivel comunal. El desarrollo de la compostera municipal se realizará en terrenos del RS.

Cabe destacar que la Municipalidad de Caldera cuenta con un Plan Ambiental que considera tres ejes:

- 1) *Educación Ambiental:* Consiste en abordar en los programas formales de educación pre – escolar y básica de la comuna, temas medioambientales dentro de los que se encuentre el manejo de residuos y su importancia.
- 2) *Compostera Municipal:* Consiste en la ejecución de la compostera mencionada anteriormente.
- 3) *Segregación de Residuos en origen:* La Municipalidad de Caldera dentro de sus lineamientos de acción tiene como objetivo incentivar la segregación en origen de los residuos, lo que permite aumentar las tasas de reciclaje de la comuna y alargar la vida útil del RS.

5. Evaluación Socio – Económica

Este análisis se desarrollará en tres etapas: i) Fase de Ejecución, ii) Fase de Operación e iii) indicadores de rentabilidad.

5.1 Análisis Evaluación Económica Ex – Ante

La evaluación del proyecto fue realizada por la empresa Ingeniería Alemana S.A. (IASA) cuyo respaldo numérico viene en el archivo Anexo E “Evaluación Económica Social”.

Consideró 3 alternativas de proyecto:

- 1) Alternativa A:** Implementación de un RS en la comuna de Caldera que sirva para la disposición final de los residuos sólidos domiciliarios (RSD) y Asimilables generados en la comuna.
- 2) Alternativa B:** Disposición de los RS domiciliarios y asimilables en el relleno sanitario el Chulo ubicado en la comuna de Copiapó y operado por la empresa COSEMAR, con transporte directo por medio de camiones recolectores.
- 3) Alternativa C:** Mismo anterior, pero, operando con una estación de transferencia emplazada en el sitio donde ubica actualmente el vertedero y transporte con camiones de transferencia.

Los resultados de la Evaluación se presentan en la Tabla N°44.

Tabla N°44. Indicadores Económicos

Alternativa	VACS (MM\$)	VACS/Ton (\$)
Alternativa A	6.311	15.232
Alternativa B	10.024	24.190
Alternativa C	8.534	20.596

Informe Técnico – Económico “P 6020 INF N°2 Perfil del Proyecto EMI G.pdfv1.pdf”

En consecuencia, la alternativa A es la más rentable al disponer de un menor VACS.

Cabe señalar, que dichos VACS corresponden a los costos del proceso completo de gestión de residuos: recolección – transporte – disposición final.

Entre los antecedentes entregados por la contraparte vienen dos planillas de cálculo correspondientes a Anexos D1 y D2 de “Estudios complementarios construcción relleno sanitario Caldera”, denominados:

- P 6020 INF N°2 PRESUPUESTO Y APU EMI Gv 1
- P6020 COSTOS OPERACIONALES EMI Ev1

Estas planillas de cálculo contienen los flujos de costos de inversión y operación correspondientes exclusivamente al proyecto RS, por lo tanto, serán consideradas como la evaluación ex – ante de dicho proyecto.

Antes de desarrollar la evaluación ex – post, se hizo una revisión de ambas planillas (modelo de evaluación socio – económica) que respaldan los indicadores de rentabilidad,

con el objetivo de identificar y subsanar posibles errores que pudiera afectar el análisis posterior. A continuación se listan los principales hallazgos:

- 1) Los criterios aplicados en los flujos de inversión no siempre coinciden con los usados en los costos de operación. Por ejemplo, en costos de operación se estima el gasto en lubricantes como un 10% del gasto en combustibles, en tanto en inversión dicho porcentaje es del 15%. Se estiman gastos operacionales en maquinarias cuya compra o arriendo no se señala.
- 2) La corrección a Precios Sociales viene con errores conceptuales:
 - a) En operación se consideran todos los materiales e insumos como nacionales (no transables), por lo que no se aplica el precio social de la divisa ni se corrige por impuestos arancelarios.
 - b) En inversión el combustible si bien se corrige por el precio social del diesel, el valor privado utilizado de \$785 por litro excede el valor promedio para Caldera de \$536,6 + IVA. Aparentemente, consideran el precio de la bencina con IVA incluido.
 - c) En inversión, los bienes importables se corrigen sólo por el precio social de la divisa, pero no se considera el arancel efectivo de importación.
- 3) En relación al precio del terreno, en el texto (página 41) se señala un precio del terreno de MM\$217 (inferior al pagado por la Municipalidad), pero éste no es incluido en los flujos de inversión del RS, aunque en la evaluación económica para elegir la mejor alternativa de proyecto, sí se incluyó.
- 4) No se considera el valor residual de las inversiones.
- 5) Las remuneraciones se escalan a una tasa anual del 3% (incremento real) lo que es razonable pues da cuenta del hecho que los salarios suben en términos reales, aunque no se justifica la elección de un 3%, valor alto respecto del índice de remuneraciones reales del INE. Adicionalmente se escalan a la misma tasa los ítems "insumos", "monitoreo ambiental", "equipo e instrumental", lo que no se justifica y contradice las normas habituales de la evaluación de proyectos.
- 6) Se observan errores de cálculo en planillas del modelo de evaluación que inciden en la estimación final de indicador de rentabilidad.

Con el objetivo de realizar el análisis ex – post sobre una base comparable, se procede a corregir la evaluación ex – ante de la alternativa seleccionada (en este caso la alternativa A), obteniendo los siguientes resultados que se muestran en la Tabla N°45.

**Tabla N°45. Evaluación Económica
Alternativa A Corregida**

Item	MM\$
VACS Inversión Inicial	1.257
VACS Inversión año 1 al 21	1.250
VACS Costos de Operación	1.428
VACS	3.934

Fuente: Elaboración Propia a partir de "P 6020 INF N°2 PRESUPUESTO Y APU EMI Gv 1.xls" y "P6020 COSTOS OPERACIONALES EMI Ev1.xls"

5.2 Fase de Inversión

En este apartado se hará una comparación detallada de las inversiones presupuestadas en la Etapa de Diseño en relación a OOC, Maquinarias y Vehículos entre otros. Adicionalmente se evaluará el plazo de ejecución.

5.2.1 Plazo de Ejecución

En la Tabla N°46 se observa una diferencia de 240 días entre el plazo de ejecución ex – ante versus ex – post, es decir, un sobre plazo de alrededor de 240 días, que representa un 133,3%.

Tabla N°46. Plazo de Ejecución

Concepto	Unidad	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)
Plazo de Ejecución	Días	180	420	⊗ 133,3 240

Fuente: Evaluación Ex – Post de Corto Plazo BIP, Contrato "Construcción Relleno Sanitario Caldera", ID 4192-34-LP13 y Anexo de Contrato "Obras Extraordinarias de Construcción de Relleno Sanitario de la Comuna de Caldera"

La información ex – ante se obtuvo de la Evaluación Ex – Post de Corto Plazo aplicada a esta iniciativa de inversión por el MDS durante el proceso presupuestario 2017. Por su parte, la información ex – post se obtuvo del contrato "Construcción Relleno Sanitario Caldera", celebrado entre la I. Municipalidad de Caldera y la empresa Centro de Gestión Ambiental y Servicios Crecer Ltda. del 11 de febrero de 2014 y del anexo de contrato "Obras Extraordinarias de Construcción de Relleno Sanitario de la Comuna de Caldera", de fecha 22 de abril de 2015. Ambos se acompañan en el Anexo N°20.

5.2.2 Costos de Inversión

Entre los costos asociados a inversión se encuentran O.O.C.C, maquinarias, vehículos, equipos, equipamiento, consultorías, gastos administración y terrenos.

Con el objetivo de apreciar de mejor forma las diferencias entre las estimaciones de costos y sus valores reales, se deflactarán todos ellos a la fecha del contrato de ejecución del proyecto, que en este caso fue el 11 de febrero del 2014.

La evaluación ex – post se efectuará sobre la base de los valores de mercado, es decir, los valores privados.

A nivel agregado se mostrará la comparación ex – ante y ex – post a nivel de valores sociales.

1) Terrenos

Mediante escritura pública de fecha 2 de junio de 2014, la Municipalidad de Caldera adquiere un terreno de aproximadamente 97 há por un monto de \$296.994.962 (moneda 11 febrero 2014). En el Anexo N°21 se adjunta la escritura de compraventa.

Al comparar ambos escenarios es posible comprobar una subestimación ex – ante de un 30% en términos reales, tal como se aprecia en la Tabla N°47.

Tabla N°47. Inversión en Terreno (\$ febrero 2014)

Concepto	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)	
Terreno	228.470.191	296.994.962	✖ 30,0	68.524.771

Fuente: "P 6020 INF N°2 EVALUACION ECONOMICA RATE EMI Gv1.xls" y
Escritura de Compraventa de junio de 2014

2) Obras Civiles

La construcción del RS fue licitada y asignada el 11 de febrero del 2014 a la empresa Centro de Gestión Ambiental y Servicios Crecer Ltda., mediante el contrato "Construcción Relleno Sanitario Caldera", bajo las siguientes condiciones:

- Monto: \$1.229.542.087 más IVA
- Plazo: 185 días corridos.
- Contratación de Obras Civiles.

En Anexo N°22 se acompaña el presupuesto detallado de esta iniciativa de inversión.

En la Tabla N°48 se presentan los valores nominales privados de inversión para los escenarios ex – ante y ex – post de esta iniciativa, ambos sin IVA.

Tabla N°48. Comparación Inversión OOC Sin IVA (\$ corrientes)

Concepto	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)	
Inversión OOC	1.160.086.809	1.240.707.409	6,9	80.620.600

Fuente: "P 6020 INF N2 PRESUPUESTO Y APU EMI Gv 1.xls" y Contrato "Construcción Relleno Sanitario Caldera", ID 4192-34-LP13

En términos nominales la inversión ejecutada es un 6,9% superior a lo presupuestado ex – ante. En términos reales esta diferencia disminuye a un 3,2% de subestimación, como se aprecia en la Tabla N°49. De este primer análisis general se puede decir que las estimaciones de inversión en la construcción del RS realizadas ex – ante parecieran cumplir adecuadamente los estándares establecidos.

Tabla N°49. Comparación Inversión OOC Sin IVA (\$ febrero 2014)

Concepto	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)	
Inversión OOC	1.202.661.995	1.240.707.409	3,2	38.045.414

Fuente: "P 6020 INF N2 PRESUPUESTO Y APU EMI Gv 1.xls" y Contrato "Construcción Relleno Sanitario Caldera", ID 4192-34-LP13

No obstante, con fecha 22 de abril de 2015, se firma un anexo de contrato por un monto de \$90.956.286 + IVA (\$108.237.980), en el que se incorporan obras extraordinarias a la ejecución de esta iniciativa, que corresponden a:

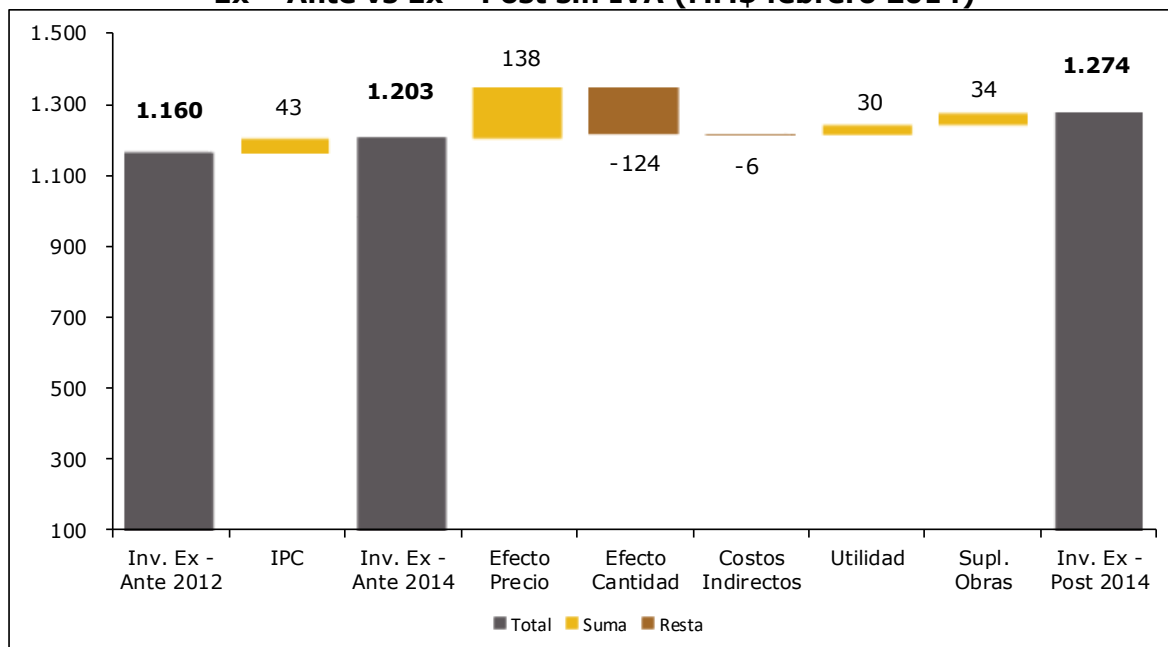
- Cerco proyectado en zanja, \$2.217.880.
- Sala de almacenamiento de residuos, \$2.226.760.
- Red de energía solar, \$41.361.875.
- Infraestructura de servicio, \$16.813.084.
- Gastos generales (19,04%), \$12.921.269.
- Utilidad (15,00%), \$10.178.481.

Al realizar un análisis más detallado, incorporando las obras anexas⁴⁶, se observan desviaciones mayores entre ambos escenarios, que a nivel agregado no se visualizan,

⁴⁶ No se incluye la Red de Energía Solar, puesto que será analizada en el ítem Inversión en Equipos.

puesto que se encuentran en sentido contrario como se puede observar en la Figura N°23.

Figura N°23. Análisis Factorial Diferencias Inversión OOC
Ex – Ante vs Ex – Post sin IVA (MM\$ febrero 2014)



Fuente: Elaboración Propia

Por una parte existe una subestimación ex – ante de los precios unitarios considerados en MM\$138,3 y una sobrestimación de las cantidades consideradas ex – ante en MM\$123,8, haciendo que ambos efectos prácticamente se anulen.

Una diferencia importante entre ambos escenarios lo aportan las obras extraordinarias consideradas en este análisis, aportando un sobre costo de MM\$33,6 en OOC. Se debe señalar que la inversión extraordinaria en Red de Energía Solar se incorporó a la partida Equipos en la evaluación ex – post, lo que explica la diferencia con el valor señalado anteriormente.

Con el objetivo de profundizar respecto de las desviaciones encontradas en precios y cantidades estimadas en el presupuesto de inversión ex – ante en relación a la inversión real ejecutada, se procede a realizar un tercer análisis, en el que se contrastan las principales partidas de los presupuestos de ambos escenarios.

**Tabla N°50. Diferencias Principales Partidas
del Costo Directo (\$ febrero 2014)**

Ítems	Evaluación Ex - Ante (\$)	Evaluación Ex - Post (\$)	Var (% , Un)	
Generales	63.175.883	90.436.950	✗ 43,2	27.261.067
Movimientos de Tierras Masivos	492.366.435	504.789.016	✓ 2,5	12.422.581
Impermeabilización de Zanjas	210.370.783	136.708.832	✗ -35,0	-73.661.951
Planta de Lavado	6.992.891	19.717.425	✗ 182,0	12.724.534
Infraestructura de Servicio	21.986.552	34.837.834	✗ 58,5	12.851.282
Caminos y Canales	116.215.028	139.134.688	✗ 19,7	22.919.660
Total Costo Directo	911.107.572	925.624.746	✓ 1,6	14.517.173

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N°50 se observa la existencia de importantes desviaciones a nivel de partidas, en ambos sentidos, desde un mínimo de 2,5% a un máximo de 182% en valor absoluto, lo que plantea dudas respecto de la calidad de las estimaciones ex – ante. En efecto, al existir variaciones en ambos sentidos se genera un efecto compensación que oculta a nivel agregado las deficiencias en las estimaciones de cada partida.

En archivo adjunto “Caldera.xls” se muestra para cada ítem de las partidas presentadas, las diferencias en inversiones y su desagregación en efecto precio y efecto cantidad, lo que permite identificar con mayor precisión el origen de las diferencias.

Las principales desviaciones se encuentran en la partida Impermeabilización de Zanjas con una sobrestimación ex – ante de MM\$74, en la partida Generales con una subestimación ex – ante de MM\$27 millones y en la partida Camino y Canales con una subestimación de MM\$23. Estos efectos se contraponen provocando que en términos agregados no se verifiquen tales diferencias.

En la Tabla N°51 se presentan las causas de estas desviaciones al mostrar los efectos en precio y cantidad para cada una de ellas.

**Tabla N°51. Efectos Precio y Cantidad Desviaciones Principales
Partidas del Presupuesto (\$ febrero 2014)**

Ítems	Efectos Precio - Cantidad		
	EP (\$)	EQ (\$)	Total
Generales	29.329.427	-2.068.360	27.261.067
Movimientos de Tierras Masivos	-1.388.996	13.811.577	12.422.581
Impermeabilización de Zanjas	57.315.941	-130.977.892	-73.661.951
Planta de Lavado	19.946.149	-7.221.615	12.724.534
Infraestructura de Servicio	12.639.882	211.400	12.851.282
Caminos y Canales	20.509.573	2.410.087	22.919.660
Total Costo Directo	138.351.976	-123.834.802	14.517.173

Fuente: Elaboración Propia

En la partida Impermeabilización de Zanjas se observan importantes desviaciones en precios unitarios y cantidades consideradas, principalmente en los siguientes ítems:

- *Nivelación y Compactación Terreno Natural*, con una desviación total de \$12.985.619, explicado por una subestimación de precios en \$58.046.221 y una sobrestimación de cantidades en \$71.031.840.
- *Geotextil Agujado*, con una desviación total de \$33.957.940, sobrestimando precios y cantidades en \$11.568.616 y \$22.389.324, respectivamente.
- *Geomembrana PEAD*, con una desviación total de \$26.724.335, explicado por una subestimación de precios ex - ante de \$10.832.393 y una sobrestimación de cantidades de \$37.556.728.

En la partida Generales se constata una desviación explicada principalmente por precios y en menor medida por cantidades; los principales ítems que causan estas desviaciones son:

- *Cerco Proyectado en Zanjas*, con una desviación total de \$2.942.336, explicado por una subestimación de precios de \$5.010.696 y una sobrestimación de cantidad de \$2.068.360.
- El resto de los ítems de esta partida subestiman precios en \$24.316.946, principalmente por instalación de piezómetros y permisos sectoriales.

En la partida Camino y Canales existe una importante subestimación de los precios unitarios considerados, a partir de los siguientes ítems:

- *Caminos*, con una desviación total de \$14.811.211, desagregada en una subestimación de precios en \$4.724.011 y cantidades de \$10.087.200.

- *Obra de Arte*, con una desviación total de \$5.693.557 desagregada en una subestimación de precios de \$12.418.685 y una sobrestimación de cantidades de \$6.725.128.
- *Canal de Aguas Lluvias*, con una desviación total de \$2.411.609, explicado por una subestimación de precios de \$3.363.594 y sobrestimación de cantidades de \$951.985.

3) Maquinarias y Vehículos

En la actualidad el RS de Caldera funciona con una flota de maquinaria compuesta por:

- Excavadora, cuya compra fue adjudicada a la empresa Dermaq S.A, mediante Acta de Acuerdo N°826/2014, de fecha 17 de diciembre del 2014, que se acompaña en Anexo N°23.
- Camión Tolva, adquirido para el proyecto durante el año 2015 de acuerdo a lo señalado por la administración del RS en visita a terreno. No fue posible contar con documentación relativa a su adquisición puesto que se encuentra perdida.
- Bulldozer, adquirido en el año 2010 y perteneciente a la Municipalidad de Caldera de acuerdo a información entregada por la administración del Relleno Sanitario durante visita a terreno. No fue posible contar con documentación relativa a su adquisición.
- Retroexcavadora, adquirida en el año 2010 y perteneciente a la Municipalidad de Caldera de acuerdo a información entregada por la administración del Relleno Sanitario durante visita a terreno. No fue posible contar con documentación relativa a su adquisición.

En la Tabla N°52 se muestra un resumen con la información disponible en maquinarias ex – ante y ex – post.

Tabla N°52. Maquinaria (\$ febrero 2014)

Concepto	Evaluación Ex - Ante (\$)	Evaluación Ex - Post (\$)
Excavadora	90.579.157	83.564.115
Bulldozer	no se considera	Sin precio
Retroexcavadora	no se considera	Sin precio
Camión Tolva	85.202.580	Sin precio

Fuente: Elaboración Propia

Dado que la información ex – post recopilada es incompleta por las causas indicadas en el itemizado anterior, para fines comparativos se ha adoptado el criterio de incluir una estimación para aquellos casos en que existiendo efectivamente la maquinaria en el RS no se dispone de su precio de compra. Las dos máquinas aportadas por la Municipalidad con 5 años de antigüedad se valorizaron al 50% de la máquina nueva, considerando que su vida útil es de 10 años.

El supuesto anterior se utiliza en forma particular para inversión en maquinaria, puesto que es un componente importante de la inversión del proyecto, lo que necesariamente debe quedar reflejado en la evaluación ex – post, en relación con la existencia de una subvaloración ex – ante en maquinarias. De no hacerlo, erróneamente se mostraría una sobrevalorización como ocurriría si sólo se compara con los datos de valores disponibles. De esta forma, la inversión en uno y otro escenario queda de la forma que se presenta en la Tabla N°53.

Tabla N°53. Inversión en Maquinaria (\$ febrero 2014)

Concepto	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post
Excavadora	90.579.157	83.564.115
Bulldozer	0	41.782.057
Retroexcavadora	0	41.782.057
Camión Tolva	85.202.580	85.202.580
Total	175.781.737	252.330.810

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, se debe indicar que en la situación ex – ante no fueron considerados inversión en Bulldozer y Retroexcavadora.

4) Equipos

En la Tabla N°54 se muestra un balance de los equipos considerados en el escenario ex – ante y ex – post. Es así, como ex – ante se consideraron inversiones en un generador eléctrico, una báscula de pesaje y una hidrolavadora. Por su parte, en la realidad se consideró la adquisición de una báscula y una hidrolavadora pero lamentablemente no se pudo obtener documentación relativa a la adquisición de este último equipo; no obstante, es un monto de carácter marginal que no influye mayormente en el análisis.

En relación al generador eléctrico considerado ex – ante, durante la ejecución del proyecto fue substituido por la instalación de una red de paneles solares, por lo que la comparación se realizará con este último. En documento adjunto “Archivo Fotográfico” se encuentra un registro fotográfico de la red de paneles solares.

Tabla N°54. Equipos Sin IVA (\$ febrero 2014)

Concepto	Evaluación Ex - Ante (\$)	Evaluación Ex - Post (\$)	Var (% , Un)	
Generador	7.532.202	52.468.151	×	596,6 44.935.950
Báscula	39.616.130	36.423.116	!	-8,1 -3.193.014
Hidrolavadora	255.021	0	×	-100,0 -255.021
Equipamiento	1.621.854	0	×	-100,0 -1.621.854
Total	49.025.207	88.891.267	×	81,3 39.866.060

Fuente: Elaboración Propia

La báscula de pesaje fue adquirida mediante contrato del 2 de octubre de 2014, entre la Municipalidad de Caldera y la empresa Road Ingeniería Ltda. por un valor de \$38.207.849 + IVA (\$45.467.340). En Anexo N°24 se adjunta contrato.

Por su parte, la red de energía solar fue autorizada (como se indicó anteriormente) por anexo de contrato de ejecución, de abril de 2015, por un valor de \$49.237.718 + IVA (\$58.592.241).

Si bien la red de paneles solares es mucho más cara que el generador eléctrico considerado ex - ante, la compensación viene dada por su costo operacional cercano a cero, existiendo una evaluación económica que justifica dicha modalidad sobre la base de dicho ahorro, tal como se verá reflejado en la comparación de indicadores de rentabilidad.

5) Gastos Administrativos y Consultorías

No se dispone de información a este respecto, siendo los valores ex – ante actualizados a febrero del 2014 los siguientes:

- Consultoría ITO: \$ 8.894.966
- Gastos Administrativos: \$ 2.010.120

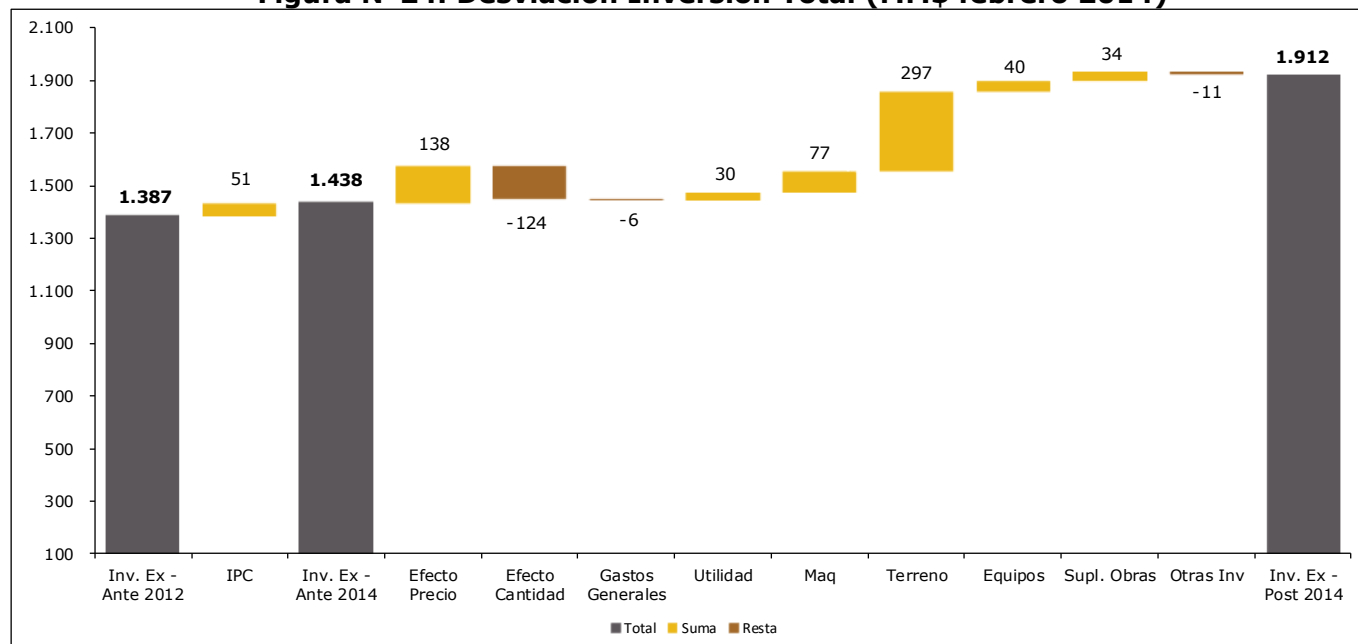
6) Inversión años 2015 a 2018

En la evaluación ex – ante se identifican inversiones durante los años de operación en obras civiles de tipo replanteo de obras y topografía, impermeabilización de zanjas y cobertura final. No acontece así en la evaluación ex – post, ya que, al menos parte de estas actividades, están incluidas como costos de operación. El VAC de dichas inversiones para los 21 años de operación del proyecto, en moneda de febrero del 2014 alcanzan a MM\$1.436,4 y para el periodo 2015 - 2018 de operación a MM\$463,6. Para fines comparativos, se coloca en el análisis global un cuadro en que se agregan a los costos de operación ex – ante para compararlos con los costos de operación ex – post.

Finalmente, como resultado agregado se tiene que la inversión inicial (\$1.438.373.945) fue subestimada en la evaluación ex – ante en MM\$478, lo que representa una subestimación del 33%, destacando la omisión del terreno que representa el 62% del total de mayor inversión efectiva, seguido de obras complementarias que hubo que realizar con 9,6% de la diferencia total, como se muestra en la Figura N°24.

El análisis realizado muestra que los errores a nivel desagregado son aún más significativos, ya que en el global se compensan parcialmente sobreestimaciones y subestimaciones.

Figura N°24. Desviación Inversión Total (MM\$ febrero 2014)



Fuente: Elaboración Propia

5.3 Fase de Operación

Al igual que para el proyecto Arauco – Curanilahue, la información recopilada y su desagregación dificultan la realización de un acabado análisis ex – post, puesto que no cumple con los requisitos mínimos mencionados en la [letra B](#) de este Capítulo III.

No obstante, las serias limitantes de información sobre la operación efectiva del RS, se intentará realizar la evaluación ex – post a nivel de costos de operación por componentes de costos y gastos para los 4 primeros años de operación, comprendiendo el periodo 2015 – 2018. Los valores ex – ante y ex – post se expresarán en moneda de febrero del 2014.

La evaluación ex – ante estima en pesos de noviembre del 2012 el gasto operacional; la inversión corresponde al año 2013 y, por tanto, el año 1 del flujo operacional corresponde al 2014. En la realidad la inversión se efectuó durante el año 2014 y terminó a mediados del 2015, por lo que el año 1 de la operación efectiva es este último año.

Por ende, se comparará el año 2 ex – ante (2015) con el año 1 ex – post (2015) y así sucesivamente, permitiendo una adecuada comparación pues no sólo se trata de variaciones por inflación, sino que ex – ante las remuneraciones se escalan a una tasa anual del 3%, lo que el método propuesto permite incorporar y, además, los volúmenes de desechos recibidos se incrementan afectando los costos operacionales.

5.3.1 Remuneraciones

La Tabla N°55 muestra el gasto anual en personal para el periodo 2015 al 2019, es decir, los primeros 4 años de operación del proyecto.

**Tabla N°55. Gasto en Remuneraciones
(MM\$ febrero 2014)**

Año	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)	
2015	62,9	36,8	⊗ -41,6	-26
2016	64,8	73,9	⊗ 14,1	9
2017	66,7	80,2	⊗ 20,2	13
2018	68,7	80,4	⊗ 16,9	12

Fuente: Elaboración Propia

Salvo el año 2015, año de inicio de la operación, en que sólo se contrató parte de la dotación final, el resto del periodo el gasto efectivo supera en más de 14% al valor estimado ex – ante.

La información ex – post disponible viene con el detalle suficiente para realizar el análisis de efecto cantidad (dotación) y efecto precio (remuneración); es así como en la Tabla N°56 se presenta una comparación de la dotación y remuneraciones mensuales entre ambos escenarios para el periodo 2016 – 2018.

Tabla N°56. Dotación y Remuneraciones Mensuales periodo 2016 – 2018 (\$ febrero 2014)

Remuneraciones Mensuales por Año																		
N°	Item	Concepto	Unidad	Evaluación Ex - Ante			Evaluación Ex - Post			Variación								
				Q	P (\$)	Total	Q	P (\$)	Total	Q (%;N°)		P (%;\$)		Total				
1	Dotación 2016	Administrador	hombre-mes	1	1.319.802	1.319.802	1	1.774.068	1.774.068	🟢	0,0	0,00	🔴	34,4	454.266	🔴	34,4	454.266
		Apoyo administrativo	hombre-mes	1	406.939	406.939	1	381.301	381.301	🟢	0,0	0,00	🟡	-6,3	-25.637	🟢	-6,3	-25.637
		Operador de retroexcavadora	hombre-mes	2	879.868	1.759.736	2	701.800	1.403.601	🟢	0,0	0,00	🔴	-20,2	-178.068	🔴	-20,2	-356.135
		Conductor de camion tolva	hombre-mes	1	769.885	769.885	1	899.132	899.132	🟢	0,0	0,00	🔴	16,8	129.248	🟡	16,8	129.248
		Auxiliar de aseo	hombre-mes	1	329.951	329.951	1	386.121	386.121	🟢	0,0	0,00	🔴	17,0	56.171	🟡	17,0	56.171
		Operador de bascula	hombre-mes			0	1	417.427	417.427	🟢	0,0	1,00	🟢	0,0	417.427	🟢	0,0	417.427
		Resguardo (vigilante)	hombre-mes	2	406.939	813.878	2	365.871	731.742	🟢	0,0	0,00	🔴	-10,1	-41.068	🟡	-10,1	-82.136
		Jornal	hombre-mes			0	1	333.822	333.822	🟢	0,0	1,00	🟢	0,0	333.822	🟢	0,0	333.822
		Enc. RCA	hombre-mes			0	1	801.975	801.975	🟢	0,0	1,00	🟢	0,0	801.975	🟢	0,0	801.975
		Total	hombre-mes	8		5.400.190	11	7.129.190	🔴	37,5	3,00				🔴	32,0	1.729.000	
2	Dotación 2017	Administrador	hombre-mes	1	1.359.396	1.359.396	1	950.861	950.861	🟢	0,0	0,00	🔴	-30,1	-408.535	🔴	-30,1	-408.535
		Apoyo administrativo	hombre-mes	1	419.147	419.147	1	450.315	450.315	🟢	0,0	0,00	🟡	7,4	31.168	🟢	7,4	31.168
		Operador de retroexcavadora	hombre-mes	2	906.264	1.812.528	2	703.137	1.406.274	🟢	0,0	0,00	🔴	-22,4	-203.127	🔴	-22,4	-406.254
		Conductor de camion tolva	hombre-mes	1	792.981	792.981	1	923.357	923.357	🟢	0,0	0,00	🔴	16,4	130.376	🟡	16,4	130.376
		Auxiliar de aseo	hombre-mes	1	339.849	339.849	1	399.222	399.222	🟢	0,0	0,00	🔴	17,5	59.373	🟡	17,5	59.373
		Operador de bascula	hombre-mes			0	1	443.580	443.580	🟢	0,0	1,00	🟢	0,0	443.580	🟢	0,0	443.580
		Resguardo (vigilante)	hombre-mes	2	419.147	838.294	2	409.868	819.736	🟢	0,0	0,00	🟢	-2,2	-9.279	🟢	-2,2	-18.558
		Jornal	hombre-mes			0	1	338.753	338.753	🟢	0,0	1,00	🟢	0,0	338.753	🟢	0,0	338.753
		Enc. RCA	hombre-mes			0	1	953.422	953.422	🟢	0,0	1,00	🟢	0,0	953.422	🟢	0,0	953.422
		Total	hombre-mes	8		5.562.196	11	6.685.520	🔴	37,5	3,00				🔴	20,2	1.123.324	
3	Dotación 2018	Administrador	hombre-mes	1	1.400.178	1.400.178	1	983.234	983.234	🟢	0,0	0,00	🟢	0,0	-416.944	🔴	-29,8	-416.944
		Apoyo administrativo	hombre-mes	1	431.722	431.722	1	451.183	451.183	🟢	0,0	0,00	🟢	0,0	19.462	🔴	4,5	19.462
		Operador de retroexcavadora	hombre-mes	2	933.452	1.866.904	2	704.492	1.408.984	🟢	0,0	0,00	🟢	0,0	-228.960	🔴	-24,5	-457.920
		Conductor de camion tolva	hombre-mes	1	816.770	816.770	1	955.460	955.460	🟢	0,0	0,00	🟢	0,0	138.690	🟡	17,0	138.690
		Auxiliar de aseo	hombre-mes	1	350.044	350.044	1	413.151	413.151	🟢	0,0	0,00	🟢	0,0	63.106	🟡	18,0	63.106
		Operador de bascula	hombre-mes			0	1	453.323	453.323	🟢	0,0	1,00	🟢	0,0	453.323	🟢	0,0	453.323
		Resguardo (vigilante)	hombre-mes	2	431.722	863.443	2	359.975	719.950	🟢	0,0	0,00	🟢	0,0	-71.747	🟡	-16,6	-143.494
		Jornal	hombre-mes			0	1	328.882	328.882	🟢	0,0	1,00	🟢	0,0	328.882	🟢	0,0	328.882
		Enc. RCA	hombre-mes			0	1	983.233	983.233	🟢	0,0	1,00	🟢	0,0	983.233	🟢	0,0	983.233
		Total	hombre-mes	8		5.729.062	11	6.697.400	🔴	37,5	3,00				🟡	16,9	968.338	

Fuente: Elaboración Propia

Las Tablas Tabla N°57, Tabla N°58 y Tabla N°59 permiten observar las diferencias anteriores expresadas en sus efectos precio (remuneración) y efecto cantidad (dotación).

**Tabla N°57. Efecto Precio – Cantidad Remuneraciones
Mensuales Año 2016 (\$ febrero 2014)**

Mensualidad Año 2016 (\$ FEBRERO 2014)					
N°	Item	Concepto	Evaluación Ex - Ante		
			EP	EQ	Total
1	Dotación 2016	Administrador	454.266	0	454.266
		Apoyo administrativo	- 25.637	0	- 25.637
		Operador de retroexcavadora	- 356.135	0	- 356.135
		Conductor de camion tolva	129.248	0	129.248
		Auxiliar de aseo	56.171	0	56.171
		Operador de bascula	0	417.427	417.427
		Resguardo (vigilante)	- 82.136	0	- 82.136
		Jornal	0	333.822	333.822
		Enc. RCA	0	801.975	801.975
		Total	175.776	1.553.224	1.729.000

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N°58. Efecto Precio – Cantidad Remuneraciones
Mensuales Año 2017 (\$ febrero 2014)**

Mensuales Año 2017 (\$ FEBRERO 2017)					
N°	Item	Concepto	Evaluación Ex - Ante		
			EP	EQ	Total
2	Dotación 2017	Administrador	-408.535	0	-408.535
		Apoyo administrativo	31.168	0	31.168
		Operador de retroexcavadora	-406.254	0	-406.254
		Conductor de camion tolva	130.376	0	130.376
		Auxiliar de aseo	59.373	0	59.373
		Operador de bascula	0	443.580	443.580
		Resguardo (vigilante)	-18.558	0	-18.558
		Jornal	0	338.753	338.753
		Enc. RCA	0	953.422	953.422
Total		-612.431	1.735.755	1.123.324	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N°59. Efecto Precio – Cantidad Remuneraciones
Mensuales Año 2018 (\$ febrero 2014)**

N°	Item	Concepto	Evaluación Ex - Ante		
			EP	EQ	Total
3	Dotación 2018	Administrador	-416.944	0	-416.944
		Apoyo administrativo	19.462	0	19.462
		Operador de retroexcavadora	-457.920	0	-457.920
		Conductor de camion tolva	138.690	0	138.690
		Auxiliar de aseo	63.106	0	63.106
		Operador de bascula	0	453.323	453.323
		Resguardo (vigilante)	-143.494	0	-143.494
		Jornal	0	328.882	328.882
		Enc. RCA	0	983.233	983.233
Total		-797.100	1.765.438	968.338	

Fuente: Elaboración Propia

5.3.2 Arriendos

Ex – ante se considera el arriendo de un rodillo y una motoniveladora por \$29.670 y \$32.490 la hora respectivamente (\$ noviembre 2012), en tanto, en el escenario ex – post no se consideran gastos por concepto de arriendo.

5.3.3 Maquinarias y otros gastos

Junto a remuneraciones, el ítem gasto en operación y mantención de maquinarias es el más relevante.

La Tabla N°60 compara el gasto en combustible, lubricantes, mantención y arriendo de maquinarias entre las situaciones ex – ante y ex –post. Adicionalmente, se incluyen dos gastos de menor cuantía como son mantención de equipos e instrumental y gastos generales.

Tabla N°60. Gasto Anual en Maquinarias, Equipos e Instrumental y Gastos Generales (\$ febrero 2014)

Concepto	2015		2016		2017		2018	
	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post
Maquinaria combustible	35.256.461	6.253.490	35.521.038	0	35.785.615	16.619.780	36.044.882	19.467.266
Maquinaria lubricante	3.652.796	5.047.044	3.679.254	5.047.044	3.705.711	5.047.044	3.731.638	5.047.044
Maquinaria Mantención	23.973.688	10.467.029	23.973.688	18.946.657	23.973.688	2.382.859	23.973.688	4.738.543
Maquinaria Arriendo	3.025.708	0	3.025.708	0	3.025.708	0	3.025.708	0
Equipo e Instrumental	2.135.602	586.809	2.199.670	1.159.395	2.265.660	0	2.333.630	888.869
Gastos Generales	1.866.060	348.798	1.866.060	534.285	1.866.060	540.848	1.866.060	365.954
Total	69.910.315	22.703.170	70.265.418	25.687.380	70.622.442	24.590.532	70.975.606	30.507.676

Fuente: Elaboración Propia

Con relación al gasto en combustible considerado en cada caso, se debe indicar que si bien la información ex – ante viene detallada para cada maquinaria y vehículo considerado en este escenario, el parque total excede sustancialmente al parque de maquinaria y vehículos efectivamente adquiridos, de acuerdo al análisis realizado anteriormente para el costo de inversión en este ítem. De este exceso, sólo figuran dos maquinarias arrendadas, mencionadas en la letra E, [numeral 5.2.2](#) de este Capítulo, en la versión ex – ante omitiéndose la inversión o arriendo del resto del exceso.

En efecto, además de la excavadora y el camión tolva, figuran las siguientes maquinarias no consideradas en la inversión:

- Bulldozer
- Camión Aljibe

- Motoniveladora
- Rodillo
- Camioneta

Por su parte, el gasto anual de combustible para el caso ex – post se obtuvo a partir de la información entregada por la administración del RS en relación al consumo anual en litros, por lo que para su valoración se utilizaron los precios del diesel sin IVA de junio de cada año para la región de Atacama:

- 2015: \$463,2
- 2016: \$373,9
- 2017: \$415,63
- 2018: \$504,62

Adicionalmente se debe tener en consideración que el gasto en combustible incluye actividades de construcción (inversión anual antes señalada) como de operación. El mayor gasto ex – ante es consistente con el mayor número de maquinarias y vehículos.

En relación al gasto en lubricantes, en la evaluación ex – ante se estimó un gasto anual como porcentaje del gasto en combustible (10%), lo que entrega un gasto anual de aproximadamente MM\$3,1, salvo para la camioneta, hidrolavadora y generador en que dicho porcentaje fue del 15%.

En contrapartida, en la situación ex – post, la administración del Relleno Sanitario no hizo entrega de información relativa a este ítem de gasto, salvo el siguiente dato: *"El consumo de lubricante mensual es de 50 k x equipo x mes, grasa tipo EP-2"*.

Cotizado vía internet, la empresa IM Epysa promociona el balde de 16 k de grasa en \$38.800 sin IVA (precio 2018), lo que da un gasto mensual por equipo de \$121.250, es decir, MM\$5,82 al año (MM\$4,98 en moneda febrero 2014), para las cuatro maquinarias.

Claramente hubo una sobrestimación de los requerimientos de maquinarias y su consiguiente consumo de combustible, lubricantes y mantención tal como se observa en la Tabla N°60 en montos muy significativos: más del 100%.

Finalmente, los otros dos ítems de la Tabla N°60, Equipos e instrumental y gastos generales también muestran una sobrestimación significativa. En el escenario ex – ante los gastos generales se estimaron en forma global en \$150.000 mensuales (MM\$1,8 anuales) sin itemizado.

5.3.4 Insumos

Al igual que en el caso de Arauco – Curanilahue, la información recopilada no alcanza el nivel de detalle que permita realizar un análisis profundo; por lo que las comparaciones se realizarán en términos globales.

Tabla N°61. Costos Mensuales en Insumos (\$ febrero 2014)

Concepto	2015		2016		2017		2018	
	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post
Herramientas menores	153.763	188.031	158.376	180.444	163.128	177.432	168.021	173.438
Agua, otros	256.272	0	263.960	0	271.879	0	280.036	0
Chimeneas drenaje biogás	258.002	0	265.742	2.255.554	273.714	0	281.926	0
Ropa de seguridad	1.121.191	188.031	1.154.827	180.444	1.189.472	177.432	1.225.156	173.438
Construcción zanjas	0	0	0	0	0	135.367.754	0	0
Impermeabilización zanja	0	0	0	0	0	37.842.770	0	0
Total	1.789.229	376.062	1.842.906	2.616.443	1.898.193	173.565.388	1.955.139	346.876

Fuente: Elaboración Propia

En el ítem ropa de seguridad la evaluación ex – ante considera un gasto anual año 2015 de MM\$1,1 que se escala al 3% anual. La evaluación ex – post considera un gasto de \$200.000 anuales nominales.

En relación al gasto en herramientas menores la evaluación ex – ante considera un gasto anual de \$153.066 que se escala al 3% anual. La evaluación ex – post considera un gasto de \$200.000 anuales nominales.

Para ambos ítems, ropa de seguridad y herramientas menores, el gasto anual de \$200.000 anuales nominales fue entregado por la administración del Relleno Sanitario.

En el ítem Gasto en agua y otros, la evaluación ex – ante considera un gasto anual de \$255.110 que se escala al 3% anual. La evaluación ex – post considera un gasto de 200 m³ al año, lo que a las tarifas vigentes en el 2017 entrega un gasto aproximado de \$320.000 al año, pero se asigna al ítem gastos generales.

En relación al gasto en chimeneas drenaje biogás, la evaluación ex – ante considera un gasto anual de \$256.832 que se escala al 3% anual. La evaluación ex – post considera un gasto de \$2.500.000 en el año 2016, ya que se efectúa una compra para varios años.

La evaluación ex – post considera explícitamente la partida construcción de zanjas para poder identificar el monto destinado a insumos para zanjas. La información proporcionada indica que se gastó en el año 2017 la suma de MM\$152,59. Como se ha señalado anteriormente, en la evaluación ex – ante esta partida se incluye como inversión anual durante la operación.

En impermeabilización de zanjas ocurre lo mismo que en el caso anterior; en la evaluación ex – ante esta partida figura como componente de la inversión anual durante el periodo de operación. Es así como a partir del año 2015 figura un monto de MM\$67,3, valor que se mantiene constante hasta el año 19 del horizonte de evaluación. En contraste, la información real de la administración del RS, indica que en el 2017 se gastaron en insumos para esta actividad la suma de MM\$42,66 millones.

5.3.5 Plan de Seguimiento Ambiental

La Tabla N°62 muestra los valores para los escenarios ex – ante y ex – post por concepto de análisis de seguimiento ambiental para el periodo 2015 – 2018.

Tabla N°62. Plan de Seguimiento Ambiental (\$ febrero 2014)

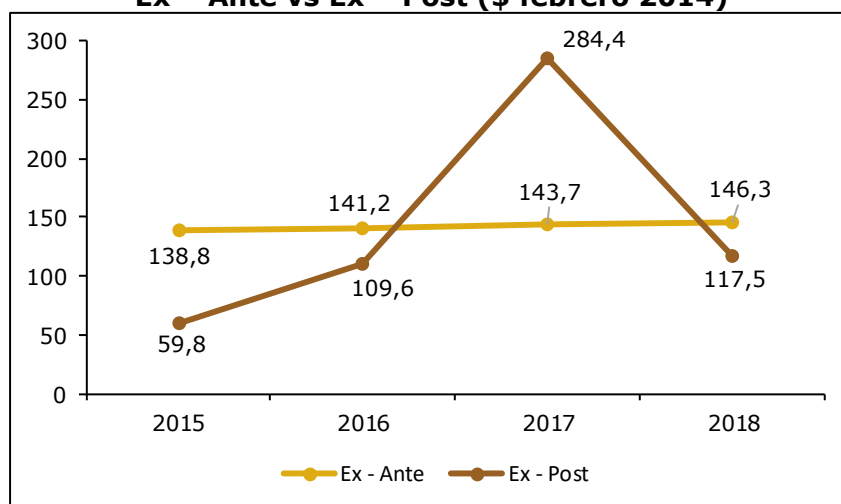
Concepto	2015		2016		2017		2018	
	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post
Muestreo de Agua Sup y Subt	1.067.801	0	1.099.835	2.688.873	1.132.830	1.471.177	1.166.815	2.474.539
Muestreo de Residuos	1.708.482	0	1.759.736	0	1.812.528	0	1.866.904	0
Otros Estrudios	1.281.361	0	1.319.802	0	1.359.396	0	1.400.178	0
Disp. de Aceites y RESPEL	140.950	0	145.178	0	149.534	0	154.020	0
Control de Plagas	0	0	0	2.568.690	0	2.533.729	0	2.724.363
Extracción de Riles	0	0	0	2.125.815	0	2.021.704	0	1.127.347
Total	4.198.594	0	4.324.551	7.383.379	4.454.288	6.026.611	4.587.917	6.326.249

Fuente: Elaboración Propia

Las cifras muestran que el gasto efectivo supera holgadamente al gasto estimado ex – ante, lo que se traduce en una significativa subestimación de este gasto, salvo en el año 2015 en que dado que se inició la operación a mitad de año, por lo que no se incurrió en dicho gasto.

Finalmente, en la Figura N°25 se resume el gasto anual en operación para el periodo 2015 – 2018.

**Figura N°25. Gastos Anuales de Operación
Ex - Ante vs Ex - Post (\$ febrero 2014)**



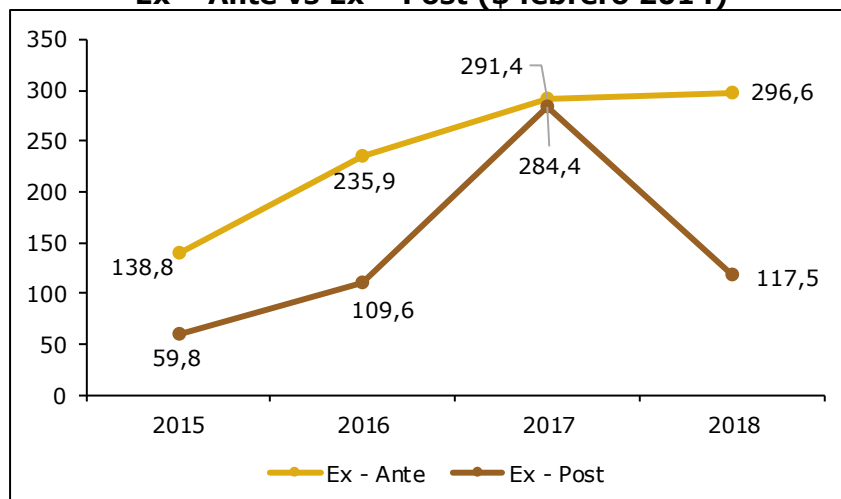
Fuente: Elaboración Propia

Las cifras muestran que la evaluación ex - ante sobreestimó los costos y gastos de operación en todos los años analizados.

La excepción es el año 2017 en que insumos se incrementó fuertemente debido a los gastos en zanjas e impermeabilización de zanjas que, como se explicó, en la evaluación ex - ante figuran como partida de inversión prorrateada en todos los años del horizonte de evaluación.

Si se agregan los costos anuales de inversión de la evaluación ex - ante la sobreestimación del ex - ante alcanza niveles muy significativos, según se observa en la Figura N°26.

**Figura N°26. Gastos Anuales de Operación con Inversión en Zanjas
Ex - Ante vs Ex - Post (\$ febrero 2014)**



Fuente: Elaboración Propia

5.4 Indicadores de Rentabilidad

Una vez analizados los costos de la Fase de Inversión y Operación, se procede a contrastar los indicadores de rentabilidad ex – ante versus ex – post.

Tal como se mencionó anteriormente la comparación de indicadores de rentabilidad se desarrollará de acuerdo con las siguientes condiciones:

- a) Horizonte de evaluación de 19 años, debido al desfase de un año entre el inicio de operaciones planificado en relación a lo sucedido en la realidad.
- b) Se utilizará la versión corregida de la evaluación ex – ante como base de comparación.
- c) El flujo de caja considera moneda real en pesos de febrero de 2014 (año de contrato de ejecución).
- d) Se utilizan precios sociales vigentes a febrero del año 2014.
- e) Para el flujo de caja ex – post, se utilizarán los valores ex – ante en aquellos casos en que no se cuente con información real y la actividad o consumo efectivamente se realizó ex – post. Esto tiene como objetivo obtener indicadores de rentabilidad comparables, de modo que las diferencias encontradas no sean atribuibles a la falta de datos.
- f) Se mantendrán para la evaluación ex – post los factores de escalamiento utilizados sobre algunas variables consideradas en la evaluación ex – ante, independientemente si éstos se justifican metodológicamente.
- g) Se mantendrá la temporalidad de sus inversiones para cada caso.

En la Tabla N°63 se presentan los indicadores de rentabilidad obtenidos ex – post y su comparación con la evaluación ex -ante.

Tabla N°63. Parámetros de Evaluación Social e Indicadores de Rentabilidad

N°	Concepto	Variable	Unidad	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post		
1	Parámetros	Horizonte de Evaluación	Años	19	19		
		Tasa Social de Descuento	%	6,0	6,0		
		Factor de Corrección Divisa	índice	1,01	1,01		
		Factor de Corrección MOC	índice	0,98	0,98		
		Factor de Corrección MOSC	índice	0,68	0,68		
		Factor de Corrección MONC	índice	0,62	0,62		
		Arancel de Importación	%	0,87	0,87		
		Esc. Remuneraciones	%	3,00	3,00		
		Esc. Gasto en Maquinaria	%	0,47	0,47		
		Esc. Equipo e Instrumental	%	3,00	3,00		
		Esc. Insumos	%	3,00	3,00		
		Esc. Plan de Seg. Ambiental	%	3,00	3,00		
		Moneda	Año	2014	2014	Var	
2	Indicadores	VACS	MM\$	4.061	3.925	🟢 -3,3	-136
		CTD	\$/Ton	19.103	17.152	🟡 -10,2	-1951
3	Valores Actuales de Costo	Inversión Inicial	MM\$	1.303	1.787	🔴 37,1	483,6
		Inversiones año 1 al 19	MM\$	1.291	443	🔴 -65,7	-848
		Costos de Operación	MM\$	1.467	1.822	🔴 24,2	354,5
		Valor Residual	MM\$	0	-126	🔴 100,0	-126

Fuente: Elaboración Propia

La evaluación ex - ante presenta un VACS de MM\$4.061 versus los MM\$3.925 de la evaluación ex - post, lo que representa un menor VACS ex post de un 3,3%, valor aceptable dentro del rango de tolerancia.

Las principales diferencias entre ambos indicadores radican en los siguientes puntos:

a) Inversión:

- Diferencias entre ambos presupuestos, tal como fue abordado precedentemente.
- Inversiones anuales muy superiores en ex - ante, debido a que ex - post se clasifica lo relativo a zanjas e impermeabilización como costo operativo en lugar de inversión.
- No consideración ex - ante de inversión en terreno.
- No consideración ex - ante de valor residual del terreno y maquinarias.

b) Operación:

- Un mayor costo de operación anual ex - post de alrededor de MM\$355 en valor presente, explicado principalmente por dotación e insumos, tal como se presentó precedentemente.

Al analizar el Costo por Tonelada Dispuesta, se observa que ex – ante se refleja un mayor valor que en el escenario ex – post, lo que es consistente con el mayor VACS ex – ante y el tonelaje de residuos dispuesto.

En Anexo N°25 se presenta el detalla de los flujos anuales tanto ex – ante como ex – post.

F. Relleno Sanitario Huasco, BIP: 30086288-0

1. Objetivo de la Iniciativa

Esta iniciativa busca dar una solución a la disposición final de los residuos domiciliarios y asimilables, conjuntamente para las comunas de Vallenar, Huasco, Alto del Carmen y Freirina (en adelante “Provincia del Huasco”), que cumpla con los estándares ambientales y sanitarios vigentes en el país y que considere un 100% de cobertura.

La Provincia del Huasco disponía sus residuos sólidos domiciliarios en 3 lugares diferentes; el primero ubicado en la comuna de Huasco a 2,5 km del radio urbano al sur de la ciudad; el segundo en Freirina a 3 km del radio urbano al sur de la ciudad y el último ubicado en la comuna de Vallenar a 2,5 km de la Ruta 5 Norte, al nororiente de la ciudad, ninguno de los cuales contaba con autorización ambiental.

Ninguno de estos vertederos era sostenible en el tiempo, dado el no cumplimiento de las exigencias sanitarias y ambientales vigentes en el país.

2. Descripción

El proyecto consiste en la construcción de un RS mancomunado de tipo superficial, en la comuna de Vallenar, emplazado en el vertedero existente, que contempla las siguientes actividades, obras físicas y equipos:

- 1) Construcción y/o habilitación de caminos: perfilando su carpeta de rodado con material granular en un espesor de 15 cm. Se considera un perfil de 7 m de ancho y un tratamiento superficial con riego de Bischofita. Este camino se considera desde la ruta 5 Norte, el portón de acceso hasta alcanzar la derivación hacia los frentes de trabajo. Adicionalmente, perfilamiento de caminos internos.
- 2) Edificación con fines de control: administración e instalaciones para el personal, con servicios higiénicos y duchas.

- 3) Instalación del Suministro de Electricidad.
- 4) Instalación del Suministro de Agua y Alcantarillado.
- 5) Construcción del RS con sistema de impermeabilización geomembrana.
- 6) Instalaciones para la evacuación de gas (biogás generado a partir de la descomposición de los residuos).
- 7) Cierre Perimetral y señalética.
- 8) Área de lavado de vehículos.
- 9) Romana de pesaje de camiones.
- 10) Compra de maquinaria para la operación del relleno.
- 11) Saneamiento ambiental; reparación y preparación del vertedero.

3. Historia y Tramitación del Proyecto

En este apartado se entrega una síntesis de los principales hitos de la iniciativa hasta su construcción:

- 1) Entre los años 2008 y 2009 la Municipalidad de Alto del Carmen realiza el estudio "Asesoría Técnica Proyecto Construcción Relleno Sanitario Provincial" con financiamiento del P.M.B. – SUBEDERE. El monto de inversión del estudio ascendió a MM\$23,2.
- 2) El año 2009, se realiza el Convenio de Municipalidades Provincia del Huasco. Asimismo, se realiza la adquisición del terreno del RS Provincial, cuya unidad técnica responsable fue la Municipalidad de Vallenar. El monto de la inversión fue de MM\$280, financiado por P.M.B. – SUBDERE.
- 3) Durante el año 2010, se realizaron Estudios Complementarios, Declaración de Impacto Ambiental y Proyecto de Arquitectura, Especialidades e Ingeniería.
- 4) En septiembre del año 2010, el proyecto entra al Sistema Nacional de Inversiones (SNI).

- 5) Se califica ambientalmente favorable el proyecto "Saneamiento Ambiental y Construcción Relleno Sanitario Provincia Huasco" por la Comisión de Evaluación de la Región de Atacama, mediante Resolución Exenta N°04 de 6 de enero de 2011.
- 6) El 30 de junio de 2011, la SEREMI de Salud de Atacama, aprueba el proyecto "Relleno Sanitario de la Provincia del Huasco y Saneamiento de Vertedero Comuna de Vallenar", mediante resolución Exenta N°2317.
- 7) El 6 de septiembre de 2011, la SEREMI de Desarrollo Social Región Atacama, aprueba favorablemente el proyecto "Relleno Sanitario de la Provincia del Huasco y Saneamiento de Vertedero Comuna de Vallenar".
- 8) Durante el periodo 2011 y 2013 se realizan estudios de Planes de Cierre de los vertederos de Freirina – Huasco y Alto del Carmen, con una inversión de MM\$46.
- 9) El 31 de julio de 2012 se adjudica el proyecto de construcción del Relleno Sanitario Provincia del Huasco y saneamiento de vertedero, por la empresa KDM S.A. por un monto total de \$1.480.522.873 (IVA incluido). Este contrato tiene las siguientes modificaciones a lo largo de su ejecución:
 - Modificación Contrato: aumento de plazo por 45 días (Decreto N°3116 con fecha 30/06/13).
 - 2ª Modificación Contrato: aumento de plazo por 30 días (Decreto N°4096 con fecha 06/08/13).
 - 3ª Modificación Contrato: aumento de plazo por 30 días.
 - 4ª Modificación Contrato: aumento de plazo por 90 días y suplemento (Decreto N°6161 con fecha 10/12/13).
 - 5ª Modificación Contrato: aumento de plazo por 15 días.

Las modificaciones del contrato y los suplementos adicionales del mismo aplazan la fecha de recepción desde 18 de junio de 2013 al 15 de febrero de 2014.

- 10) El 16 de junio de 2014 comienza a operar el RS, a través de un contrato directo entre la empresa Cosemar S.A. y las comunas de la provincia de Huasco.

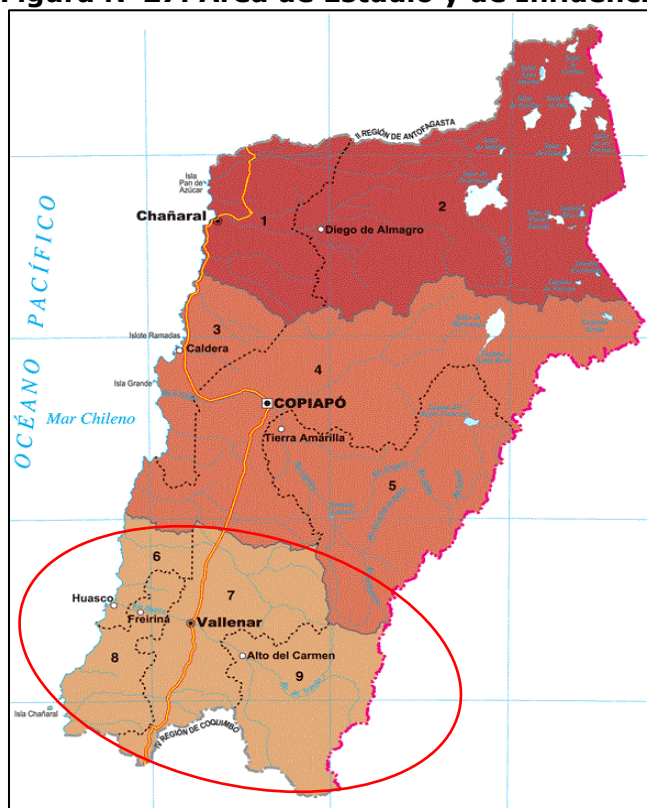
4. Formulación del Proyecto

4.1 Área de Estudio y Área de Influencia

Esta iniciativa de inversión se encuentra ubicada en la Región de Atacama, en la Provincia de Huasco, específicamente en la comuna de Vallenar.

Su área de estudio y área de influencia comprenden las mismas dimensiones, correspondiendo a los límites administrativos de las comunas de Huasco, Vallenar, Freirina y Alto del Carmen, tal como se aprecia en la Figura N°27.

Figura N°27. Área de Estudio y de Influencia



Fuente: Comuna de Caldera "Presentación RELLENOS_CALDERA (rev jp 3 ULTIMA).ppt"

El RS se encuentra emplazado en un sitio de aproximadamente 40 há a una distancia aproximada de 2,5 km de la Ruta 5 Norte, en el kilómetro 665 específicamente y conectado a través de un camino de tierra que se mantiene en buenas condiciones. Se emplaza en el mismo sitio del anterior Vertedero Municipal de la comuna de Vallenar, ubicado a 3,7 Km en línea recta al Noroeste del centro de la Ciudad de Vallenar, capital de la comuna.

4.2 Población Proyectada y Estimación de Demanda

Esta iniciativa fue ingresada al Sistema Nacional de Inversiones el año 2010 y su evaluación económica consideraba el inicio de su operación a principios del año 2013. Sin embargo, la operación del RS comenzó el 16 de junio de 2014, en el 2^{do} año proyectado de operación en la etapa de preinversión. Dado lo anterior, la comparación ex – ante versus ex – post, se desarrollará a partir del 2014, es decir, del año 3 de los flujos de operación ex – ante.

En primer término, se analizará la proyección de población realizada para todas las comunas de la provincia del Huasco. Para la evaluación ex – ante se utilizó información de los Censos 2002, 1992 y 1982, en tanto para el caso ex – post se utilizó información de los Censos 2017 y 2012 actualizado. En la Tabla N°64 es posible observar las tasas de crecimiento poblacional intercensal para ambos escenarios.

Tabla N°64. Tasa de Crecimiento Poblacional Intercensal

	Ex - Ante	Ex - Post
	%	%
	Var. Pob	Var. Pob
Vallenar	0,7%	-0,1%
Huasco	0,3%	0,8%
Freirina	2,4%	1,2%
Alto del Carmen	2,0%	-2,3%

Fuente: Fuente: Informe Técnico – Económico "Perfil Relleno Sanitario Prov. Huascov1", Censo 2017, 2012 y 2007

Cabe señalar que se utilizó la misma tasa de cobertura del proyecto original, de un 100% para el área urbana y rural.

Con esta información se desarrolló una estimación del crecimiento poblacional para todas las comunas, las que posteriormente se contrastaron con la proyección realizada ex – ante. En la Tabla N°65 es posible observar las diferencias entre ambas proyecciones de población total atendida.

Tabla N°65. Proyección de Población Total Atendida Ex – Ante vs Ex – Post

			Población														
			Total			Vallenar			Huasco								
			Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)						
Concepto	Variable	Unidad	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)		Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)		Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)				
Proyección	2014	Nº hab	76.987	74.480	🟢	-3,3	-2.507	55.996	52.125	🟢	-6,9	-3.871	8.365	9.894	🟡	18,3	1.529
	2015	Nº hab	77.684	74.451	🟢	-4,2	-3.233	56.414	52.055	🟢	-7,7	-4.359	8.395	9.978	🟡	18,9	1.583
	2016	Nº hab	78.392	74.426	🟢	-5,1	-3.966	56.832	51.986	🟢	-8,5	-4.846	8.425	10.063	🟡	19,4	1.638
	2017	Nº hab	79.110	74.406	🟢	-5,9	-4.704	57.250	51.917	🟢	-9,3	-5.333	8.454	10.149	🔴	20,0	1.695
	2018	Nº hab	79.839	74.386	🟢	-6,8	-5.453	57.668	51.848	🟡	-10,1	-5.820	8.482	10.235	🔴	20,7	1.753
	2019	Nº hab	80.577	74.370	🟢	-7,7	-6.207	58.085	51.779	🟡	-10,9	-6.306	8.509	10.321	🔴	21,3	1.812
	2020	Nº hab	81.326	74.359	🟢	-8,6	-6.967	58.502	51.710	🟡	-11,6	-6.792	8.536	10.409	🔴	21,9	1.873
	2021	Nº hab	82.085	74.352	🟢	-9,4	-7.733	58.919	51.641	🟡	-12,4	-7.278	8.562	10.497	🔴	22,6	1.935
	2022	Nº hab	82.854	74.350	🟡	-10,3	-8.504	59.336	51.572	🟡	-13,1	-7.764	8.587	10.586	🔴	23,3	1.999
	2023	Nº hab	83.634	74.352	🟡	-11,1	-9.282	59.753	51.504	🟡	-13,8	-8.249	8.612	10.675	🔴	24,0	2.063
	2024	Nº hab	84.423	74.358	🟡	-11,9	-10.065	60.169	51.435	🟡	-14,5	-8.734	8.635	10.766	🔴	24,7	2.131
	2025	Nº hab	85.223	74.369	🟡	-12,7	-10.854	60.585	51.366	🟡	-15,2	-9.219	8.658	10.857	🔴	25,4	2.199
	2026	Nº hab	86.033	74.384	🟡	-13,5	-11.649	61.001	51.298	🟡	-15,9	-9.703	8.681	10.949	🔴	26,1	2.268
	2027	Nº hab	86.854	74.403	🟡	-14,3	-12.451	61.417	51.230	🟡	-16,6	-10.187	8.703	11.041	🔴	26,9	2.338
	2028	Nº hab	87.683	74.426	🟡	-15,1	-13.257	61.832	51.162	🟡	-17,3	-10.670	8.723	11.135	🔴	27,6	2.412
	2029	Nº hab	88.525	74.453	🟡	-15,9	-14.072	62.248	51.093	🟡	-17,9	-11.155	8.744	11.229	🔴	28,4	2.485
	2030	Nº hab	89.376	74.485	🟡	-16,7	-14.891	62.663	51.025	🟡	-18,6	-11.638	8.763	11.324	🔴	29,2	2.561

Fuente: Informe Técnico – Económico “Perfil Relleno Sanitario Prov. Huascov1”, Censo 2017 y 2012.

Continuación Tabla N°65. Proyección de Población Total Atendida Ex – Ante vs Ex – Post

			Población									
			Freirina				Alto del Carmen					
Concepto	Variable	Unidad	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (%, Un)		Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (%, Un)			
Proyección	2014	N° hab	7.037	6.795	🟢	-3,4	-242	5.589	5.667	🟢	1,4	78
	2015	N° hab	7.192	6.876	🟢	-4,4	-316	5.683	5.542	🟢	-2,5	-141
	2016	N° hab	7.354	6.958	🟢	-5,4	-396	5.781	5.419	🟢	-6,3	-362
	2017	N° hab	7.522	7.041	🟢	-6,4	-481	5.884	5.299	🟢	-9,9	-585
	2018	N° hab	7.697	7.124	🟢	-7,4	-573	5.992	5.179	🟡	-13,6	-813
	2019	N° hab	7.878	7.208	🟢	-8,5	-670	6.105	5.062	🟡	-17,1	-1.043
	2020	N° hab	8.065	7.293	🟢	-9,6	-772	6.223	4.947	🔴	-20,5	-1.276
	2021	N° hab	8.258	7.379	🟡	-10,6	-879	6.346	4.835	🔴	-23,8	-1.511
	2022	N° hab	8.458	7.466	🟡	-11,7	-992	6.473	4.726	🔴	-27,0	-1.747
	2023	N° hab	8.664	7.554	🟡	-12,8	-1.110	6.605	4.619	🔴	-30,1	-1.986
	2024	N° hab	8.877	7.643	🟡	-13,9	-1.234	6.742	4.515	🔴	-33,0	-2.227
	2025	N° hab	9.096	7.733	🟡	-15,0	-1.363	6.884	4.412	🔴	-35,9	-2.472
	2026	N° hab	9.321	7.824	🟡	-16,1	-1.497	7.030	4.313	🔴	-38,7	-2.717
	2027	N° hab	9.552	7.917	🟡	-17,1	-1.635	7.182	4.215	🔴	-41,3	-2.967
	2028	N° hab	9.790	8.010	🟡	-18,2	-1.780	7.338	4.120	🔴	-43,9	-3.218
2029	N° hab	10.034	8.104	🟡	-19,2	-1.930	7.499	4.026	🔴	-46,3	-3.473	
2030	N° hab	10.285	8.200	🔴	-20,3	-2.085	7.665	3.935	🔴	-48,7	-3.730	

Fuente: Informe Técnico – Económico “Perfil Relleno Sanitario Prov. Huascov1”, Censo 2017 y 2012.

En cuanto a la proyección de la Producción Per Cápita (PPC) de residuos, la Tabla N°66 muestra la evolución para ambos escenarios, individualmente para cada comuna y en su conjunto. Ex – ante se consideró para Vallenar un PPC de 0,8 kg/hab/día, para Huasco un PPC de 0,8 kg/hab/día, para Freirina un PPC de 0,7 kg/hab/día y para Alto del Carmen un PPC de 0,6 kg/hab/día sin tasa de crecimiento⁴⁷. Por su parte, en el escenario ex – post se estimó el PPC de cada una de las comunas a partir de información real de tonelaje dispuesto en el RS para el periodo 2015 – 2019⁴⁸ y la proyección de población estimada precedentemente para el mismo periodo.

A partir de esta información se procedió a estimar el PPC para cada año, de acuerdo con la Fórmula N°1⁴⁹, al igual que para el caso de Arauco – Curanilahue:

$$\text{Fórmula N°1.}$$
$$PPC \text{ (k/hab/día)} = \frac{TAD_{ton/año}}{Población} * \frac{1.000}{365}$$

Donde,

PPC = Producción Per Cápita

TAD = Tonelaje Anual Dispuesto

Población = N° habitantes atendidos

Una vez obtenidos estos valores para el periodo 2015 – 2019, se procedió a estimar su crecimiento hasta el año 2030 aplicando, para cada comuna, los mismos valores de PPC utilizados en el ex – ante, con ello se puede observar las diferencias reales con respecto a las proyecciones iniciales, como es posible observar en la Tabla N°66.

En el Anexo N°26 se encuentra el detalle del tonelaje mensual y anual dispuesto en el RS para el periodo 2015 – 2019 entregadas por la Asociación de Municipalidades de la Provincia del Huasco.

⁴⁷ Obtenida del Informe Técnico – Económico “Perfil Relleno Sanitario Prov. Huascov1”.

⁴⁸ Información proporcionada por el operador del Relleno Sanitario Cosemar S.A. Esta información viene desagregada mensualmente por comuna de origen.

⁴⁹ Metodología de Preparación y Evaluación de Proyectos de Residuos Sólidos Domiciliarios y Asimilables.

Tabla N°66. Proyección PPC

				Producción Per Cápita (PPC)														
				Total			Vallenar				Huasco							
N°	Concepto	Variable	Unidad	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)		Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)		Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)				
Proyección		2014	k/hab/día	0,78	0,78	✓	0,0	0,00	0,80	0,80	✓	0,0	0,00	0,80	0,80	✓	0,0	0,00
		2015	k/hab/día	0,78	1,01	✗	29,8	0,23	0,80	1,19	✗	48,3	0,39	0,80	0,50	✗	-37,8	-0,30
		2016	k/hab/día	0,78	1,01	✗	30,7	0,24	0,80	1,11	✗	39,2	0,31	0,80	0,92	⚠	15,1	0,12
		2017	k/hab/día	0,78	1,02	✗	31,3	0,24	0,80	1,11	✗	38,5	0,31	0,80	0,96	⚠	20,4	0,16
		2018	k/hab/día	0,78	1,02	✗	31,3	0,24	0,80	1,08	✗	35,6	0,28	0,80	1,06	✗	33,1	0,26
		2019	k/hab/día	0,78	0,97	✗	25,0	0,19	0,80	1,02	✗	27,7	0,22	0,80	1,08	✗	35,0	0,28
		2020	k/hab/día	0,77	0,77	✓	0,0	0,00	0,80	0,80	✓	0,0	0,00	0,80	1,33	✗	66,6	0,53
		2021	k/hab/día	0,77	0,77	✓	0,0	0,00	0,80	0,80	✓	0,0	0,00	0,80	0,80	✓	0,0	0,00
		2022	k/hab/día	0,77	0,77	✓	0,0	0,00	0,80	0,80	✓	0,0	0,00	0,80	0,80	✓	0,0	0,00
		2023	k/hab/día	0,77	0,77	✓	0,0	0,00	0,80	0,80	✓	0,0	0,00	0,80	0,80	✓	0,0	0,00
		2024	k/hab/día	0,77	0,77	✓	0,0	0,00	0,80	0,80	✓	0,0	0,00	0,80	0,80	✓	0,0	0,00
		2025	k/hab/día	0,77	0,77	✓	0,0	0,00	0,80	0,80	✓	0,0	0,00	0,80	0,80	✓	0,0	0,00
		2026	k/hab/día	0,77	0,77	✓	0,0	0,00	0,80	0,80	✓	0,0	0,00	0,80	0,80	✓	0,0	0,00
		2027	k/hab/día	0,77	0,77	✓	0,0	0,00	0,80	0,80	✓	0,0	0,00	0,80	0,80	✓	0,0	0,00
		2028	k/hab/día	0,77	0,77	✓	0,0	0,00	0,80	0,80	✓	0,0	0,00	0,80	0,80	✓	0,0	0,00
		2029	k/hab/día	0,77	0,77	✓	0,0	0,00	0,80	0,80	✓	0,0	0,00	0,80	0,80	✓	0,0	0,00
		2030	k/hab/día	0,77	0,77	✓	0,0	0,00	0,80	0,80	✓	0,0	0,00	0,80	0,80	✓	0,0	0,00

Fuente: Informe Técnico – Económico “Perfil Relleno Sanitario Prov. Huascov1”, Censo 2017 y 2012 e Información proporcionada por COSEMAR.

Continuación Tabla N°66. Proyección PPC

				Producción Per Cápita (PPC)									
				Freirina				Alto del Carmen					
N°	Concepto	Variable	Unidad	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)		Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)			
	Proyección	2014	k/hab/día	0,70	0,70	✓	0,0	0,00	0,60	0,60	✓	0,0	0,00
		2015	k/hab/día	0,70	0,80	⚠	14,9	0,10	0,60	0,49	⚠	-17,6	-0,11
		2016	k/hab/día	0,70	0,79	⚠	12,5	0,09	0,60	0,52	⚠	-13,0	-0,08
		2017	k/hab/día	0,70	0,80	⚠	14,3	0,10	0,60	0,54	✓	-9,6	-0,06
		2018	k/hab/día	0,70	0,81	⚠	15,3	0,11	0,60	0,54	✓	-9,2	-0,06
		2019	k/hab/día	0,70	0,76	✓	8,7	0,06	0,60	0,50	⚠	-16,9	-0,10
		2020	k/hab/día	0,70	0,70	✓	0,0	0,00	0,60	0,60	✓	0,0	0,00
		2021	k/hab/día	0,70	0,70	✓	0,0	0,00	0,60	0,60	✓	0,0	0,00
		2022	k/hab/día	0,70	0,70	✓	0,0	0,00	0,60	0,60	✓	0,0	0,00
		2023	k/hab/día	0,70	0,70	✓	0,0	0,00	0,60	0,60	✓	0,0	0,00
		2024	k/hab/día	0,70	0,70	✓	0,0	0,00	0,60	0,60	✓	0,0	0,00
		2025	k/hab/día	0,70	0,70	✓	0,0	0,00	0,60	0,60	✓	0,0	0,00
		2026	k/hab/día	0,70	0,70	✓	0,0	0,00	0,60	0,60	✓	0,0	0,00
		2027	k/hab/día	0,70	0,70	✓	0,0	0,00	0,60	0,60	✓	0,0	0,00
		2028	k/hab/día	0,70	0,70	✓	0,0	0,00	0,60	0,60	✓	0,0	0,00
		2029	k/hab/día	0,70	0,70	✓	0,0	0,00	0,60	0,60	✓	0,0	0,00
		2030	k/hab/día	0,70	0,70	✓	0,0	0,00	0,60	0,60	✓	0,0	0,00

Fuente: Informe Técnico – Económico “Perfil Relleno Sanitario Prov. Huascov1”, Censo 2017 y 2012 e Información proporcionada por COSEMAR.

Obtenidos los PPC anuales 2014 – 2030 se procede a estimar el tonelaje anual a disponer para el periodo 2014 – 2030, puesto que para el periodo 2014 – 2019 se utilizará información real. Finalmente, en la Tabla N°67 se obtiene la proyección de demanda del proyecto para el periodo indicado precedentemente.

Tabla N°67. Proyección de Demanda

				Demanda														
				Total			Vallenar			Huasco								
N°	Concepto	Variable	Unidad	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (%, Un)		Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (%, Un)		Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (%, Un)				
1	Variables	Población Año 2014	N° Hab	76.987	74.480	🟢	-3,3	-2.507	55.996	52.125	🟢	-6,9	-3.871	8.365	9.894	🟡	18,3	1.529
		Tasa de Crec. Pobl.	%	1,35	- 0,09	🔴	-106,6	-1,4	0,7	-0,1	🔴	-118,9	-0,8	0,3	0,8	🔴	191,3	0,6
		PPC	kg/hab/día	0,78	0,78	🟢	0,0	-	0,80	0,80	🟢	0,0	-	0,8	0,8	🟢	0,0	-
	Proyección	2014	Ton/año	21.815	21.105	🟢	-3,3	-710	16.351	15.220	🟢	-6,9	-1.130	2.443	2.889	🟡	18,3	446
		2015	Ton/año	22.006	27.376	🔴	24,4	5.370	16.473	22.546	🔴	36,9	6.073	2.451	1.813	🔴	-26,1	-639
		2016	Ton/año	22.200	27.623	🔴	24,4	5.423	16.595	21.191	🔴	27,7	4.596	2.460	3.391	🔴	37,8	931
		2017	Ton/año	22.396	27.667	🔴	23,5	5.271	16.717	20.992	🔴	25,6	4.275	2.469	3.568	🔴	44,6	1.100
		2018	Ton/año	22.594	27.632	🔴	22,3	5.038	16.839	20.525	🔴	21,9	3.686	2.477	3.978	🔴	60,6	1.502
		2019	Ton/año	22.795	26.298	🟡	15,4	3.503	16.961	19.306	🟡	13,8	2.345	2.485	4.068	🔴	63,7	1.584
		2020	Ton/año	22.998	21.028	🟢	-8,6	-1.970	17.083	15.099	🟡	-11,6	-1.983	2.493	5.063	🔴	103,1	2.570
		2021	Ton/año	23.204	21.018	🟢	-9,4	-2.186	17.204	15.079	🟡	-12,4	-2.125	2.500	3.065	🔴	22,6	565
		2022	Ton/año	23.412	21.009	🟡	-10,3	-2.403	17.326	15.059	🟡	-13,1	-2.267	2.507	3.091	🔴	23,3	584
		2023	Ton/año	23.623	21.001	🟡	-11,1	-2.622	17.448	15.039	🟡	-13,8	-2.409	2.515	3.117	🔴	24,0	602
		2024	Ton/año	23.835	20.993	🟡	-11,9	-2.842	17.569	15.019	🟡	-14,5	-2.550	2.521	3.144	🔴	24,7	622
		2025	Ton/año	24.051	20.988	🟡	-12,7	-3.063	17.691	14.999	🟡	-15,2	-2.692	2.528	3.170	🔴	25,4	642
		2026	Ton/año	24.268	20.982	🟡	-13,5	-3.286	17.812	14.979	🟡	-15,9	-2.833	2.535	3.197	🔴	26,1	662
		2027	Ton/año	24.488	20.977	🟡	-14,3	-3.511	17.934	14.959	🟡	-16,6	-2.975	2.541	3.224	🔴	26,9	683
		2028	Ton/año	24.711	20.975	🟡	-15,1	-3.736	18.055	14.939	🟡	-17,3	-3.116	2.547	3.251	🔴	27,6	704
		2029	Ton/año	24.936	20.972	🟡	-15,9	-3.964	18.176	14.919	🟡	-17,9	-3.257	2.553	3.279	🔴	28,4	726
		2030	Ton/año	25.163	20.970	🟡	-16,7	-4.193	18.298	14.899	🟡	-18,6	-3.398	2.559	3.307	🔴	29,2	748

Fuente: Informe Técnico – Económico “Perfil Relleno Sanitario Prov. Huascov1”, Censo 2017 y 2012 e Información proporcionada por COSEMAR.

Continuación Tabla N°67. Proyección de Demanda

				Demanda									
				Freirina			Alto del Carmen						
				Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)				
N°	Concepto	Variable	Unidad										
1	Variables	Población Año 2014	N° Hab	7.037	6.795	🟢	-3,4	-242	5.589	5.667	🟢	1,4	78
		Tasa de Crec. Pobl.	%	2,4	1,2	🔴	-50,8	-1,2	2,0	-2,3	🔴	###	-4,2
		PPC	kg/hab/día	0,7	0,7	🟢	0,0	-	0,6	0,6	🟢	0,0	-
2	Proyección	2014	Ton/año	1.798	1.736	🟢	-3,4	-62	1.224	1.241	🟢	1,4	17
		2015	Ton/año	1.838	2.018	🟢	9,8	181	1.245	1.000	🟡	-19,7	-245
		2016	Ton/año	1.879	2.005	🟢	6,7	126	1.266	1.035	🟡	-18,2	-231
		2017	Ton/año	1.922	2.057	🟢	7,0	135	1.289	1.050	🟡	-18,6	-239
		2018	Ton/año	1.967	2.099	🟢	6,7	132	1.312	1.030	🔴	-21,5	-283
		2019	Ton/año	2.013	2.002	🟢	-0,5	-11	1.337	922	🔴	-31,1	-415
		2020	Ton/año	2.061	1.863	🟢	-9,6	-197	1.363	1.083	🔴	-20,5	-279
		2021	Ton/año	2.110	1.885	🟡	-10,6	-225	1.390	1.059	🔴	-23,8	-331
		2022	Ton/año	2.161	1.908	🟡	-11,7	-253	1.418	1.035	🔴	-27,0	-383
		2023	Ton/año	2.214	1.930	🟡	-12,8	-284	1.446	1.012	🔴	-30,1	-435
		2024	Ton/año	2.268	1.953	🟡	-13,9	-315	1.476	989	🔴	-33,0	-488
		2025	Ton/año	2.324	1.976	🟡	-15,0	-348	1.508	966	🔴	-35,9	-541
		2026	Ton/año	2.382	1.999	🟡	-16,1	-382	1.540	944	🔴	-38,7	-595
		2027	Ton/año	2.441	2.023	🟡	-17,1	-418	1.573	923	🔴	-41,3	-650
		2028	Ton/año	2.501	2.047	🟡	-18,2	-455	1.607	902	🔴	-43,9	-705
		2029	Ton/año	2.564	2.071	🟡	-19,2	-493	1.642	882	🔴	-46,3	-761
		2030	Ton/año	2.628	2.095	🔴	-20,3	-533	1.679	862	🔴	-48,7	-817

Fuente: Informe Técnico – Económico “Perfil Relleno Sanitario Prov. Huascov1”, Censo 2017 y 2012 e Información proporcionada por Asociación de Municipalidades de la Provincia del Huasco.

Al analizar la estimación de demanda ex – post versus ex – ante, es posible determinar que, en términos agregados, es decir, en conjunto para las cuatro comunas se observa una desviación promedio anual del orden del 1,9% (581 ton/año), con la demanda ex – ante por sobre la ex – post, lo que significa que ambos escenarios se encuentran en línea, por lo tanto, su vida útil debiera estar dentro del rango de años considerado originalmente. Las desviaciones son elevadas al principio del periodo, entre los años 2015 – 2019 con una desviación promedio anual del 22% (4.921 ton/año) de subestimación, suavizándose entre los años 2020 y 2024, con una desviación promedio anual un 10,3% (2.404 ton/año) de sobreestimación, para luego volver a incrementarse al final del periodo, entre los años 2025 y 2030, con una desviación de un 14,7% (3.625 ton/año) de sobreestimación.

Si bien es cierto que la demanda agregada se encuentra en rangos razonables de desviación (1,9%), al analizar cada comuna en particular se pueden encontrar casos en los cuales hay diferencias significativas. Vallenar presenta una sobreestimación promedio anual del orden de un 2,8% (574 ton/año), Huasco presenta una subestimación promedio anual del orden de un 33,0% (825 ton/año), Freirina presenta una sobreestimación promedio anual del orden de un 8,1% (200 ton/año), y, finalmente, Alto del Carmen presenta una sobreestimación promedio anual del orden de un 29,2% (434 ton/año). Estos efectos contrapuestos permiten que la demanda global con la cual se dimensionó el proyecto se encuentre en rangos razonables.

4.3 Programa Arquitectónico

El RS se ubica en la 3^{ra} Región de Atacama, Provincia de Huasco, Comuna del Vallenar. a 2,5 km. hacia el noroeste de la Ruta 5 Norte.

El proyecto se desarrolla en forma lineal mediante una vía de acceso principal que vincula el área administrativa ubicada al ingreso del predio con 2 vías secundarias y las áreas de relleno sanitario. En el perímetro del terreno se proyecta un cierre en base a pilares de rollizo impregnado de 4" ubicados cada 3 m en los cuales se soportan 2 tablas de 1 x 4" ubicadas en la parte inferior del muro de 1,80 m de altura, en el centro se utiliza malla de Bizcocho tipo ¾" y en la parte superior del muro alambre de púas.

Las instalaciones se ubican en el perímetro de las vías proyectando hacia el lado sur las instalaciones administrativas y de servicios, y hacia el norte las instalaciones de faena como el galpón de mantención y el área de lavado de camiones, las cuales, se describen a continuación:

- 1) *Caseta de control de acceso*: se proyecta estructura de 3,00 x 3,00 m con una superficie total de 9,00 m², la cual posee en su interior una oficina de 5,55 m², un baño con 1 inodoro y 1 lavamanos y 1 una kitchenette.
- 2) *Caseta de pesaje*: se proyecta estructura de 3,00 x 6,00 m (18,00 m²) con destino oficina, a la cual, se le agrega un baño con 1 inodoro y 1 lavamanos.
- 3) *Oficinas*: edificación de 115,5 m², los cuales incluyen el área de terraza; en dicha instalación se proyectan 2 recintos de oficinas, 3 baños con 1 inodoro y 1 lavamanos cada uno, una sala de reuniones, un recinto de secretaría y una sala de educación comunitaria, también utilizada como sala de reuniones.
- 4) *Lavado de camiones*: se proyecta una losa de hormigón armado de 10,50 x 10,50 m (110,25 m²) con cámara separadora de lodos y grasas.
- 5) *Baños y vestidores*: considera una edificación de 29,28 m² el cual tiene 2 baños con 1 lavamanos y 1 inodoro cada uno, además de 2 vestidores: uno destinado para las mujeres con 1 inodoro 1 lavamanos y 2 duchas, y el otro para los hombres con 2 inodoros, 2 lavamanos y 2 duchas.
- 6) *Galpón de mantención*: sobre la base de una estructura metálica de 15,00 x 15,00 m (225,00 m²), el cual se proyecta con fundaciones aisladas de 0,60 m de ancho, 0,50 m de profundidad y 0,60 m de alto, pilares de perfiles metálicos de 350 x 150 x 3 mm, unidos mediante platina de 650 x 450 x 8 mm y pernos de anclaje a la fundación de ¾" y Lo 8 m. Además, se proyecta una base estabilizada de e=0,30 m, una malla Acma de C192 y un radier de e=0,20 m. En la cubierta se consideran vigas metálicas de 200 x 100 x 3 mm, costaneras C 125 x 50 x 15 x 3 y planchas acaneladas de ST. e=0,5 mm.

Las apreciaciones generales de este proyecto son positivas. El proyecto funciona bien y no presenta grandes debilidades. Se sugiere poner atención en la mantención de los cierros perimetrales del RS, puesto que la mayor problemática es la aparición de animales en espacios de trabajo. Sumado a ello, se sugiere techar zona de lavado de camiones para el confort de los trabajadores.

Adicionalmente, el diseño del RS permite tener una visión completa de su operación desde las oficinas administrativas, lo que se percibe como una fortaleza, permitiendo optimizar su funcionamiento.

Se visualiza una pequeña ampliación en el área de lavado de camiones con la incorporación de un contenedor de aproximadamente 3,00 x 3,00 m.

Finalmente, en la Tabla N°68 se presenta una comparación ex – ante versus ex – post de las instalaciones del RS.

Tabla N°68. Comparación Instalaciones Relleno Sanitario Provincia del Huaso

N°	Concepto	Área	Unidad	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var
3	Programa Arquitectónico	Caseta de control	m2	9	9	0,0 0
		Caseta de pesaje	m2	18	18	0,0 0
		Oficinas	m2	115,46	115,46	0,0 0
		Baños y vestidores	m2	29,28	29,28	0,0 0
		Galpón de mantención	m2	225	225	0,0 0
		Lavado de camiones	m2	110,25	119,25	8,2 9

Comentarios Generales: Se visualiza una pequeña ampliación en el sector de lavado de camiones con la incorporación de un contenedor de aproximadamente 3,0 m x 3,0 m y superficie de 9,0 m2. No se visualizan otras ampliaciones respecto al proyecto original.

Fuente: Elaboración Propia

En documento adjunto "Archivo Fotográfico", se acompaña un registro fotográfico de las instalaciones del RS.

5. Evaluación Socio - Económica

Finalizado el análisis de las variables relevantes del proceso de formulación del proyecto, corresponde revisar su evaluación socio – económica. Este análisis se desarrollará en tres etapas: i) Fase de Ejecución; ii) Fase de Operación e iii) Indicadores de rentabilidad.

5.1 Análisis Evaluación Económica Ex – Ante

La evaluación económica de esta iniciativa de inversión fue desarrollada por la Secretaría Comunal de Planificación del Departamento de Proyectos de la Municipalidad de Vallenar, en la que se consideraron 2 alternativas de solución:

- 1) Alternativa 1:** Construcción de dos RS, uno en la comuna de Vallenar y otro en la comuna de Huasco.
- 2) Alternativa 2:** Construcción de un RS mancomunado para Provincia del Huasco ubicado en la comuna de Vallenar.

Los resultados de esta evaluación fueron los siguientes:

Tabla N°69. Indicadores Económicos

Alternativa	VACS (MM\$)	VACS/Ton (\$)
Alternativa 1	5.728	11.837
Alternativa 2	4.746	9.808

Fuente: Informe Técnico – Económico “Perfil Relleno Sanitario Prov. Huascov1”

De acuerdo con estos indicadores, se selecciona la Alternativa 2 dado que presenta el menor VACS. El análisis ex – post se centrará en esta alternativa, que finalmente fue la que se ejecutó. Antes de realizar su evaluación ex – post, se hizo una revisión del modelo de evaluación económica que respalda los indicadores de rentabilidad, archivo “ALTERNATIVA 2 socialv1.xls”. Esta revisión tiene como objetivo identificar y subsanar posibles errores que pudieran afectar el análisis posterior. A continuación, se listan los principales hallazgos:

- 1) La corrección a Precios Sociales viene con errores conceptuales:
 - a) Se consideran todos los materiales, maquinarias y equipos como nacionales (no transables), por lo que no se aplica el precio social de la divisa. ni se corrige por impuestos arancelarios e impuestos específicos de existir éstos.
 - b) En los costos de operación no se utilizan precios sociales del año 2010 en lo relativo a neumáticos, combustibles, lubricantes, mantenciones, etc.
- 2) No se considera el valor del terreno dentro de la evaluación.
- 3) No se considera inversión en maquinarias y vehículos.
- 4) Se considera en la evaluación ex – ante privada un precio de diesel de \$600 que incluye IVA. Según CNE el precio con IVA del diesel para la Región de Atacama es de \$510,4 (diciembre 2010).
- 5) Se consideran costos de operación totales constantes en el tiempo; sin embargo, el tonelaje anual a disponer aumenta anualmente, llegando a una diferencia de un 19% aproximadamente entre el año 1 y el año 20.
- 6) No se considera valor residual de las inversiones y reinversiones del proyecto.
- 7) Errores de cálculo en planilla Excel; no se incluyó dentro del flujo final de caja los materiales e insumos de los costos de operación.

Con el objetivo de realizar el análisis ex – post sobre una base comparable, se procede a corregir la evaluación social ex – ante de la alternativa seleccionada (en este caso la alternativa 2), considerando sólo los costos de inversión y operación relacionados al RS, obteniendo los resultados presentados en la Tabla N°70.

**Tabla N°70. Evaluación Económica
Alternativa 2 Corregida**

Item	MM\$
VAC inversión inicial	1.041
VACS Inversión año 1 al 19	733
VACS Costos de Operación	791
VACS Op. Cierre	23
VACS	2.589

Fuente: Elaboración Propia

Los principales ajustes realizados para el recálculo del indicador fueron:

- Se corrigen precios sociales tanto en la inversión inicial, reinversiones y en los costos operacionales aplicando los valores 2010.
- Se corrige precio privado de Diesel a \$429 (no incluye IVA) por litro, valor a diciembre de 2010 y el precio social a \$333 por litro.
- Se corrigen errores de cálculo de planilla "ALTERNATIVA 2 socialv1".xls.

5.2 Fase de Inversión

En este apartado se hará una comparación detallada de las inversiones presupuestadas en la etapa de diseño en relación con OOC, Maquinarias y Vehículos. Adicionalmente se evaluará el plazo de ejecución.

5.2.1 Plazo de Ejecución

En la Tabla N°71 se observa una subestimación en el plazo de ejecución de las obras civiles del proyecto en 210 días.

Tabla N°71. Plazo de Ejecución⁵⁰

Concepto	Unidad	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)	
Plazo de Ejecución	Días	200	410	✖ 105	210

Fuente: Contrato Construcción Relleno Sanitario de la Provincia del Huasco e Informe Técnico Post - Recepción Provisoria (Unidad Regional SUBDERE – Región de Atacama).

Cabe señalar que la fecha en la cual se iniciaron las obras de construcción fue el 1° de diciembre de 2012, fecha que coincide con la entrega del terreno a la empresa KDM, entidad que adjudicó el contrato de obras civiles, con fecha de término el 18 de junio de 2013.

El retraso en el plazo de ejecución de las obras civiles se explica, por una parte, por ampliaciones de plazos adicionales otorgadas a KDM que suman un total de 105 días, y por otra, durante el desarrollo de las obras civiles del RS, se incorporó al proyecto un suplemento de inversión con el objeto de adelantar la construcción de la trinchera N°2, proyectada inicialmente para el tercer año de operación del proyecto.

Este suplemento de inversión adiciona 105 días al plazo de ejecución original del proyecto. Con ello el plazo efectivo de construcción del RS fueron de 410 días. Finalmente, el 16 de junio de 2014 comienza a operar el RS, a través de un contrato directo entre la empresa Cosemar S.A. y las comunas de la provincia del Huasco.

5.2.2 Costos de Inversión

En este ítem se hará una comparación de los costos de inversión asociados a la construcción del RS entre los escenarios ex – ante y ex – post. Entre los costos asociados a inversión se encuentran O.O.C.C, maquinarias, vehículos y terrenos.

Con el objetivo de apreciar de mejor forma las diferencias entre las estimaciones de costos y sus valores reales, se corregirán todos ellos a la fecha de inicio de las O.O.C.C. (diciembre 2012).

1) Terrenos

Mediante escritura pública de fecha 04 de diciembre de 2009, las Municipalidad de Vallenar adquiere un terreno de 287 há por un monto de \$260.000.000 (moneda 2009).

⁵⁰ El informe técnico- económico “Perfil Relleno Sanitario Prov. Huascov1”, obtenido del Banco Integrado de Proyectos del Sistema Nacional de Inversiones, no especifica el plazo de ejecución de la construcción del RS, por lo que se ha considerado como plazo Ex – Ante la información contenida en el “Contrato Construcción Relleno Sanitario de la Provincia del Huasco”. Asimismo, la información Ex – Post se ha construido sobre la base del Informe Técnico Post - Recepción Provisoria, en el cual se detallan todas las ampliaciones de plazos del contrato antes mencionado.

En el Anexo N°27 se adjunta la escritura de compraventa. No existen valores diferentes al establecido en la escritura.

2) Obras Civiles, Equipos y Equipamiento

El contrato de ejecución de obras se firma el 1° de diciembre de 2012 entre la Municipalidad de Vallenar⁵¹ y la empresa KDM S.A bajo las siguientes condiciones:

- Monto: \$1.059.560.590 más IVA (\$1.260.877.102).
- Plazo: 200 días corridos.
- Ejecución de obras civiles, adquisición de equipos (báscula, hidrolavadora, computador) y equipamiento (muebles de oficina, bancos, casilleros).

En Anexo N°28 se adjunta copia del contrato de obras y en Anexo N°29 se acompaña el presupuesto su presupuesto detallado.

Antes de comenzar a desarrollar el análisis, es importante establecer que para poder realizar una comparación adecuada resulta fundamental que los presupuestos de ambos casos reflejen un proyecto de similares características; de otra manera las comparaciones serían inútiles puesto que estarían sobre la base de distintos dimensionamientos. Por esta razón, para efectuar la comparación de costos de inversión, se han ajustado aquellas partidas o ítems, cuyas unidades difieren entre el presupuesto de inversión ex – ante y ex – post. El criterio adoptado en dichos casos es la comparación de los valores totales de las partidas. A modo de ejemplo, la Tabla N°72 incluye una partida afectada sobre la base de diferencias en unidades de medida y su ajuste posterior.

Tabla N°72. Partida con Unidad de Medida Diferente

N°	Partida	Un	Evaluación Ex - Ante			Un	Evaluación Ex - Post		
			Q	P (\$)	Total		Q	P (\$)	Total
ORIGINAL:									
Movimiento de tierra									
14	Excavaciones	m3	72	8.997	647.785	GL	1	1.533.175	1.533.175
AJUSTE:									
Movimiento de tierra									
14	Excavaciones	GL	1	647.785	647.785	GL	1	1.533.175	1.533.175

Fuente: Elaboración Propia

⁵¹ Si bien es cierto este es un proyecto conjunto entre las Municipalidades de Vallenar, Huasco, Freirina y Alto del Carmen, el titular es Vallenar puesto que el proyecto se emplaza en dicha comuna.

Por otra parte, se han agrupado algunos conceptos del presupuesto de inversión ex – post, producto de diferencias en el detalle de presentación de éste. Estas partidas corresponden a las siguientes:

1) Gastos Adicionales, Obras Provisorias y Trabajos Previos, incluye:

- Permisos y/o recepciones
- Autorización de instalación de Faenas ante DOM.
- Pago de Permiso de Edificación ante DOM
- Recepción de Obras por DOM
- Autorización Puesta en Funcionamiento AP y Alcantarillado ante SEREMI de Salud de Atacama
- Autorización Puesta en Funcionamiento R. Ex. N°2317 Trinchera N°1 ante SEREMI de Salud de Atacama
- Autorización de Sistema de Pesaje Vehículos de carga Dirección de Vialidad MOP
- Autorización instalación eléctrica interior ante SEC
- Autorización instalación gas interior ante SEC
- Patente Municipal, Dpto. Patentes Municipales Vallenar
- Laboratorio de Materiales, Suelos, etc.

2) Obras provisorias, incluye:

- Agua potable.
- Alcantarillado.
- Comunicación.
- Energía eléctrica.

3) Construcciones provisionales, incluye:

- Inspección de obra 6 m².

- Caseta Baños y Duchas, contenedor 20 pies.
- Laboratorio de control.
- Primeros auxilios.
- Oficina de obras.
- Local de colación.
- Bodegas.

Considerando los ajustes anteriores, la Tabla N°73 muestra los valores nominales de inversión para los escenarios ex – ante y ex – post de esta iniciativa.

Tabla N°73. Comparación Inversión Total Nominal Sin IVA (\$ corrientes)

Concepto	Evaluación Ex - Ante (\$)	Evaluación Ex - Post (\$)	Var (% , Un)	
Inversión OOC	1.051.195.301	802.148.433	✖ -23,7	-249.046.868

Fuente: "ALTERNATIVA 2 socialv1".xls y PROPUESTA PÚBLICA ID N° 2322-156-LP12 Construcción Relleno Sanitario de la Provincia del Huasco.

En términos nominales la inversión ejecutada, a nivel de costos directos de O.O.C.C., es un 23,7% menor a lo presupuestado ex – ante. En términos reales esta diferencia aumenta a un 28,0% de sobrestimación, como se aprecia en la Tabla N°74. De este primer análisis general se puede decir que las estimaciones realizadas ex – ante superan el rango de tolerancia máxima de +-5% para proyectos a nivel de diseño.

Tabla N°74. Comparación Inversión Total Real sin IVA (\$ diciembre 2012)

Concepto	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)	
Inversión OOC	1.114.135.502	802.148.433	✖ -28,0	-311.987.069

Fuente: "ALTERNATIVA 2 socialv1".xls y PROPUESTA PÚBLICA ID N° 2322-156-LP12 Construcción Relleno Sanitario de la Provincia del Huasco.

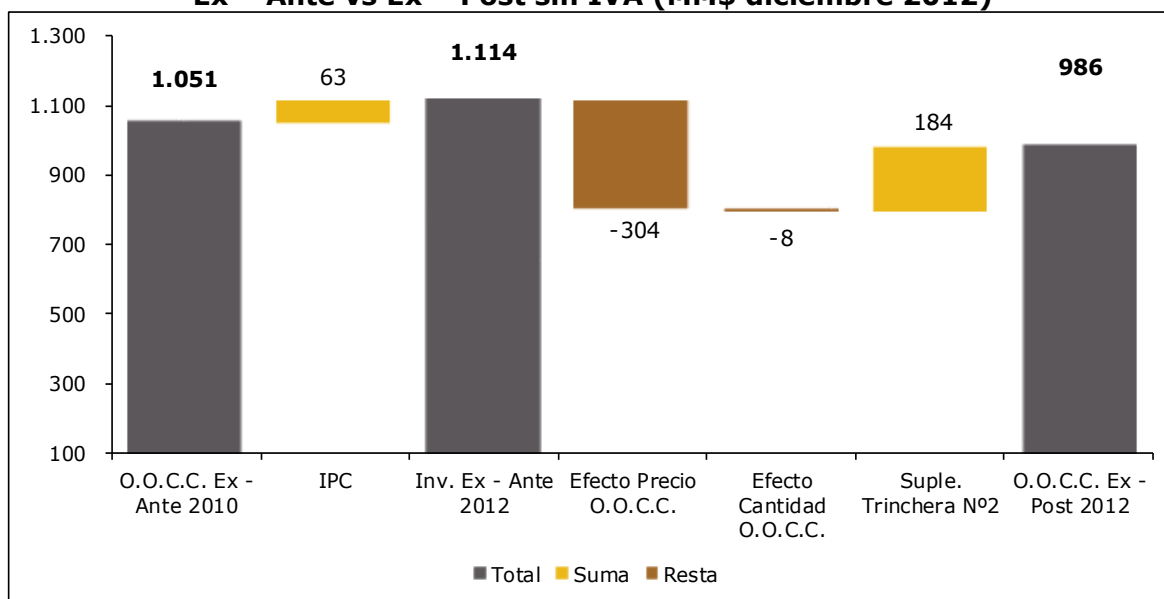
Se debe señalar que durante la ejecución de esta iniciativa se autorizan obras extraordinarias por un monto de \$184.246.400⁵² más IVA, debido a que se adelantó la inversión de la segunda trinchera al año de inicio de construcción, que originalmente se encontraba considerada para el tercer año de operación. En Anexo N°30 se adjunta presupuesto detallado del 29 de abril de 2013.

⁵² Valor presupuesto de KDM S.A. igual a \$184.601.488. El valor fue ajustado a la fecha de evaluación ex – post, diciembre de 2012.

Al hacer un análisis con mayor detalle se observa que la principal diferencia entre ambas inversiones es provocada por una sobrestimación de los precios unitarios utilizados ex – ante por MM\$304.2 y una sobreestimación de las cantidades por MM\$7,8, tal como se muestra en la Figura N°28, que se contrarrestan en parte por la incorporación de la Trinchera N°2.

El efecto neto es una diferencia entre inversión inicial en O.O.C.C. de \$127.740.669.

**Figura N°28. Análisis Factorial Diferencias Inversión O.O.C.C.
Ex – Ante vs Ex – Post sin IVA (MM\$ diciembre 2012)**



Fuente: Elaboración Propia.

En atención a los hallazgos de este segundo análisis, referente, en lo principal, a la existencia de efectos contrapuestos que podrían llevar a concluir erróneamente que no existen mayores diferencias entre ambos escenarios, se procede a analizar los principales ítems de costo directo de O.O.C.C. de ambos presupuestos, los que se presentan en la Tabla N°75.

Tabla N°75. Diferencias Principales Ítems del Costo Directo de O.O.C.C. (\$ diciembre 2012)

Ítems	Evaluación Ex - Ante (\$)	Evaluación Ex - Post (\$)	Var (% , Un)	
Obras provisionarias	11.658.624	67.051.259	✖ 475,12	55.392.635
Obra Gruesa construcción oficinas y otros	257.557.762	173.706.025	✖ - 32,56	-83.851.737
Construcción Relleno Sanitario	844.919.116	561.391.153	✖ - 33,56	-283.527.963
Accesos	89.499.810	39.618.511	✖ - 55,73	-49.881.299
Canal de evacuacion aguas lluvias	1.363.264	1.764.793	✖ 29,45	401.529
Cercos, muros y canal agua lluvias	54.075.055	74.790.791	✖ 38,31	20.715.736
Construcción Trinchera 1	447.638.024	327.696.996	✖ - 26,79	-119.941.028
Saneamiento Ambiental	252.342.962	117.520.062	✖ - 53,43	-134.822.900
Total	1.114.135.502	802.148.437	✖ - 28,00	-311.987.065

Fuente: Elaboración Propia

Estas diferencias van desde un mínimo de 26,79% hasta un máximo de 475,12% en valor absoluto, lo que se encuentra muy lejos de un estándar de diseño, que debiera contar con un rango de variación de +-5%.

Las principales desviaciones se encuentran en el ítem obras provisionarias con una subestimación ex - ante de MM\$55, obra gruesa, construcción de oficinas y otros con una sobrestimación de MM\$84 ex - ante y en el ítem Construcción Relleno Sanitario con una sobrestimación ex - ante de MM\$283.

En la Tabla N°76 se pueden observar las causas de estas desviaciones al desglosarlas en sus efectos precio y cantidad.

Tabla N°76. Efectos Precio y Cantidad Desviaciones Principales Ítems del Ppto. (\$ diciembre 2012)

Partida	Efectos		
	EP (\$)	EQ (\$)	Total
Obras provisionarias	55.392.635	0	55.392.635
Obra gruesa construcción oficinas y otros	-55.123.536	-28.728.201	-83.851.737
Construcción Relleno Sanitario	-304.505.567	20.977.604	-283.527.963
Accesos	-50.013.931	132.632	-49.881.299
Canal de evacuacion aguas lluvias	401.529	0	401.529
Cercos, muros y canal agua lluvias	20.740.259	-24.523	20.715.736
Construcción Trinchera 1	-137.778.366	17.837.338	-119.941.028
Saneamiento Ambiental	-137.855.058	3.032.157	-134.822.900
Total	-304.236.467	-7.750.597	-311.987.065

Fuente: Elaboración Propia

Consistente con la Figura N°28, la principal desviación entre el presupuesto ex - ante y ex - post, se debe una sobrestimación de los precios consideradas en el ítem Construcción Relleno Sanitario, es decir, en la construcción de la faena propiamente tal. Las partidas que explican las diferencias encontradas en este ítem son:

- Accesos con una desviación del orden de los MM\$49, con una sobrestimación de precios de MM\$50 y una subestimación de las cantidades de M\$132.

- Construcción trinchera N°1 con una desviación que alcanza los MM\$119, con una sobrestimación de MM\$137 en precios y una subestimación de MM\$17 en cantidad.
- Saneamiento con una desviación de alrededor de MM\$134, sobrestimando precios en alrededor de MM\$137 y subestimando las cantidades en MM\$3.

En el archivo "Huasco.xls" se acompañan los presupuestos comparados a nivel de partidas e ítems y con sus estimaciones de efectos precio y cantidad.

3) Maquinaria, Equipos y Vehículos

El proyecto no considera la compra de maquinaria ni vehículos, ya que éstos son aportados por el operador del RS; considerando, en este punto, sólo inversión en equipamiento.

En la Tabla N°77 se presentan las inversiones en equipamiento en pesos de diciembre de 2012.

Tabla N°77. Inversión en Equipamiento (\$ diciembre 2012)

Concepto	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Var (% , Un)	
Torre de iluminación	5.246.381	2.480.000	⊗ -52,7	-2.766.381
Cajas 12m3	1.497.957	4.163.040	⊗ 177,9	2.665.083
Motobomba	885.313	850.000	⊕ -4,0	-35.313
Hidrolavadora	1.227.653	1.850.000	⊗ 50,7	622.347
Generador eléctrico	943.289	5.540.001	⊗ 487,3	4.596.712
Total	9.800.592	14.883.041	⊗ 51,9	5.082.449

Fuente: Elaboración Propia

Se pueden observar diferencias significativas, que oscilan entre un mínimo de 4% a un máximo de 487% en valor absoluto. En casi la totalidad de los casos el análisis ex – ante subestima el valor de la inversión en equipos, diferencia que se encuentra explicada en todos los casos sólo por el efecto precio. La Tabla N°78 muestra en detalle los efectos precio cantidad de la inversión en equipamiento.

**Tabla N°78. Efectos Precio y Cantidad Desviaciones Principales
Ítems del Presupuesto de Equipamiento (\$ diciembre 2012)**

Partida	Efectos		
	EP (\$)	EQ (\$)	Total
Torre de iluminación	-2.766.381	0	-2.766.381
Cajas 12m3	2.665.083	0	2.665.083
Motobomba	-35.313	0	-35.313
Hidrolavadora	622.347	0	622.347
Generador eléctrico	4.596.712	0	4.596.712
Total	5.082.449	0	5.082.449

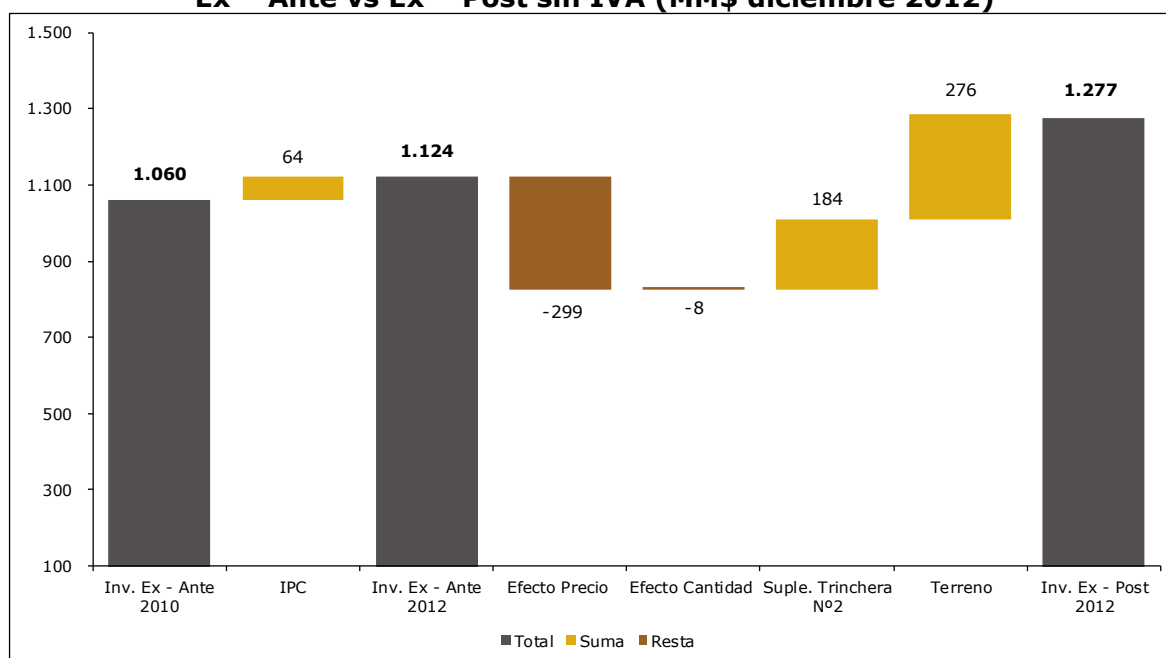
Fuente: Elaboración Propia

Las partidas que reflejan las mayores diferencias en la inversión en equipamiento son:

- Torre de iluminación con una sobrestimación en su precio de \$2.766.381.
- Cajas 12m³, con una subestimación en su precio de \$2.665.083.
- Generador eléctrico, con una subestimación en su precio de \$4.596.712.

Finalmente, en el Figura N°29 se muestran las diferencias totales entre inversión ex – ante y ex – post.

**Figura N°29. Análisis Factorial Diferencias en Inversión Total
Ex – Ante vs Ex – Post sin IVA (MM\$ diciembre 2012)**



Fuente: Elaboración Propia

Cabe señalar que al incluir la inversión en equipos a las O.O.C.C. en la evaluación, no se generan mayores cambios en las conclusiones, manteniéndose como efecto de mayor relevancia las diferencias de precio analizados anteriormente, el suplemento de inversión de la Trinchera N°2 y la incorporación del terreno en la evaluación ex – post.

5.3 Fase de Operación

La información recopilada y su desagregación dificultan la realización de un acabado análisis ex – post, puesto que no cumple con los requisitos mínimos mencionados en la [letra B](#) del Capítulo III. Sin embargo, se intentará realizar el análisis lo más detallado posible.

Adicionalmente, tal como se indicó en el acápite de estimación de demanda, el RS comenzó sus operaciones el año 2014; sin embargo, se realizará la comparación con la información ex – post recopilada para el periodo 2016 – 2019, es decir, con dos años de desfase.

5.3.1 Remuneraciones

En la evaluación ex – ante las remuneraciones consideradas para la dotación del RS se mantienen constantes para todo el horizonte de evaluación.

En el caso de las remuneraciones reales (ex – post) se dispone del detalle de los salarios de las planillas “ANALISIS FINANCIERO” para el periodo 2016-2019⁵³. Se ha considerado para la evaluación ex – post el promedio de remuneraciones mensual por año de cada cargo⁵⁴.

Dado que las remuneraciones consideradas en cada escenario se encuentran en moneda nominal, se ajustan a diciembre de 2012, utilizando las series históricas del índice IPC publicado por el INE⁵⁵.

En la Tabla N°79 se presentan las dotaciones y remuneraciones consideradas para ambos casos.

⁵³ Entregadas por el Administrador de la Asociación de Municipalidades, encargado del control y gestión de la operación del RS.

⁵⁴ En el caso de contar con información incompleta para dichos años, se han considerado los valores promedio ponderado de salario mensual del mismo año o de los años con información disponible.

⁵⁵ <https://www.ine.cl/estadisticas/laborales/ir-icmo>

Tabla N°79. Dotación y Remuneraciones Ex – Ante vs Ex – Post (\$ diciembre 2012)

Remuneraciones Mensuales por Año															
N°	Item	Concepto	Unidad	Evaluación Ex - Ante			Evaluación Ex - Post			Variación					
				Q	P (\$)	Total	Q	P (\$)	Total	Q (% ,N°)		P (%,\$)		Total	
1	Dotación 2016	Jornal aculador	hombre-mes	12	264.969	3.179.625	12	415.686	4.988.228	0,0	0	56,9	150.717	56,9	1.808.603
		Control bascula	hombre-mes	12	370.956	4.451.475	12	634.694	7.616.322	0,0	0	71,1	263.737	71,1	3.164.848
		Chofer maquinaria	hombre-mes	24	370.956	8.902.949	24	919.567	22.069.609	0,0	0	147,9	548.611	147,9	13.166.660
		Chofer camión	hombre-mes	12	370.956	4.451.475	0	0	0	-100,0	12	-100,0	-370.956	-100,0	-4.451.475
		Seguridad	hombre-mes	12	264.969	3.179.625	24	467.616	11.222.782	100,0	-12	76,5	202.647	253,0	8.043.157
		Mecánico	hombre-mes	12	370.956	4.451.475	0	0	0	-100,0	12	-100,0	-370.956	-100,0	-4.451.475
		Administrativo	hombre-mes	12	370.956	4.451.475	0	0	0	-100,0	12	-100,0	-370.956	-100,0	-4.451.475
		Supervisor	hombre-mes	12	476.944	5.723.324	12	1.294.629	15.535.546	0,0	0	171,4	817.685	171,4	9.812.222
Total	hombre-mes	9		38.791.421	7		61.432.487	-22,2	2			58,4	22.641.066		
2	Dotación 2017	Jornal aculador	hombre-mes	12	264.969	3.179.625	12	436.608	5.239.299	0,0	0	64,8	171.640	64,8	2.059.674
		Control bascula	hombre-mes	12	370.956	4.451.475	12	595.509	7.146.112	0,0	0	60,5	224.553	60,5	2.694.637
		Chofer maquinaria	hombre-mes	24	370.956	8.902.949	24	866.424	20.794.186	0,0	0	133,6	495.468	133,6	11.891.237
		Chofer camión	hombre-mes	12	370.956	4.451.475	0	0	0	-100,0	12	-100,0	-370.956	-100,0	-4.451.475
		Seguridad	hombre-mes	12	264.969	3.179.625	24	437.090	10.490.154	100,0	-12	65,0	172.121	229,9	7.310.529
		Mecánico	hombre-mes	12	370.956	4.451.475	0	0	0	-100,0	12	-100,0	-370.956	-100,0	-4.451.475
		Administrativo	hombre-mes	12	370.956	4.451.475	0	0	0	-100,0	12	-100,0	-370.956	-100,0	-4.451.475
		Supervisor	hombre-mes	12	476.944	5.723.324	12	1.319.728	15.836.741	0,0	0	176,7	842.785	176,7	10.113.416
Total	hombre-mes	9		38.791.421	7		59.506.491	-22,2	2			53,4	20.715.070		
3	Dotación 2018	Jornal aculador	hombre-mes	12	264.969	3.179.625	12	399.639	4.795.672	0,0	0	50,8	134.671	50,8	1.616.048
		Control bascula	hombre-mes	12	370.956	4.451.475	12	641.375	7.696.497	0,0	0	72,9	270.419	72,9	3.245.022
		Chofer maquinaria	hombre-mes	24	370.956	8.902.949	24	810.341	19.448.185	0,0	0	118,4	439.385	118,4	10.545.236
		Chofer camión	hombre-mes	12	370.956	4.451.475	0	0	0	-100,0	12	-100,0	-370.956	-100,0	-4.451.475
		Seguridad	hombre-mes	12	264.969	3.179.625	24	446.620	10.718.876	100,0	-12	68,6	181.651	237,1	7.539.251
		Mecánico	hombre-mes	12	370.956	4.451.475	0	0	0	-100,0	12	-100,0	-370.956	-100,0	-4.451.475
		Administrativo	hombre-mes	12	370.956	4.451.475	0	0	0	-100,0	12	-100,0	-370.956	-100,0	-4.451.475
		Supervisor	hombre-mes	12	476.944	5.723.324	12	1.213.379	14.560.544	0,0	0	154,4	736.435	154,4	8.837.220
Total	hombre-mes	9		38.791.421	7		57.219.774	-22,2	2			47,5	18.428.353		
4	Dotación 2019	Jornal aculador	hombre-mes	12	264.969	3.179.625	12	484.108	5.809.302	0,0	0	82,7	219.140	82,7	2.629.677
		Control bascula	hombre-mes	12	370.956	4.451.475	12	582.975	6.995.703	0,0	0	57,2	212.019	57,2	2.544.229
		Chofer maquinaria	hombre-mes	24	370.956	8.902.949	24	720.535	17.292.851	0,0	0	94,2	349.579	94,2	8.389.902
		Chofer camión	hombre-mes	12	370.956	4.451.475	0	0	0	-100,0	12	-100,0	-370.956	-100,0	-4.451.475
		Seguridad	hombre-mes	12	264.969	3.179.625	24	511.921	12.286.112	100,0	-12	93,2	246.953	286,4	9.106.487
		Mecánico	hombre-mes	12	370.956	4.451.475	0	0	0	-100,0	12	-100,0	-370.956	-100,0	-4.451.475
		Administrativo	hombre-mes	12	370.956	4.451.475	0	0	0	-100,0	12	-100,0	-370.956	-100,0	-4.451.475
		Supervisor	hombre-mes	12	476.944	5.723.324	12	1.093.864	13.126.371	0,0	0	129,3	616.921	129,3	7.403.046
Total	hombre-mes	9		38.791.421	7		55.510.339	-22,2	2			43,1	16.718.918		

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N°79 se observa que ex – ante se considera un costo total en remuneraciones anuales entre un 43,1% y 58,4% menores al costo total de remuneraciones ex – post. Esto se traduce en diferencias que anualmente representan montos de:

- 2016: \$22.641.066
- 2017: \$20.715.070,
- 2018: \$18.428.353, y
- 2019: \$16.718.918.

La evaluación ex – ante se encuentra claramente subvalorada. Esta diferencia se explica por un efecto precio de subestimación ex – ante y un efecto cantidad de sobrestimación ex – ante, como se puede observar en las Tablas Tabla N°80, Tabla N°81, Tabla N°82 y Tabla N°83.

Tabla N°80. Efecto Precio – Cantidad Remuneraciones (\$ diciembre 2012)

Nº		Item	Concepto	Evaluación Ex - Ante		
				EP	EQ	Total
1	Dotación 2016	Jornal acuatador	1.808.603	0	1.808.603	
		Control bascula	3.164.848	0	3.164.848	
		Chofer maquinaria	13.166.660	0	13.166.660	
		Chofer camión	-4.451.475	0	-4.451.475	
		Seguridad	2.431.766	5.611.391	8.043.157	
		Mecánico	-4.451.475	0	-4.451.475	
		Administrativo	-4.451.475	0	-4.451.475	
		Supervisor	9.812.222	0	9.812.222	
Total			17.029.675	5.611.391	22.641.066	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°81. Efecto Precio – Cantidad Remuneraciones (\$ diciembre 2012)

Nº		Item	Concepto	Evaluación Ex - Ante		
				EP	EQ	Total
2	Dotación 2017	Jornal aculador	2.059.674	0	2.059.674	
		Control bascula	2.694.637	0	2.694.637	
		Chofer maquinaria	11.891.237	0	11.891.237	
		Chofer camión	-4.451.475	0	-4.451.475	
		Seguridad	2.065.452	5.245.077	7.310.529	
		Mecánico	-4.451.475	0	-4.451.475	
		Administrativo	-4.451.475	0	-4.451.475	
		Supervisor	10.113.416	0	10.113.416	
Total			15.469.993	5.245.077	20.715.070	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°82. Efecto Precio – Cantidad Remuneraciones (\$ diciembre 2012)

Nº		Item	Concepto	Evaluación Ex - Ante		
				EP	EQ	Total
3	Dotación 2018	Jornal aculador	1.616.048	0	1.616.048	
		Control bascula	3.245.022	0	3.245.022	
		Chofer maquinaria	10.545.236	0	10.545.236	
		Chofer camión	-4.451.475	0	-4.451.475	
		Seguridad	2.179.813	5.359.438	7.539.251	
		Mecánico	-4.451.475	0	-4.451.475	
		Administrativo	-4.451.475	0	-4.451.475	
		Supervisor	8.837.220	0	8.837.220	
Total			13.068.915	5.359.438	18.428.353	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°83. Efecto Precio – Cantidad Remuneraciones (\$ diciembre 2012)

Nº		Item	Concepto	Evaluación Ex - Ante		
				EP	EQ	Total
4	Dotación 2019	Jornal aculador	2.629.677	0	2.629.677	
		Control bascula	2.544.229	0	2.544.229	
		Chofer maquinaria	8.389.902	0	8.389.902	
		Chofer camión	-4.451.475	0	-4.451.475	
		Seguridad	2.963.431	6.143.056	9.106.487	
		Mecánico	-4.451.475	0	-4.451.475	
		Administrativo	-4.451.475	0	-4.451.475	
		Supervisor	7.403.046	0	7.403.046	
Total			10.575.862	6.143.056	16.718.918	

Fuente: Elaboración Propia.

- *Efecto Cantidad (Dotación)*: Ex - ante se consideraron 9 trabajadores, en tanto ex - post, se verifican 7 trabajadores, lo que se traduce en una diferencia de 22,2% entre ambos escenarios. Las diferencias radican en que el proyecto ex - ante consideraba un mecánico, un administrativo y un chofer de camión y en el ex - post no se consideran dichos cargos. Por otra parte, la dotación ex - post considera 2 jornadas laborales completas para los guardias de seguridad y el análisis ex - ante sólo una.
- *Efecto Precio (Remuneración)*: Ex - ante se observa una clara subestimación de las remuneraciones que tiene desviaciones aún más significativas que el efecto dotación explicando sobre el 60% de la desviación total.

5.3.2 Insumos

En relación con este ítem, la información recopilada no alcanza el nivel de detalle que permita realizar un análisis profundo; sólo fue posible recopilar información de combustible, energía eléctrica y derechos de uso; sin embargo, el ítem combustible representa el 81,81% de los insumos considerados ex - ante.

Tabla N°84. Costos Anual en Insumos (\$ diciembre 2012)

Concepto	2016		2017		2018		2019	
	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post
Electricidad	S/I	2.220.569	0	2.149.818	0	2.110.691	0	2.064.370
Combustible	37.000.847	S/I	37.000.847	27.799.126	37.000.847	32.463.904	37.000.847	32.910.024
Aceite	1.365.193	S/I	1.365.193	S/I	1.365.193	S/I	1.365.193	S/I
Zapata	3.561.180	S/I	3.561.180	S/I	3.561.180	S/I	3.561.180	S/I
Neumáticos	597.063	S/I	597.063	S/I	597.063	S/I	597.063	S/I
Implementos de seguridad	667.721	S/I	667.721	S/I	667.721	S/I	667.721	S/I
Gasto de administración	2.034.960	S/I	2.034.960	S/I	2.034.960	S/I	2.034.960	S/I
Derechos de Uso	S/I	10.459.246	S/I	10.235.412	S/I	9.992.489	S/I	9.773.194
Total	45.226.964	12.679.815	45.226.964	40.184.355	45.226.964	44.567.084	45.226.964	44.747.588

Fuente: Elaboración Propia

En relación con el derecho de uso y consumo eléctrico, el operador informa⁵⁶ que su gasto mensual por este concepto asciende a un monto promedio nominal mensual de \$1.000.000 (anual \$MM12) y \$211.228⁵⁷ (anual \$MM2,53) respectivamente, considerando el periodo 2016 – 2019; sin embargo, no es posible contrastar este valor con la evaluación ex – ante, puesto que no han sido considerados estos conceptos como gastos operativos en la evaluación.

En el ítem combustible, el más relevante dentro de los insumos, presenta una sobrestimación de sus valores que se explica principalmente en el volumen de combustible consumido.

No fue posible obtener información ex – post ni estimaciones, de los gastos en implementos de seguridad y herramientas, aceites, zapatas y neumáticos.

5.3.3 Mantención

En el escenario ex – ante se considera la realización de mantenciones a la maquinaria y vehículos (Bulldozer, Retroexcavadora, Camión y Camioneta), infraestructura, báscula y equipos de operación. No obstante, no fue factible recopilar información de todos los ítems ex – post, tal como se puede observar en la Tabla N°85.

⁵⁶ El operador entrega boleta con dos meses de consumo.

⁵⁷ Valor promedio de gasto mensual obtenido del periodo 2016-2019.

Tabla N°85. Mantenciones Anuales (\$ diciembre 2012)

Concepto	2016		2017		2018		2019	
	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post
Mant Maquinarias y Vehículos	3.815.550	S/I	3.815.550	2.566.570	3.815.550	2.502.864	3.815.550	4.918.732
Mant infraestructura	2.278.053	S/I	2.278.053	S/I	2.278.053	S/I	2.278.053	S/I
Mant Calib Báscula	635.925	S/I	635.925	2.053.256	635.925	2.002.291	635.925	1.967.493
Mant Equipos de Operación	1.271.850	S/I	1.271.850	S/I	1.271.850	S/I	1.271.850	S/I
Total	8.001.377	S/I	8.001.377	4.619.827	8.001.377	4.505.155	8.001.377	6.886.225

Fuente: Elaboración Propia

Se puede apreciar que las mantenciones de vehículos y maquinaria mantienen una sobreestimación para el periodo 2017 – 2018 y una subestimación en el año 2019.

De acuerdo con lo informado por el operador del RS, la báscula recibe una mantención semestral y su costo nominal anual es aproximadamente de \$2.400.000⁵⁸. Se puede apreciar que existe una subestimación ex – ante importante, siendo la diferencia aproximadamente 4 veces inferior al ex – post. Cabe señalar que, dentro de la operación del RS, la báscula es un equipo fundamental.

No es posible realizar una comparación de las mantenciones computacionales, equipos de operación, oficinas/galpón (pintura) y mantenimiento de servicios higiénicos y alcantarillado, puesto que no se pudo recopilar información ex – post de estos conceptos.

5.3.4 Monitoreo Ambiental

La Tabla N°86, muestra los gastos asociados al monitoreo ambiental ex – ante y ex – post. Cabe señalar, que el operador sólo fue capaz de recopilar el gasto anual de este concepto, sin desglose alguno.

Tabla N°86. Gastos Monitoreo Ambiental (\$ diciembre 2012)

Concepto	2016		2017		2018		2019	
	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post
Aguas superficiales	572.332	S/I	572.332	S/I	572.332	S/I	572.332	S/I
Análisis de Riles	286.166	S/I	286.166	S/I	286.166	S/I	286.166	S/I
Análisis de pozos	572.332	S/I	572.332	S/I	572.332	S/I	572.332	S/I
Lixiviados y metanos	1.271.850	S/I	1.271.850	S/I	1.271.850	S/I	1.271.850	S/I
Ensayos de conductividad hidráulica	635.925	S/I	635.925	S/I	635.925	S/I	635.925	S/I
Material particulado (MP)	1.780.590	S/I	1.780.590	S/I	1.780.590	S/I	1.780.590	S/I
Topografía	635.925	S/I	635.925	S/I	635.925	S/I	635.925	S/I
Chimeneas	508.740	S/I	508.740	S/I	508.740	S/I	508.740	S/I
Total	6.263.861	S/I	6.263.861	10.266.282	6.263.861	10.011.456	6.263.861	9.837.464

Fuente: Elaboración Propia

⁵⁸ De acuerdo a lo informado por el Administrador de la Asociación de Municipalidades de la Provincia del Huasco, a cargo del Relleno Sanitario.

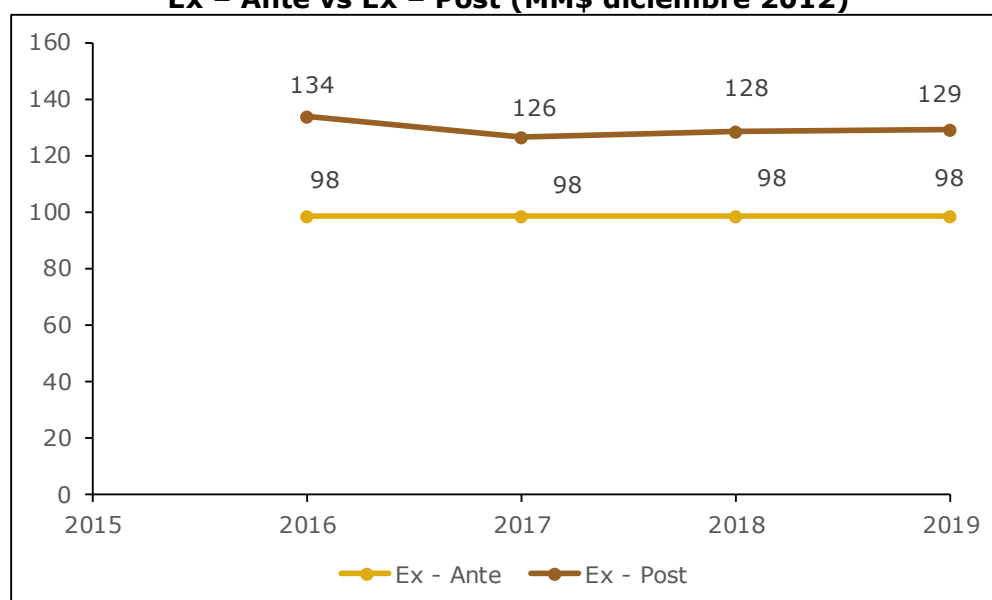
Según se puede observar en la Tabla N°86, el gasto de las estimaciones ex – ante es aproximadamente un 60% del gasto ex – post. En la información ex – ante, se indica la periodicidad de los monitoreos, siendo los siguientes:

- Aguas superficiales – monitoreo trimestral
- Análisis de Riles – semestral
- Análisis de pozos – trimestral
- Lixiviados y metanos - semestral
- Ensayos de conductividad hidráulica – semestral
- Material particulado (MP) – quincenal
- Topografía – cuatrimestral
- Chimeneas – trimestral

En el caso ex – post, el operador informa que el monitoreo ambiental es realizado 2 veces por año.

Analizados cada uno de los ítems del costo de operación del RS, se visualiza que el nivel y detalle de la información recopilada no permite realizar un análisis profundo de las causas que explican las diferencias encontradas ex – ante versus ex - post, con la excepción del gasto en remuneraciones; más aún, no se tiene la certeza de que no exista una subestimación del gasto ex – post originada por falta de información sobre gastos efectivamente incurridos. No obstante ello, se realiza una comparación agregada entre los costos totales de operación ex – ante y ex – post, como se presenta en la Figura N°30.

**Figura N°30. Costos de Operación Anual
Ex – Ante vs Ex – Post (MM\$ diciembre 2012)**



Fuente: Elaboración Propia

El gráfico anterior muestra la diferencia obtenida entre la estimación ex – ante y ex – post, cuyas diferencia y porcentajes de desviación son bastante relevantes, que van de una subestimación ex – ante mínima de MM\$28,07 en el año 2017 a una subestimación ex – ante máxima de MM\$35,32 en 2016. En términos generales la evaluación ex – ante subestima entre un 29% y 36% los costos de operación. Estas diferencias se originan principalmente en las estimaciones de remuneraciones, entre 19% y 23% de desviación, e insumos, entre un 3% y 13% de desviación, con respecto del total de costos operacionales ex – ante.

1.1 Indicadores de Rentabilidad

Una vez analizados los costos de la Fase de Inversión y Operación, se procede a contrastar los indicadores de rentabilidad ex – ante versus ex – post.

Tal como se mencionó anteriormente la comparación de indicadores de rentabilidad se desarrollará de acuerdo con las siguientes condiciones:

- Horizonte de evaluación de 17 años, debido al desfase entre el inicio de operaciones planificado en relación con lo sucedido en la realidad.
- Se utilizará la versión corregida de la evaluación ex – ante como base de comparación.

- c) El flujo de caja considera moneda real en pesos de diciembre de 2012.
- d) Se utilizan precios sociales vigentes a diciembre de 2012.
- e) Para el flujo de caja ex – post, se utilizarán los valores ex – ante en aquellos ítems en que no se dispone de información de gasto real pero sabiendo que la actividad del ítem sí se ejecuta en la realidad. Esto tiene como objetivo obtener indicadores de rentabilidad comparables, de modo que las diferencias encontradas no sean atribuibles a la falta de datos.
- f) Se mantendrá la temporalidad de sus inversiones para cada caso.

En la Tabla N°87 se presentan los indicadores de rentabilidad obtenidos ex – post y su comparación con la evaluación ex -ante.

Tabla N°87. Parámetros de Evaluación Social e Indicadores de Rentabilidad

Nº	Concepto	Variable	Unidad	Evaluación Ex - Ante	Evaluación Ex - Post			
1	Parámetros	Horizonte de Evaluación	Años	17	17			
		Tasa Social de Descuento	%	6,0	6,0			
		Factor de Corrección Divisa	índice	1,01	1,01			
		Factor de Corrección MOC	índice	0,98	0,98			
		Factor de Corrección MOSC	índice	0,68	0,68			
		Factor de Corrección MONC	índice	0,62	0,62			
		Arancel de Importación	%	0,01	0,01			
		Moneda	Año	2012	2012			
						Var		
2	Indicadores	VACS	MM\$	2.589	2.797	🟡	8,0	208,2
		CTD	\$/Ton	10.553	11.402	🟡	8,0	848,9
3	Valores Actuales de Costo	Inversión Inicial	MM\$	1.041	1.218	🔴	17,0	177,1
		Inversiones año 1 al 18	MM\$	733	494	🔴	-32,6	-238,6
		Costos de Operación	MM\$	791	1.164	🔴	47,0	372,1
		Cierre	MM\$	23	23	🟢	0,0	0,0
		Valor Residual	MM\$	0	-102	🟢	0,0	-102,3

Fuente: Elaboración Propia

La evaluación ex – ante presenta un VACS de MM\$2.589 versus los MM\$2.797 de la evaluación ex – post, lo que representa un 8,0% de diferencia. En el Anexo N°31 se incluyen ambos flujos de caja completos.

Las principales diferencias entre ambos indicadores radican en los siguientes puntos:

- a) Inversión:
- Diferencias entre ambos presupuestos, tal como fue abordado precedentemente.
 - Diferencia de temporalidad en la ejecución de las inversiones consideradas en cada caso.

- Se consideró en la evaluación ex – post la inversión en terreno, por lo tanto, también fue considerado el valor residual de éste, en tanto la evaluación ex ante no los incluyó

b) Operación:

- Un mayor costo de operación anual ex – post de alrededor de MM\$372 en valor presente, explicado principalmente por dotación e insumos, tal como se presentó precedentemente.

Al analizar el Costo por Tonelada Dispuesta, se observa que el menor valor ex – ante se origina tanto por su menor VACS como por la sobrestimación de la demanda en el escenario ex – ante.

G. Estructura de Costos

En la presente sección se analiza la información de costos (ex – post) para cada uno de los RS del estudio (incluido RS Provincial), con el objetivo de revisar sus estructuras de costos e identificar posible tendencias y patrones de estimación.

Es así como en la Tabla N°88 se resume la estructura promedio de gasto para cada RS, a partir de la información recopilada en terreno durante el desarrollo del estudio. Se debe tener presente que la información obtenida se encuentra incompleta y se basa en estimaciones sin soporte documental, por lo tanto, las conclusiones que pudieran surgir del análisis deben ser consideradas sólo referencialmente.

Tabla N°88. Estructura de Costos Promedio de Rellenos Sanitarios (\$ diciembre de 2018)

Concepto	Arauco - Curanilahue		Caldera		Huasco		Provincial	
	MM\$	%	MM\$	%	MM\$	%	MM\$	%
Remuneraciones	98,1	62,7%	91,4	69,3%	70,8	55,4%	242,8	29,9%
Combustible y Lubricante	15,7	10,0%	20,0	15,1%	28,2	22,1%	116,9	14,4%
Insumos	8,8	5,6%	1,3	1,0%	14,9	11,6%	70,2	8,7%
Arriendos	12,2	7,8%	0,0	0,0%	0,0	0,0%	15,9	2,0%
Mantenimiento	11,0	7,0%	11,0	8,3%	4,9	3,8%	108,7	13,4%
Seguimiento ambiental	4,5	2,9%	7,7	5,8%	9,1	7,1%	50,3	6,2%
Gasto Generales	6,3	4,0%	0,6	0,4%	0,0	0,0%	206,9	25,5%
Gasto Operacional Total	156,5	100,0%	131,9	100,0%	127,9	100,0%	811,8	100,0%

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar, el mayor gasto dentro de la estructura de costos de los 4 RS analizados se encuentra concentrado en la partida remuneraciones, que en los casos de Arauco – Curanilahue, Caldera y Huasco superan el 55,4%. Este porcentaje disminuye

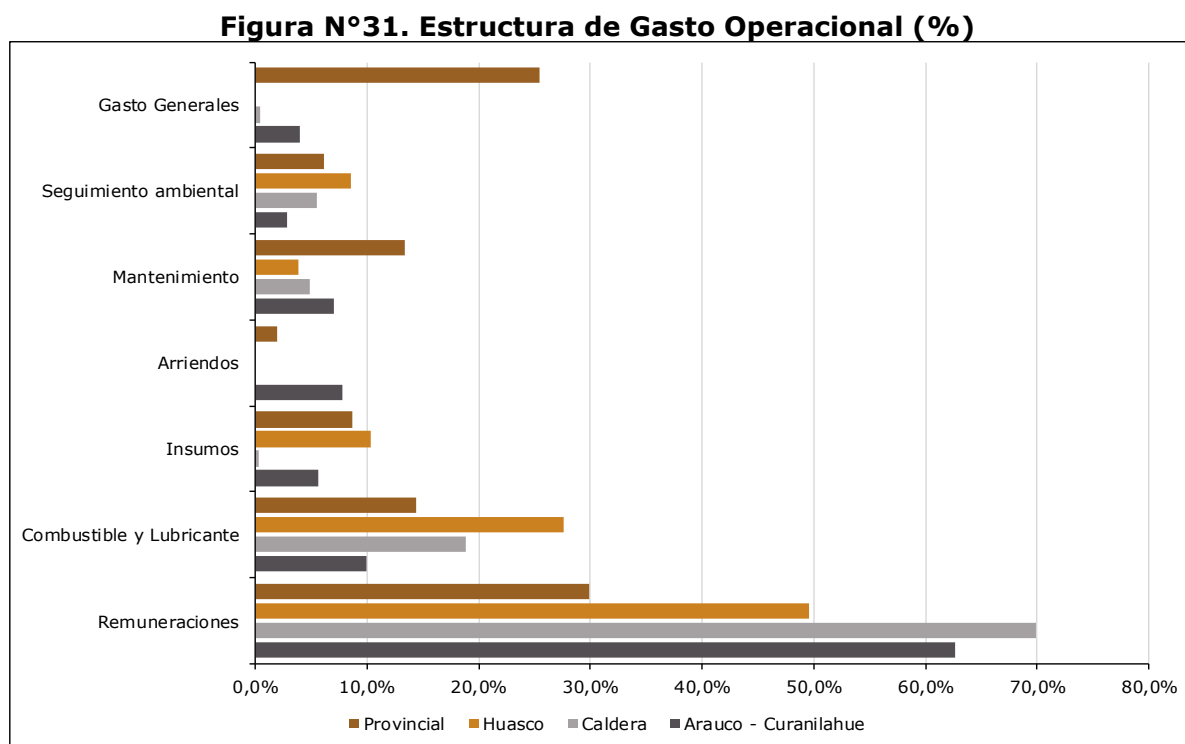
a 29,9% en el caso del RS de Provincial; sin perjuicio de ello esta partida es la más importante dentro de su estructura de costos.

Otra partida significativa dentro de los costos de operación es el gasto en combustible y lubricantes, oscilando entre un mínimo de 10% y un máximo de 22,1% de los gastos operacionales.

La mantención de maquinarias y vehículos es una labor fundamental para la continuidad operativa del RS. Este gasto es bastante similar entre los RS de Arauco – Curanilahue y Caldera, 7,0% y 8,3% respectivamente. Este no es el caso del RS de Huasco, ya que representa un gasto porcentual de sólo 3,8%.

Asimismo, el gasto en seguimiento ambiental es bastante similar entre los RS, y se encuentran entre un rango de 2,9% a 7,1%.

La Figura N°31 compara visualmente cada una de las partidas de los 4 RS.



Fuente: elaboración propia.

Si se analiza con mayor detalle se puede apreciar que en general los gastos operacionales de los RS de Arauco – Curanilahue, Caldera y Huasco, tienen una participación porcentual de su estructura de costos similar en las partidas de

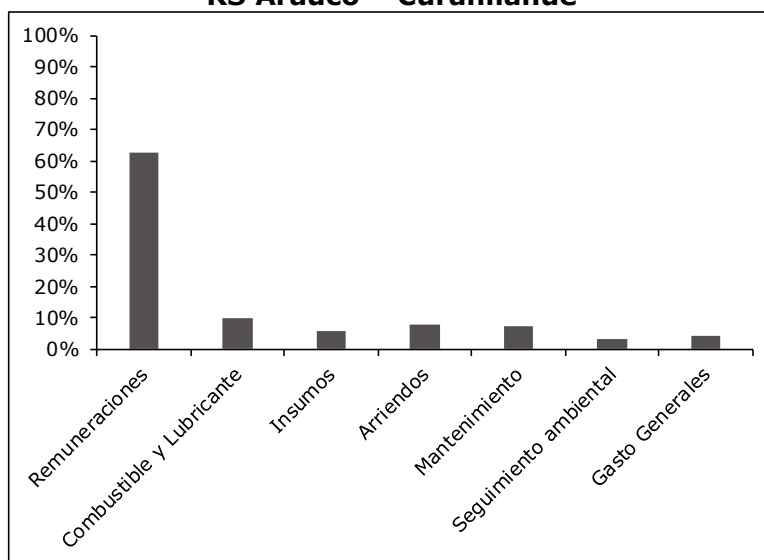
remuneraciones, mantenimiento, seguimientos ambiental e insumos, con la sola excepción de Caldera en la partida insumos.

El RS de Provincial tiene una estructura que difiere de los otros 3. La mayor desviación se puede apreciar en la partida "gastos generales" con un atípico 25% del gasto operacional total, lo que se explica en parte por su modelo de negocios y estructura organizacional diferente (gastos en viajes, asesorías, entre otros).

A modo de conclusión, se puede apreciar que la estructura de gastos es bastante pareja entre los RS de Caldera, Huasco y Arauco – Curanilahue. En todos se observa con cierta claridad que los gastos de remuneraciones y combustible son los más relevantes dentro de la operación concentrando entre el 72,7% y el 84,4% del gasto operacional total.

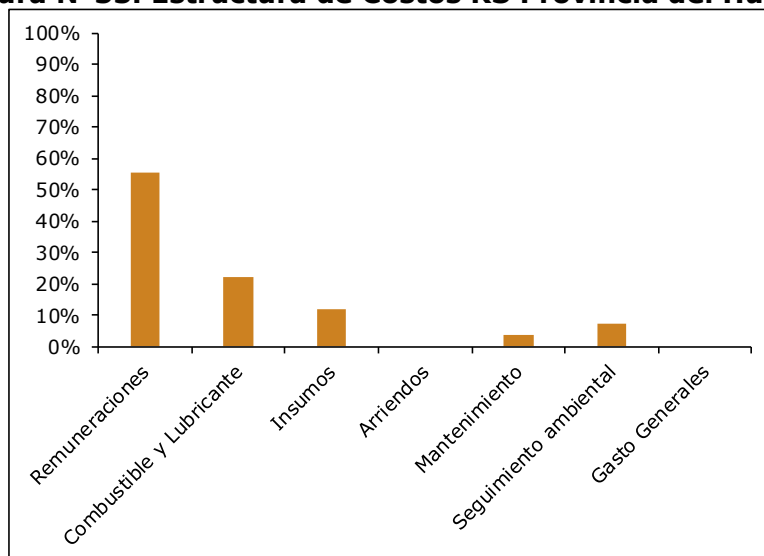
En las Figuras Figura N°32, Figura N°33, Figura N°34 y Figura N°35 se presenta la estructura de costos de cada RS.

**Figura N°32. Estructura de Costos
RS Arauco – Curanilahue**



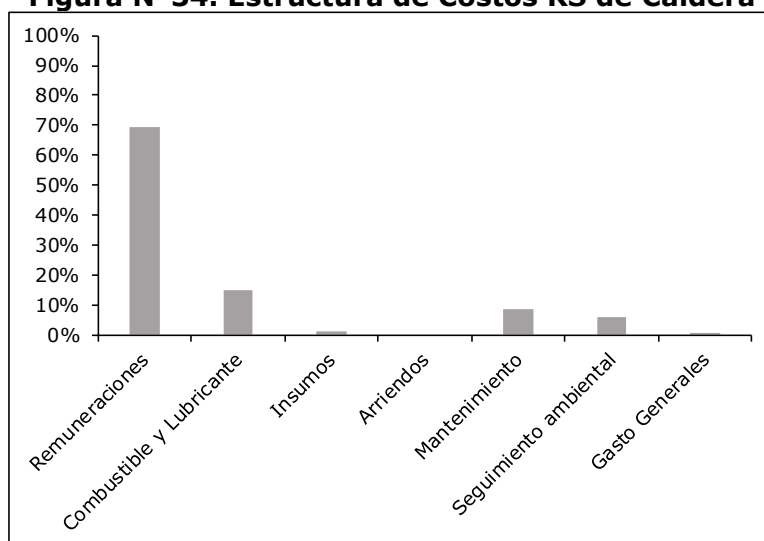
Fuente: Elaboración Propia

Figura N°33. Estructura de Costos RS Provincia del Huasco



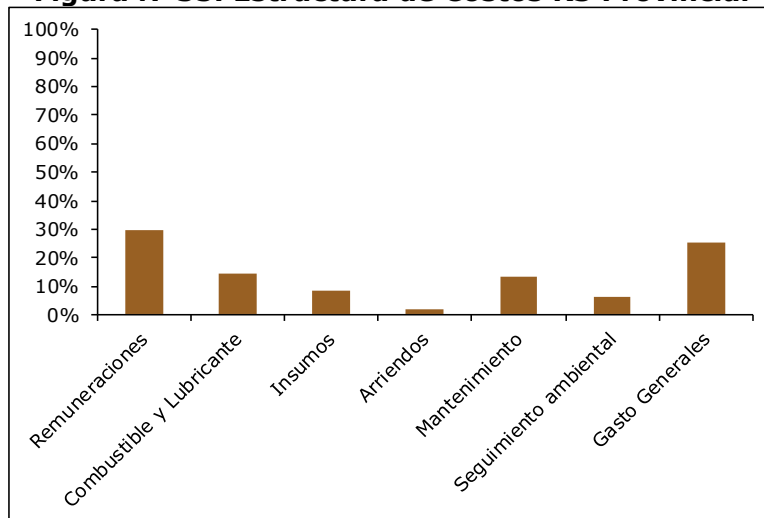
Fuente: Elaboración Propia

Figura N°34. Estructura de Costos RS de Caldera



Fuente: Elaboración Propia

Figura N°35. Estructura de Costos RS Provincial



Fuente: Elaboración Propia

IV. Análisis de Satisfacción Usuaría

En el presente capítulo se desarrolla un análisis de percepción, referido a la satisfacción que tienen los usuarios directos de cada RS, en relación a la calidad de servicio (administración) e instalaciones destinadas a la disposición de residuos.

Para cumplir con este objetivo, se realizó un levantamiento de información por medio de la aplicación de entrevistas semi estructuradas a los jefes de la operación y a administradores municipales de cada uno de los proyectos en análisis. Además, se realizaron focus group o entrevistas grupales a operarios (entendiendo por éstos a todos aquéllos que trabajan en el RS). Finalmente, para complementar la información anterior, se realizó una encuesta a una muestra de empresas atendidas por los RS en estudio.

Para el desarrollo del análisis se propuso la ejecución de las siguientes etapas:

- 1) Identificar a los actores que participan en la gestión de residuos sólidos y cómo se relaciona con cada proyecto, es decir, cuál es su rol en el proceso.
- 2) Identificar los objetivos y variables que se planificó impactar con la construcción de los proyectos de RS. En otras palabras, qué situación dio origen a los proyectos implementados y qué se esperaba que cambiara con su implementación.
- 3) Determinar un set de indicadores que midan estos cambios desde el punto de vista del usuario.
- 4) Elaborar instrumentos de recolección de información, esto es, cuestionarios y pautas de entrevistas y Focus Group. Los instrumentos deben ser concordados con y aprobados por la contraparte técnica.
- 5) Levantar la información de percepción de usuarios utilizando los instrumentos contruidos.
- 6) Analizar los resultados y elaborar un informe que entregue juicios evaluativos respecto a los ámbitos consultados y conclusiones útiles para la toma de decisiones.

Durante la realización de la primera etapa, se constata que el número de actores involucrados en el funcionamiento de cada RS en análisis son pocos:

- Arauco – Curanilahue: 7 personas;
- Caldera: 7 personas;

- Provincia del Huasco: 6 personas;
- Provincial: 20 personas en dos turnos.

Asimismo, se verifica que los usuarios directos que pueden tener una opinión específica sobre los RS son municipalidades, asociaciones de municipalidades, concesionarios (operadores de los RS) y empresas que dispongan en el RS.

A. Metodología de Levantamiento de Información

El trabajo en terreno consideró visitas a los 4 Rellenos Sanitarios analizados en este estudio.

En cada Relleno Sanitario se consultó a 3 perfiles de personas: Operarios, Jefes de Operación y Administradores Municipales. En terreno se constató que los perfiles varían un poco según la dependencia administrativa de los RS, no obstante, se mantuvieron estos perfiles para fines analíticos.

Se utilizaron 3 tipos de instrumentos de recolección de información:

- a) Focus Group: Entrevistas grupales a operarios, guiadas por un moderador, utilizando una pauta temática. La metodología de Focus Group exige un mínimo de participantes (típicamente entre 4 y 6, según la literatura) para que se den las interacciones deseadas. En dos casos (Caldera y Provincia de Huasco) no fue posible reunir a esta cantidad de operarios, puesto que el total de trabajadores en esta categoría es de 3 personas. De todas formas, se realizó la entrevista grupal, utilizando la misma pauta de preguntas, para recoger opiniones conjuntas de este estamento.
- b) Entrevistas Semi – estructuradas: Entrevista cara a cara a los jefes de operación y administradores municipales, realizada por un entrevistador utilizando un cuestionario guía.
- c) Encuestas:
 - i. Cuestionario en papel: con preguntas cerradas, para ser autoaplicado por personas de los 3 perfiles descritos. En terreno se explicó el contenido y las alternativas de respuesta que contemplaba la encuesta, para facilitar el llenado y la comprensión de las preguntas.

- ii. Cuestionario on – line con preguntas cerradas y abiertas para ser autoaplicado por representantes de empresas atendidas por los RS.

La Tabla N°89 muestra el número de participantes por RS para cada instrumento.

Tabla N°89. Número de personas Consultadas por Instrumento y RS

Perfil	Focus Group	Entrevista Semi-estructurada	Encuesta
Operarios	Arauco-Curanilahue: 5 Caldera: 3 Provincia de Huasco: 3 Provincial: 9		Arauco-Curanilahue: 5 Caldera: 3 Provincia de Huasco: 3 Provincial: 16
Jefe de Operación*		Arauco-Curanilahue: 1 Caldera: 2 Provincia de Huasco: 1 Provincial: 1	Arauco-Curanilahue: 1 Caldera: 2 Provincia de Huasco: 1 Provincial: 2
Administrador Municipal**		Arauco-Curanilahue: 1 Caldera: 1 Provincia de Huasco: 1 Provincial: 1	Arauco-Curanilahue: 1 Caldera: 1 Provincia de Huasco: 1 Provincial: 1
Empresas			Arauco-Curanilahue: 1 Caldera: 1 Provincia de Huasco: 2 Provincial: 2

Fuente: Elaboración Propia

***Se consideró también en esta categoría a actores que realizan labores de supervisión en los RS y que fueron entrevistados en conjunto con el(la) jefe(a) de operación.**

****Se dio este nombre genérico al supervisor municipal o de la asociación de municipalidades.**

Los instrumentos de recolección de información consultaron respecto a los siguientes temas:

- Elementos Contextuales:** Se consultó, entre otros, respecto al tiempo que llevan trabajando en el RS, jornadas o turnos de trabajo y ambiente laboral.
- Infraestructura y Equipamiento:** Se pidió la opinión de los entrevistados sobre el tamaño, tipo de construcción, distribución, conservación de las instalaciones, etc. También, se preguntó respecto a los instrumentos de trabajo, vestimenta y artículos de seguridad de los operarios.
- Proceso de Recolección de Residuos:** En este punto sólo se inquirió respecto a lo que les compete en relación con este proceso, puesto que los procesos de recolección y de disposición no siempre están integrados. Por eso, se consultó respecto a la frecuencia de llegada de camiones

recolectores y el cumplimiento de protocolos por parte del chofer y los recolectores cuando se encuentran en el RS.

- d) Proceso de Disposición Final de Residuos: se preguntó sobre los recursos humanos y físicos para realizar el proceso y las tareas de cada cual en el mismo.
- e) Territorio y Relación con la Comunidad: Se preguntó por elementos territoriales o climáticos que pudiesen incidir en el trabajo en el RS, y sobre el vínculo con la comunidad atendida por el RS.

El trabajo de campo fue realizado entre el 16 de octubre y el 5 de noviembre de 2019, en las dependencias de los respectivos RS.

En el Anexo N°33 se presentan las pautas de los instrumentos aplicados.

B. Consideraciones Iniciales Sobre el Trabajo en Terreno

Es necesario destacar algunas situaciones, de distinta índole, que influyen en los resultados que se muestran en el siguiente apartado:

- a) Los RS analizados son heterogéneos, presentando diferencias tales como su dependencia administrativa (operación privada o municipal), lo que se traduce en una gestión de los recursos (humanos, físicos y tiempo) diverso. Otra diferencia importante se relaciona con el número de operarios; cuando son equipos pequeños, existen problemáticas distintas. En tal sentido, si bien es posible encontrar puntos comunes, es importante recalcar que existen diferencias significativas en otros aspectos.
- b) El caso del RS Provincial es particular, puesto que al momento de realizar el estudio, los operarios se encontraban en conflicto con sus empleadores (administración). El conflicto se suscitaba específicamente por un bono correspondiente a una asignación para trabajadores de la basura. Esta situación fue transparentada en las respuestas entregadas tanto en el focus group, como en las encuestas (varios de ellos lo agregaron como nota en el formulario de la encuesta). Si bien temas relativos a las remuneraciones no eran consultados en el contexto de esta evaluación, de todas formas, influyen en los hallazgos del estudio y también son parte de la problemática general del RS.

- c) Como fue indicado a la contraparte técnica del estudio, el número de operarios, en algunos casos, era muy pequeño para realizar un focus group, respetando los elementos metodológicos de esta técnica. Se realizaron de todas formas, siguiendo la misma pauta de preguntas, pero se indica que constituyen más bien entrevistas grupales, en donde se dan interacciones más simples que en un focus group. Esto ocurrió en dos de los cuatro RS.

C. Análisis Temático

1. Ambiente de Trabajo y Relaciones Personales al Interior del RS

El ambiente de trabajo de los RS en estudio está acotado a grupos de trabajo pequeños, de no más de 7 personas, a excepción del RS Provincial, en el que interactúan dos turnos de, aproximadamente, 10 personas cada uno, lo que minimiza la posibilidad de conflicto. En general, los entrevistados declaran tener un buen ambiente laboral, donde el compañerismo es esencial para mantener una convivencia sana en el contexto de sectores aislados de centros urbanos y de contacto con otras personas.

A continuación se presentan algunos comentarios de los operarios de los RS:

"[El ambiente de trabajo] es bueno, porque tiene muchas cosas que en otros lados no hay, [...] el compañerismo. [Además,] trabajamos tranquilos [...]".

"El ambiente se lo hace uno. Buena comunicación y coordinación, [...] buen diálogo, eso nos ha ayudado a hacer un buen equipo".

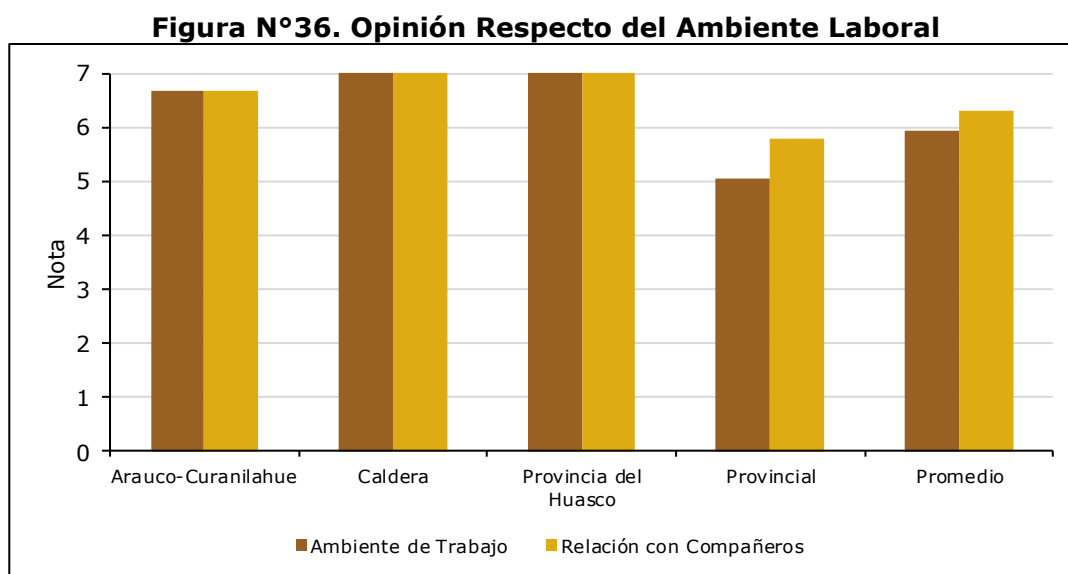
"El ambiente entre compañeros es bueno, porque somos tan poquitos [...] tratamos de llevar la fiesta en paz".

Si bien el trabajo en el RS es rutinario, algunos entrevistados ven esto como positivo en la medida que permite a cada uno saber exactamente cuál es su rol dentro del proceso, sin confusiones ni traslapes de funciones. Eso sí, existen opiniones en torno a que es un trabajo para personas mayores, que conocen el rubro y mantienen un compromiso con el trabajo. En general, dentro de los trabajadores más jóvenes se observa mayor rotación de personal que en las personas de mayor edad.

"Cada cual tiene su labor y no interfiere en la labor del otro".

(Operarios de Relleno Sanitario)

Como se observa en la Figura N°36, la opinión respecto del ambiente laboral está muy ligada a la relación con los compañeros de trabajo, registrándose una calificación promedio muy cercana a la nota máxima. La excepción es el RS de Provincial, que baja levemente el promedio, lo que se podría explicar por las circunstancias que se mencionan en las consideraciones iniciales, pero también, porque se trata de grupos más grandes de trabajo.



Fuente: Encuesta Satisfacción Usuaria Rellenos Sanitarios (oct – nov 2019)

Al consultar a las jefaturas respecto de su relación con sus subalternos, en general, declaran tener una buena relación. En Figura N°37 es posible observar que las calificaciones que ponen a este ítem se encuentran en el rango 6 a 7, con un promedio de 6,5.

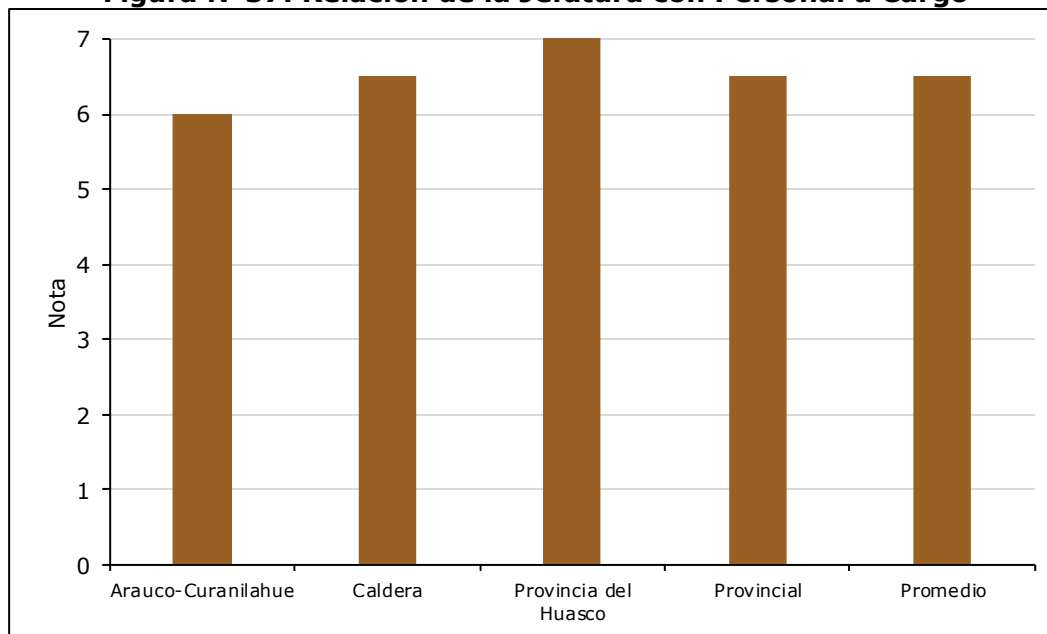
Las jefaturas opinan que tienen una relación vertical con los trabajadores del RS, y argumentan que así es como funciona este tipo de rubros (se infiere que se refieren a rubros donde son sólo hombres y mano de obra poco calificada). Independientemente de lo anterior, declaran tener buenos canales de comunicación y que mantienen relaciones cercanas con sus subordinados donde, por ejemplo, se celebran cumpleaños y otras festividades en conjunto.

"Nos apoyamos unos con otros. [...] Hay verticalidad, pero con democracia. Celebramos cumpleaños, por ejemplo".

(Jefe/a de Operarios de Relleno Sanitario)

Con respecto al análisis de género, se advierte que en estos RS trabajan casi exclusivamente hombres. Sin embargo, dos de los cuatro RS en análisis tienen una mujer en el cargo de jefatura y en otro tienen una mujer que se desempeña como secretaria. La totalidad de los operarios son hombres. Una de las jefas señala haber percibido resistencias de parte de algunos trabajadores inicialmente, pero que esta situación se fue solucionando en el tiempo con el trabajo conjunto.

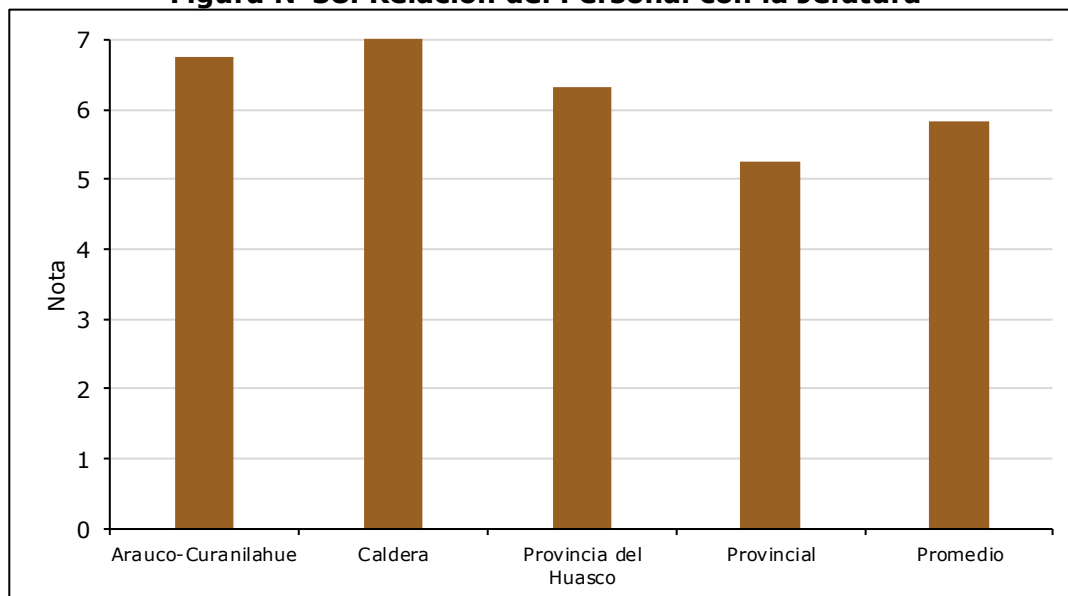
Figura N°37. Relación de la Jefatura con Personal a Cargo



Fuente: Encuesta Satisfacción Usuaria Rellenos Sanitarios (oct – nov 2019)

Inversamente, la percepción de los trabajadores respecto de sus jefaturas es, en promedio, positiva. Si bien todos los entrevistados declaran haber tenido algún conflicto laboral con su jefatura en algún momento, reconocen que sólo se ha circunscrito a temas relacionados al quehacer diario y no a problemas personales. En dos de los RS, sí recuerdan haber tenido conflictos en el ámbito personal con jefes anteriores. En la Figura N°38, se presentan las calificaciones obtenidas en este aspecto. Como se puede observar, en general se encuentran sobre 6, exceptuando el RS Provincial, que nuevamente se ve influenciado por el conflicto antes descrito, obteniendo una nota cercana a 5.

Figura N°38. Relación del Personal con la Jefatura



Fuente: Encuesta Satisfacción Usuaria Rellenos Sanitarios (oct – nov 2019)

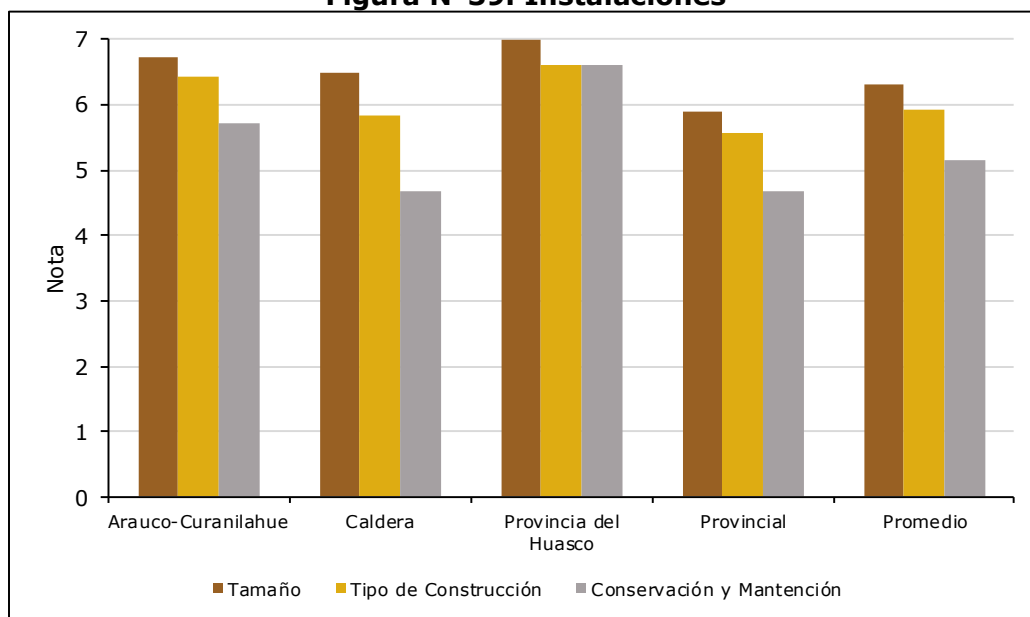
2. Instalaciones

En lo que se refiere a la infraestructura propiamente tal, en general, la opinión de los entrevistados es que es adecuada para realizar las tareas que se tienen que realizar en los RS. Se cuenta con oficinas con aire acondicionado, espacios comunes para el uso de todos los trabajadores, tales como, comedor, baños y duchas.

Como se observa en la Figura N°39, la percepción respecto al tamaño de las instalaciones es bastante estándar y no genera opiniones negativas. Por el contrario, en todos los RS, los entrevistados reconocen que tamaño y terreno donde se encuentra localizado el RS es adecuado y a distancias razonables de zonas pobladas, ni tan cerca que moleste a la comunidad, ni tan lejos que sea muy costoso el traslado de los residuos. Adicionalmente, los entrevistados que conocían el proyecto en su diseño, indican que, en el grueso, se ajusta al diseño original. Por esto, las calificaciones asignadas a este ítem se acercan a la nota máxima promediando un 6,3.

En lo relativo al tipo de construcción, hay cierta variabilidad en las opiniones, puesto que, si bien en general se trata de construcciones livianas, principalmente containers de distinta calidad y antigüedad, hay algunas que han presentado más deterioro. Por lo mismo, la evaluación de este aspecto está directamente vinculado a la conservación de los espacios y la inversión en mantención de éstos, lo cual se ve reflejado en una calificación promedio de mantención/conservación de las instalaciones de sólo un 5,1.

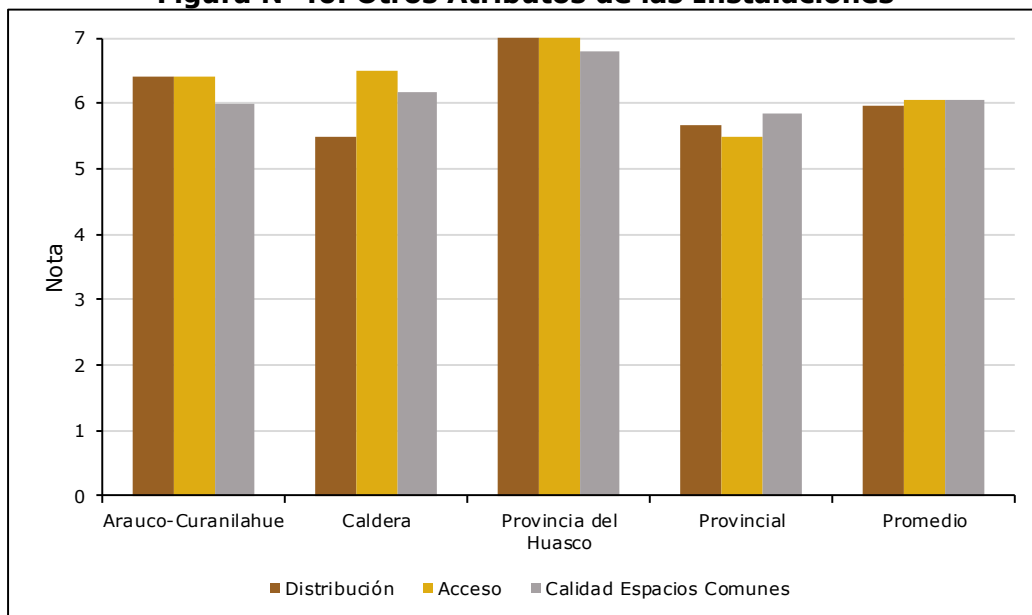
Figura N°39. Instalaciones



Fuente: Encuesta Satisfacción Usuaría Rellenos Sanitarios (oct – nov 2019)

Complementariamente a la información anterior, al preguntar por otros atributos de las instalaciones, como distribución, accesos y calidad de los espacios comunes, éstos tienden a estar mejor evaluados, calificados todos sobre 6,0 tal como se puede observar en la Figura N°40.

Figura N°40. Otros Atributos de las Instalaciones



Fuente: Encuesta Satisfacción Usuaria Rellenos Sanitarios (oct – nov 2019)

Al indagar con mayor profundidad sobre los aspectos anteriores, se identifican demandas particulares a cada RS como:

- a) RS Caldera: siendo un RS público, los entrevistados afirman que cuentan con mayores restricciones presupuestarias y dificultades para acceder oportunamente a recursos que les permitan realizar arreglos para mantener y conservar adecuadamente la infraestructura, afectada principalmente por el calor y el viento que desgastan las construcciones

Asimismo, los operarios advierten que se requiere un galpón (que supuestamente estaba contemplado en el diseño original) para guardar y cuidar de mejor manera maquinarias y vehículos.

En lo que refiere a la distribución de los espacios, si bien se construyó uno especial para el lavado de los camiones recolectores, para cumplir con la normativa, éste se instaló muy cerca del resto de las dependencias, en particular, del comedor, produciéndose la llegada de moscas a estos espacios comunes.

- b) RS Provincial: se identifica un problema en los caminos de acceso, que se debilitan mucho con las frecuentes lluvias de la zona. Asimismo, existe la necesidad de tener una caseta en el acceso, por ejemplo, para que esperen los recolectores cuando entra el camión a disponer la basura.

Adicionalmente, los operarios revelan que, si bien cuentan con baños y duchas, éstos presentan problemas de funcionamiento (habitualmente), producto de la falta de mantención.

- c) RS Provincia del Huasco: los entrevistados declaran no tener agua potable, ya que no han hecho funcionar el sistema (de bombas) que permita tener acceso al agua, para el consumo y para las duchas. Por lo anterior, existiendo duchas en buen estado y gas para calentar el agua, éstas no se utilizan por no contar con agua potable.
- d) RS Arauco-Curanilahue: si bien se considera que no existen grandes problemas de infraestructura, se mencionan como elementos a mejorar la posibilidad de techar y reubicar la zona de lavado, puesto que queda expuesta a las lluvias en el invierno y no está dispuesta dentro del circuito que debe recorrer el camión luego de disponer la basura; y, también, se piensa que los containers utilizados como oficinas pueden quedar chicos en el mediano plazo, dado el volumen creciente de papeles que se requiere almacenar en el contexto de la administración del RS.

3. Equipamiento para Operarios

En el caso del equipamiento de los operarios, se observa que las necesidades tienen que ver, principalmente con vestimenta y elementos de protección personal (EPP). En general no usan herramientas para realizar sus tareas, sino que, principalmente, maquinarias.

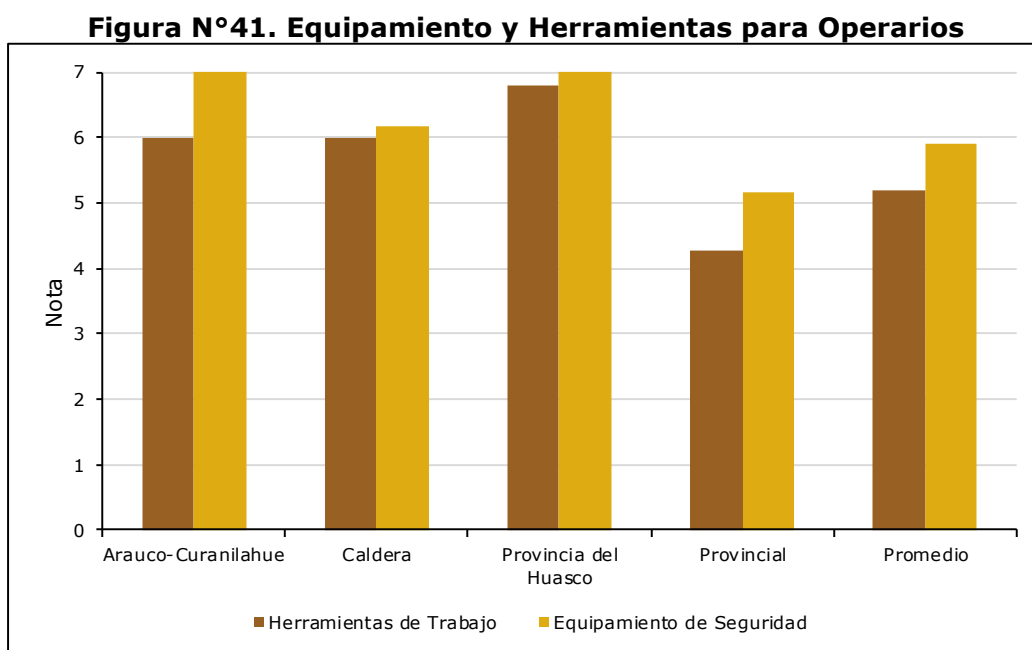
En todos los RS se entrega a los trabajadores, periódicamente, indumentaria para que realicen su trabajo. Esto incluye vestimenta para las distintas estaciones del año y condiciones climáticas y EPP para cumplir con las exigencias de la normativa laboral.

Los comentarios de los entrevistados apuntan específicamente a la calidad del vestuario que se les entrega. Señalan que si bien éste cumple con la normativa, la mayoría de las veces es muy básico por lo que se estropea fácilmente con el uso intensivo que se le da en el trabajo de los RS. Existe una queja generalizada, más intensa en unos que en otros, en cuanto el ahorro mal entendido de los administradores de los RS en este tipo de elementos.

Adicionalmente, en el RS de Caldera, se produce un segundo problema relacionado con la periodicidad de la entrega de la indumentaria, ya que ésta no es constante y, al parecer, topa en trámites administrativos del sector público.

Como se observa en la Figura N°41, este ítem no supera la nota 6 en promedio, influenciado a la baja por la situación del RS Provincial.

En lo que refiere a herramientas, la nota está fuertemente distorsionada porque se atribuye a las maquinarias, elemento que se analiza más adelante.



Fuente: Encuesta Satisfacción Usuaría Rellenos Sanitarios (oct – nov 2019)

4. Recolección de Residuos

El proceso de recolección de residuos se incluyó en el análisis a pesar de que no son temas de conocimiento directo de las personas consultadas. Por lo mismo, las consultas refieren exclusivamente a los puntos del proceso en los que se relaciona con la labor del RS. Incluso en el caso de Arauco – Curanilahue, en el que los procesos de recolección y disposición de residuos dependen de la misma empresa, éstos se tratan por separado, tienen contratos diferenciados y dependen operativamente de distintos equipos. Sólo el profesional que representa a la Asociación de Municipalidades pudo entregar mayor detalle respecto de este proceso.

En primer lugar, se preguntó sobre la calidad de los vehículos (camiones recolectores). En general, se trata de camiones en buen estado que realizan adecuadamente su

trabajo. No todos los encuestados se consideraron aptos para realizar este juicio en forma específica, pero existe consenso respecto a que funcionan adecuadamente. Sólo en Caldera se mencionó que al ser camiones municipales no se han renovado oportunamente por lo que presentan fallas habituales y las reparaciones son muy costosas.

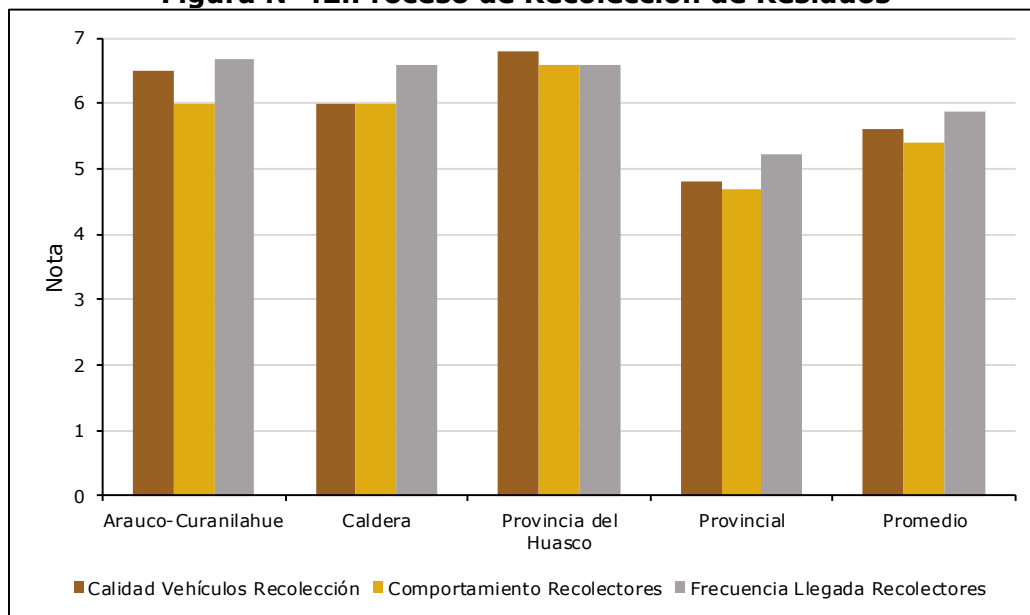
En segundo lugar, se inquirió respecto al comportamiento de los recolectores. En general, se han tenido que elaborar protocolos para el ingreso de los encargados de la recolección, con el objetivo de evitar accidentes dentro del recinto de cada RS. Algunos han optado por permitir el ingreso sólo al chofer, otros dejan entrar adicionalmente a un peoneta sin posibilidad de descender del camión. Independientemente de la solución implementada, gradualmente los encargados de la recolección han ido adaptándose progresivamente al cumplimiento de las normas existentes.

Si bien el contacto entre operarios del RS y los encargados de la recolección es muy limitado, todos declaran tener un trato cordial y de colaboración entre ambos equipos.

Por último, se preguntó acerca de la frecuencia de llegada de los camiones recolectores. En general, éstos ingresan al RS durante el horario de funcionamiento, lo que permite a todos realizar su labor oportunamente. Sin embargo, en ocasiones – y por razones que escapan al alcance de los encargados de la recolección – llegan camiones fuera de horario, quedando la basura descubierta hasta el día siguiente. Esto se ha minimizado, en algunos casos, extendiendo el horario atención, incluso agregando un turno de noche, como en el caso del RS Provincial. De todas formas, no parece ser un problema permanente y se atribuye principalmente a la estacionalidad en aquellos RS que atienden en zonas turísticas (como el caso de Caldera) y a la distancia en localidades que abarcan territorios más extensos (como el caso de Huasco y Provincial).

En la Figura N°42, se observa que no existe algún problema que destaque, siendo las calificaciones bastante altas, con la excepción de Provincial.

Figura N°42. Proceso de Recolección de Residuos



Fuente: Encuesta Satisfacción Usaria Rellenos Sanitarios (oct – nov 2019)

5. Disposición Final de Residuos

El proceso de disposición final de residuos es la principal labor de un RS, por lo tanto, es el área temática donde las personas consultadas opinan con mayor propiedad.

Este proceso depende fuertemente de dos factores: i) recursos humanos y ii) maquinaria. Se consultó sobre ambos factores a los entrevistados.

En primer lugar, los entrevistados afirman que cuentan con suficiente personal para hacer las tareas que se requieren. Sin embargo, en algunos RS, se identifica un problema relacionado con la inexistencia de reemplazos para algunos operarios de maquinaria. Por lo tanto, cuando se encuentra de vacaciones o con licencia médica, no hay personal que pueda cumplir sus labores, quedando incompleta la operación. Adicionalmente, explican que no sería fácil contratar reemplazos temporales para este tipo de trabajos.

Otro problema que se identifica en algunos casos, es la falta de “coleros” o “aculadores”, quienes cumplen la función de ordenar el ingreso de los vehículos que se dirigen a disponer los residuos en el frente de trabajo. Si bien es cierto que esta función no es imprescindible, consideran que organiza bastante bien el proceso; no obstante, al tratarse de trabajos que requieren mucho menos calificación, existe una mayor rotación y son reemplazados con mucho menor urgencia que el resto de los operarios.

Ante la consulta sobre la necesidad de capacitar a los trabajadores, todos concuerdan y valoran la posibilidad de capacitarse; sin embargo, no hay claridad en qué materias. Algunos mencionan la posibilidad de capacitar a más trabajadores en la operación de maquinarias y otros creen que se debería priorizar temas mecánicos para el diagnóstico y reparación de maquinarias. A pesar de la alta valoración mencionada, nadie es muy entusiasta en realizar acciones en esta línea; por un lado, a los administradores les encarecería la operación; por otro, los trabajadores no están dispuestos a realizarlo en horarios fuera del trabajo.

En segundo lugar, están las maquinarias utilizadas para realizar las distintas acciones que componen este proceso. Este recurso es crítico para la disposición de residuos y en él radican los principales problemas identificados. El trabajo en los distintos RS se puede realizar en la medida que se dispone de máquinas en buen estado para realizar las actividades de movimiento de tierra, compactación de residuos y su posterior cobertura. En general, los RS cuentan con maquinaria para realizar estas funciones, pero es muy frecuente que éstas fallen, deteniendo la operación. El caso más crítico es el RS de Caldera, que cuenta con máquinas antiguas a las que no se les hacen mantenciones oportunas. La administración reconoce que las mantenciones son correctivas más que preventivas. Esto ha detenido la operación hasta por 1 mes, con las consecuencias ambientales y de salubridad que esto significa para las comunidades aledañas.

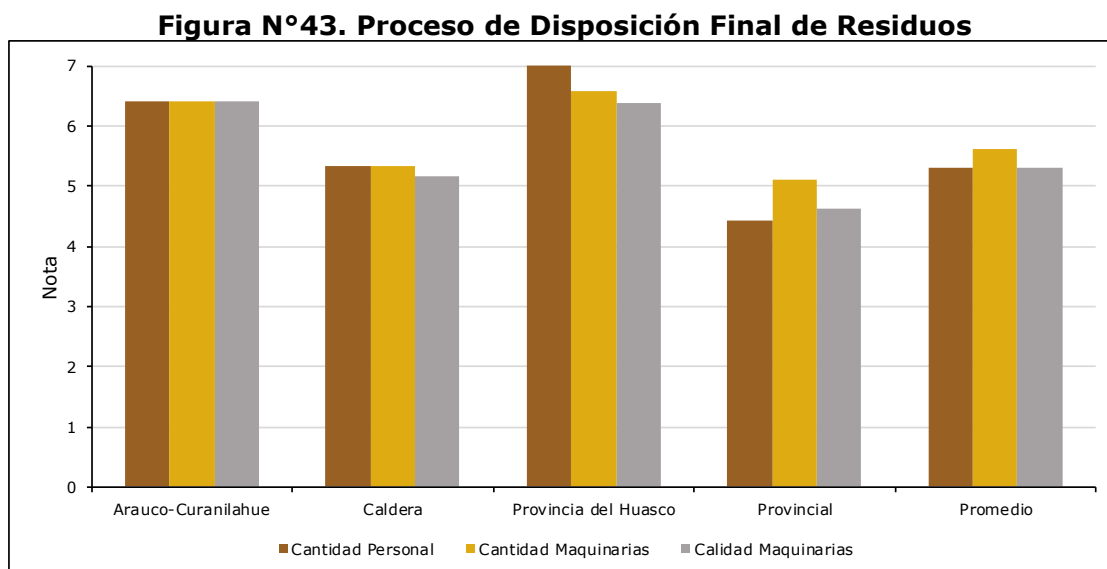
"Nosotros dependemos sobre el 90% del trabajo de la maquinaria. Tiene que estar 100% operativa los 365 días del año. Si falta, no se cumple con el trabajo, ni con la norma. Se acumula la basura y se produce un problema gigante: se llena de moscas".

(Jefe/a de Operarios de Relleno Sanitario)

Este problema es multifactorial, destacándose: i) las maquinarias tienen especificaciones referidas al uso específico que se les da en los RS; ii) tienen una vida útil limitada; iii) la intensidad de uso (horas funcionando) las afecta; iv) requieren mantención constante que no siempre se realiza con la frecuencia debida y no siempre es entregada por los proveedores que son expertos; v) puede existir mal uso o manipulación; vi) puede haber mayor desgaste si no son cuidadas adecuadamente (por ejemplo, guardarlas en un lugar cerrado o techado); entre otros factores.

Lo anterior, requiere de inversiones oportunas que no siempre se pueden realizar y/o los incentivos para ello pueden ser débiles.

Como se observa en la Figura N°43, estos aspectos son más críticos en el RS de Caldera, por las razones antes expuestas, y en el de Provincial, opinión que se ve influida por su situación particular.



Fuente: Encuesta Satisfacción Usuaria Rellenos Sanitarios (oct – nov 2019)

Por último, se indaga sobre la inclusión de proyectos de valorización y/o de reciclaje. Casi todos los entrevistados se muestran interesados en este tipo de iniciativas. Si bien para algunos es sólo una idea y para otros son proyectos en carpeta, existe la intención de avanzar hacia la separación de los residuos, reduciendo su disposición. Esto es medioambientalmente deseable, ya que incentiva la reutilización y la economía circular, pero también, alarga la vida útil de los RS lo que lo hace un proyecto atractivo.

6. Aspectos Territoriales y Climáticos

En referencia a los aspectos territoriales y climáticos, estos últimos aparecen como mucho más determinantes que los primeros.

Se hacen algunas menciones respecto a la lejanía de algunos territorios, en cuanto a la recolección de residuos, cuando los territorios atendidos son muy extensos. También, existen algunos de difícil acceso como, por ejemplo, áreas rurales o playas. Esto repercute en los RS, básicamente, por la frecuencia de llegada de los camiones recolectores, pero no impacta decisivamente en su operación.

Por su parte, el clima puede facilitar o dificultar la tarea de disposición de residuos. Se observa que las localidades del norte tienen condiciones ideales para estas acciones, al tratarse de un clima seco, no tienen problemas con la filtración de líquidos percolados,

al punto de declarar que no sería necesario impermeabilizar las zanjas (aunque lo tienen que hacer igual por normativa), y la generación de biogás.

En el caso del sur, las lluvias son un factor que dificultan tanto la compactación de residuos, como el tratamiento de los líquidos percolados, al llenar las piscinas con agua lluvia. En general, en estas localidades, tienen que elaborar estrategias para evitar desastres en este sentido. Asimismo, la lluvia destruye los caminos en el acceso y al interior del RS, que tienen que ser constantemente reparados. Todo esto encarece la operación de estos RS.

La consecuencia práctica del impacto de las condiciones climáticas sobre la operación del RS es que sería esperable que los costos de disposición por tonelada de residuos sólidos sean menores en la zona norte que en la zona sur, debido principalmente a la necesidad de contar con plantas de tratamiento de aguas servidas. Al respecto sería recomendable que el Ministerio de Desarrollo Social y Familia encargara un estudio al respecto, de tal suerte de disponer de valores referenciales que permitan mejorar la evaluación ex – ante de los proyectos de RS de acuerdo a su ubicación geográfica, más aun considerando que el enfoque de evaluación es costo-eficiencia, con la información recopilada en el presente estudio no es posible desarrollar este ejercicio.

7. Relación con la Comunidad

Se consulta respecto a la relación con las comunidades atendidas por el RS, es decir, las personas que viven en los territorios que cubre el servicio de disposición de los RS.

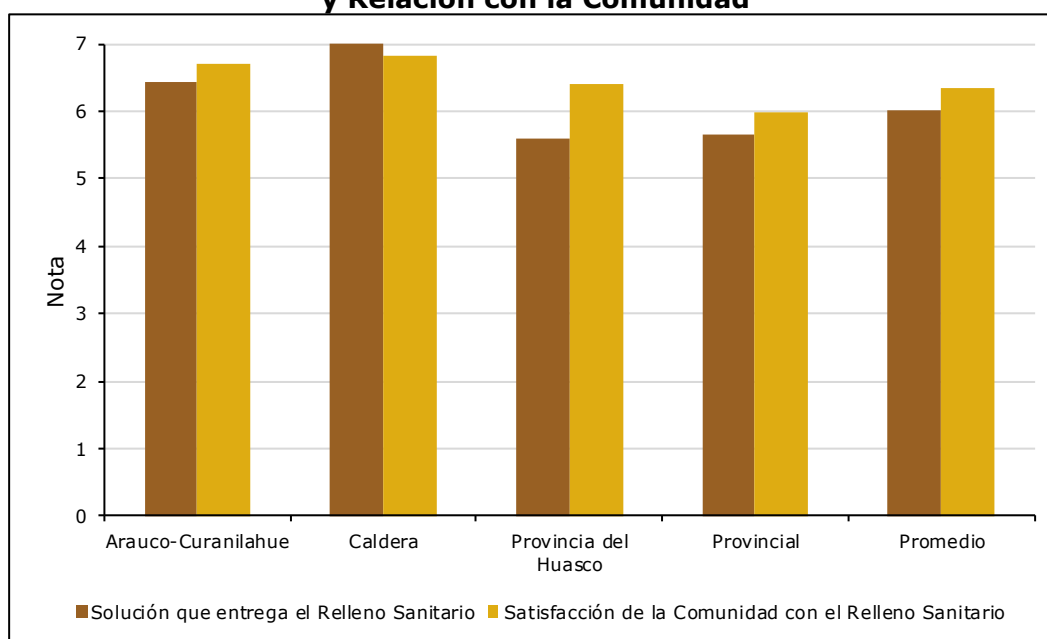
En primer lugar, se debe considerar que existe un gran desconocimiento por parte de la comunidad sobre el funcionamiento de los RS. Muchos todavía tienen una concepción más parecida a un vertedero que a la real naturaleza de un RS. Por lo anterior, los RS realizan acciones educativas, en las que invitan a juntas de vecinos, estudiantes escolares y universitarios, para explicar su funcionamiento. Incluso, la mayoría cuenta con espacios dedicados para realizar estas actividades (aulas educativas). No obstante lo anterior, la gran mayoría de los vecinos no tiene información suficiente para opinar sobre la operación y estándar de servicio que presta un RS.

Dicho esto, se les pregunta a los entrevistados y encuestados, su opinión sobre la solución que se da al problema de disposición de residuos en su territorio y su percepción sobre el nivel de satisfacción de la comunidad con respecto al servicio prestado por su RS. Con respecto a la primera pregunta, la mayoría opina que esta es la mejor solución

posible dado el estado del arte en estos temas hoy en nuestro país. Los más entendidos explican que medioambientalmente hablando existen mejores soluciones, pero que ésta es una solución mucho mejor a los vertederos y basurales que serían la alternativa hoy en día. En relación a la segunda pregunta, todos concuerdan que cuando conocen lo que hacen y cómo lo hacen quedan muy satisfechos, pero que si no tienen conocimiento de su labor, no tienen la misma opinión. Teniendo esto en consideración, los entrevistados califican la satisfacción de las personas con un promedio ponderado de 6,3; por sobre la solución entregada que alcanza un promedio ponderado de 6,0 como muestra en la Figura N°44.

Es importante recalcar, que ésta no es la calificación directa de la comunidad, sino que la opinión de los entrevistados sobre lo que según ellos es la satisfacción de la comunidad respecto del servicio prestado por el RS. Este dato será complementado con la opinión de empresas atendidas por el RS, quienes son usuarios directos de los RS.

Figura N°44. Solución Problemática de Disposición de Residuos y Relación con la Comunidad



Fuente: Encuesta Satisfacción Usuaria Rellenos Sanitarios (oct – nov 2019)

Si bien estas opiniones son generales, independiente del RS consultado, existen algunas particularidades que pueden afectar la visión de la comunidad respecto de los RS. Por ejemplo, en el caso del RS de la Provincia del Huasco, las personas piensan que el cobro es muy elevado, entonces muchas veces prefieren botar su basura en el bosque, antes de llegar al RS. Esta percepción de enfrentar un servicio muy caro, podría afectar el nivel

de satisfacción con el mismo. Sin embargo, cuando desmitifican este punto, la comunidad tiene una muy buena percepción del RS.

Tanto en el RS de Caldera, como en el de Arauco – Curanilahue, se habla también de la generación de basurales ilegales o clandestinos, por parte de privados que no llegan al RS, ya sea por distancia o por no querer pagar (por muy baja que sea la tarifa) y dejan sus residuos en el camino. Si bien esto responde a costumbres y prácticas arraigadas en la cultura nacional, también pueden afectar la percepción de las personas respecto de la efectividad del RS.

Por su parte, en el caso del RS Provincial han tenido más problemas con la comunidad. En particular, tuvieron algunas demandas de vecinos, acusaciones de contaminación y daño ambiental, que resultaron en una fiscalización por parte de la Superintendencia de Medio Ambiente. Si bien el RS fue multado, no fue por temas medioambientales, sino que por transgresiones menores (un cerco roto, por ejemplo). Según declaran los entrevistados, este tipo de eventos no se han repetido, manteniendo al día de hoy una buena relación con las comunidades aledañas; sin embargo, creen que aún puede afectar la percepción que los vecinos tienen respecto del RS.

D. Encuesta a Empresas

Tal como se fue mencionado precedentemente, se aplicó una encuesta a empresas que disponen sus residuos en los RS en análisis. En consulta con los encargados de estos RS se confeccionó un listado de empresas a las que se les presta servicios de disposición de residuos. Este listado se constituyó en una muestra dirigida, no representativa, de empresas a encuestar para identificar, exploratoriamente, posibles problemas que enfrentan las empresas al acceder a este servicio.

Para lo anterior, se confeccionó un cuestionario relativo a la percepción de los representantes de las empresas respecto de la calidad del servicio de disposición de residuos prestado por el respectivo RS. Dicho cuestionario se envió por correo electrónico a un total de 13 empresas, respondiendo 6 de ellas.

De las respuestas recibidas, se desprende que:

- Las empresas disponen residuos de producción asimilables a residuos domiciliarios.

- El precio que se les cobra va desde los \$19.000 a los \$33.000 por tonelada, dependiendo del RS.
- El servicio de los RS, en general, es percibido como muy satisfactorio, calificando las afirmaciones "El servicio prestado por el Relleno Sanitario a la empresa es satisfactorio" y "Recomendaría los servicios de disposición de residuos de este Relleno Sanitario a las empresas de la Región." con las categorías Muy de Acuerdo y Totalmente de Acuerdo, respectivamente.
- En particular, la infraestructura es calificada en la mayoría de los casos con la categoría máxima.
- Luego, un poco más abajo, pero aún en las categorías positivas se encuentra el tiempo de atención.
- Si bien existe mayor variabilidad, se evalúa un poco menos positivo la facilidad para obtener el permiso requerido por la municipalidad para disponer los residuos en los respectivos RS.
- Lo mismo ocurre cuando se pregunta por cuán expedito es el trámite solicitado para disponer los residuos de la empresa. Aunque en este caso, el RS de Arauco – Curanilahue tiene una calificación bastante menor.
- En la misma situación se encuentra el RS Arauco – Curanilahue cuando se pregunta por cuán simple es el mecanismo de pago del servicio. Esto se reitera en las preguntas abiertas donde se recomienda "Mejorar el sistema de cobro y pago".
- Todos los encuestados consideran coincidentemente que el precio que se les cobra no se ajusta al precio de mercado. En las preguntas abiertas, esto también se ve reflejado, donde se opina que *"El valor que pagamos creemos que es excesivo, ya que también hay que asumir el costo del flete desde nuestras instalaciones al relleno sanitario, siendo nuestros residuos no contaminantes ni peligrosos y tampoco contiene líquidos de ninguna especie"*.
- Otros comentarios y recomendaciones recogidos son los siguientes:
 - *"Abrir el relleno para todo rubro (es solo de uso municipal)"*.

- *"Permitir disposición otro tipo de residuos ya que en la comuna no existen lugares donde disponer los escombros generados en trabajos de construcción".*
- *"Para asegurar el ingreso anual se debería generar un contrato".*
- *"Reparar caminos interiores y lugar de disposición para no pasar por encima de la basura".*
- *"[Mejorar] Los tiempos de espera para la atención, el valor de la disposición final".*

Cabe mencionar que estos resultados deben interpretarse con cautela y sólo como ejemplos de lo que puede constituir la percepción de las empresas, considerando que se trata de la respuesta parcial de una muestra muy pequeña y no estadísticamente representativa de éstas.

V. Evaluación Modelo de Gestión

En el presente capítulo se revisa el modelo de gestión de residuos – y sus procesos internos – implementado en cada uno de los RS, analizando aspectos determinantes como: tipo de organización, recursos humanos, equipos y equipamiento instalados, costos y servicios entregados, entre otros, con la finalidad de extraer lecciones que permitan mejorar la gestión y operación de futuros proyectos de Residuos Sólidos.

El análisis se ha realizado siguiendo dos tipos de métodos de comparación: i) las listas de verificación y ii) el aporte de metas, siendo este último medido a partir de indicadores (adaptación de metodología de referencia)⁵⁹. La evaluación permitió hacer un análisis comparativo entre la situación ex – ante y la situación ex – post de cada proyecto en análisis, en los aspectos técnico – gestión, social, ambiental y económico.

El análisis se ha estructurado de la siguiente manera para cada RS:

- Estrategia de Gestión
- Proceso de Gestión y Funcionamiento Interno
- Grupos de Interés
- Funcionamiento de Recursos Humanos
- Capacidad Instalada
- Programa Arquitectónico
- Análisis Gestión General, evalúa el desempeño general del RS en análisis.

Finalmente, el capítulo concluye con un análisis comparativo entre los proyectos en análisis y conclusiones asociadas.

⁵⁹ J. F. Pacheco y E. Contreras, "Manual Metodológico de Evaluación Multicriterio Para Programas y Proyectos," Santiago de Chile, 2008

A. Metodología para la Evaluación Ex – Post de los Modelos de Gestión de cada Recinto

Con el objetivo de evaluar el modelo de gestión implementado en cada uno de los proyectos en estudio, se analiza cada proceso involucrado en cuatro dimensiones:

- Técnico – Gestión.
- Ambiental.
- Social.
- Económico

Esta metodología se basa en la construcción de indicadores que permitan determinar el grado de cumplimiento del modelo de gestión comprometido ex – ante. Estos indicadores se basan en información real recopilada durante la campaña de terreno e información ex – ante (preinversión) entregada por la contraparte técnica del estudio.

Como se mencionó en la introducción, esta metodología de análisis utiliza una combinación de dos métodos a saber:

- 1) *Listas de verificación*: permite juzgar en forma sencilla y rápida si los proyectos cumplen o no con los objetivos establecidos en la evaluación ex – ante.
- 2) *Aporte de metas*: permite obtener una estimación del avance porcentual en relación con el desempeño de cada proyecto⁶⁰.

La metodología propuesta permite realizar dos tipos de análisis: i) individual y ii) comparativo. El primero mide el nivel de cumplimiento de cada iniciativa de inversión con lo comprometido ex – ante. El segundo se enfoca en la comparación de los modelos de gestión implementados en cada una de las iniciativas en análisis.

Cada indicador propuesto posee su propia métrica; sin embargo, todos ellos se encuentran circunscritos a tres niveles de cumplimiento o tipos de desempeño: bueno, regular y deficiente, tal como se presenta en la Tabla N°90.

⁶⁰ J. F. Pacheco y E. Contreras, "Manual Metodológico de Evaluación Multicriterio Para Programas y Proyectos," Santiago de Chile, 2008

Tabla N°90. Semáforos

Bueno	
Regular	
Deficiente	

Fuente: Elaboración Propia

Esta estandarización permite determinar el nivel de cumplimiento agregado de cada iniciativa, como también el análisis particular de cada indicador.

Se definieron 27 indicadores en total (cuantitativos y cualitativos), en las 4 dimensiones mencionadas precedentemente.

Cabe destacar que la metodología para la evaluación con indicadores es una adaptación basada en la *"Guía Metodológica para Ciudades Emergentes y Sostenibles del BID"*⁶¹.

La métrica de los indicadores técnico – gestión y ambiental, se basa en bibliografía disponible en el área de la ingeniería ambiental y la gestión de residuos, así como valores propuestos con base en la experiencia del equipo consultor. En el caso de los indicadores sociales de naturaleza más cualitativa, éstos intentan plasmar las respuestas obtenidas a partir de las entrevistas realizadas en terreno a los encargados de los proyectos. Por último, en relación a los indicadores económicos, se utilizó la misma métrica del Capítulo III.

Los indicadores por evaluar, nombre, unidad y valores utilizados como referencia, se encuentran detallados en el Anexo N°34, y su descripción conceptual detallada en el Anexo N°35.

B. Información de Base, Información de Terreno, Listas de Verificación e Indicadores

Para la correcta realización de la evaluación ex – post de los modelos de gestión implementados en cada una de las iniciativas en estudio, fue necesario recopilar información de base y de terreno de cada una de ellas. Para lograr este objetivo se realizaron las siguientes actividades:

- 1) Revisión de Informe Técnico – Económico ex – ante y respaldos (preinversión), entregados por la contraparte técnica del estudio.

⁶¹ BID-Banco Interamericano de Desarrollo, "Guía Metodológica. Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles. Anexo de Indicadores," 2016, https://lab.fundacionypf.org.ar/Paginas/Documentos/Guia_Metodologica.pdf

- 2) Revisión de las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) y/o Estudios de Impacto Ambiental (EIA), así como las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA) de cada iniciativa. Asimismo, se hizo una revisión en la página web de la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA)⁶², para complementar la evaluación de los indicadores ambientales.
- 3) Preparación de listas de verificación (con base al Resultado Esperado N°4 de las Bases Técnicas y la Propuesta Técnica de estos consultores) aplicadas a administradores y jefe de operaciones de cada proyecto, durante la campaña de terreno.
- 4) Solicitud de información adicional a administradores y jefe de operaciones de cada proyecto, recopilada durante la campaña de terreno.
- 5) Preparación de indicadores a partir de información disponible (bibliográfica y de terreno), y que permitiese hacer la comparación para cada uno de los proyectos.

C. Relleno Sanitario Arauco – Curanilahue

1. Estrategia de Gestión

Como ha sido señalado anteriormente, el RS de Arauco – Curanilahue (en adelante el RS) se encuentra ubicado en la Región del Bío – Bío, en la Provincia de Arauco.

Este es un proyecto mancomunado diseñado para recepcionar y disponer residuos sólidos domiciliarios y asimilables (RSDyA) generados en las comunas de Arauco y Curanilahue, para una población (proyección al año 2019) de 68.678⁶³ personas, con una recolección estimada de 69⁶⁴ Ton/día. El RS cuenta con una capacidad total máxima de 660.000⁶⁵ toneladas (Ton) considerando una vida útil de 20 años.

Es una concesión mixta, siendo propietarios del terreno las Municipalidades de Arauco y Curanilahue y estando a cargo de su operación la empresa privada KDM S.A. En la Tabla N°91 se ofrece información general del RS.

⁶² <http://snifa.sma.gob.cl/v2/>

⁶³ De acuerdo a Evaluación Ex – Ante. En la evaluación Ex – Post se proyectó una población atendida de 62.736 personas (para el año 2019).

⁶⁴ De acuerdo a Evaluación Ex – Ante. La cantidad actual de acuerdo a registros de terreno provistos por el RS Arauco – Curanilahue son 67 Ton/día.

⁶⁵ De acuerdo Evaluación Ex – Ante.

Tabla N°91. Información General del Relleno Sanitario Arauco - Curanilahue

Concepto	Descripción
Nombre del sitio	Relleno Sanitario Arauco - Curanilahue
Clasificación	Relleno sanitario
N° RCA	161/2003
Ubicación - Región	Región del Bio-Bio
Ubicación - Comuna	Curanilahue
Coordenadas UTM N	5.850.872
Coordenadas UTM E	113.539
Tipo de concesión	Mixta
Propietario	Municipalidades de Arauco y Curanilahue
Operador	KDM S.A
Inicio operaciones	1º de julio de 2015
Comunas que disponen	Arauco; Curanilahue
Población Total atendida (al año 2019)	68.678
Vida útil (años)	20
Año cierre previsto	2035
Toneladas totales al año de cierre	660.000
Ubicación del sitio (desde límite urbano)	Curanilahue: 5 km; Arauco: 28km

Fuente: Elaboración Propia

El emplazamiento del RS se encuentra a una distancia aproximada de 2 km de la Ruta 160, conectada a través de un camino en buenas condiciones para el acceso de los camiones recolectores. Las distancias aproximadas desde Curanilahue y Arauco hacia el RS son de 5 y 28 km respectivamente.

En lo que respecta a la recolección de residuos, éstos actualmente cuentan con una cobertura del 100% en las zonas urbanas de Arauco y Curanilahue, con una frecuencia de al menos 2 a 5 veces⁶⁶ por semana. En zonas rurales se procura cubrir casi toda la población, con una frecuencia de 1 a 2 veces por semana. De acuerdo a información ex – ante⁶⁷, la cobertura es de 81,23% y 94,4% en Arauco y Curanilahue respectivamente. Para la evaluación, se ha promediado esta última cifra, dando como resultado 88%⁶⁸.

En la Tabla N°92 se presenta un conjunto de indicadores (6) que buscan medir el desempeño de la estrategia de gestión implementada en este RS. Todos ellos pertenecen a la dimensión técnico – gestión. Los indicadores I-1 a I-3 permiten medir el desempeño en el componente “recolección” y del I-4 al I-6 el componente “disposición final”. Para mayor detalle véase Anexos N°34 y N°35.

⁶⁶ De acuerdo a información recopilada en terreno: “En el centro pasa diario, en los otros sectores pasa 3 veces por semana, incluido los rurales. Los más alejados, 1 vez por semana. En el borde costero, que tiene una distancia aproximada de 42 km, se recolecta con una frecuencia de 2 días por semana”.

⁶⁷ En el Estudio de Impacto Ambiental (EIA)

⁶⁸ Tanto en la Tabla N°92 como en la Figura N°45, se coloca este valor ya que no se cuenta con el ex – post exacto.

Como se observa, el indicador "Distancia Desde el Límite Urbano Hacia el RS" (I-5), se ha evaluado con desempeño regular, debido a que se encuentra a una distancia considerable de Arauco, pudiendo eventualmente considerar la localización de una estación de transferencia, previa evaluación socioeconómica.

**Tabla N°92. Evaluación de la Estrategia de Gestión del Relleno Sanitario
Arauco – Curanilahue***

ID	Ámbito Indicador	Unidad	Ex - Ante	Ex - Post	VI	Var	
I-1	Cobertura de recolección	%	88%	88%	≥ 90	0%	!
I-2	Toneladas de Residuos sólidos recolectados	Ton/día	69	67	≤ 20%	-3%	✓
I-3	Frecuencia de recolección	Días por semana	2 y 3	2 y 5	Entre 2 y 5		✓
I-4	Población atendida	Número	68.678	62.736	≤ 20%	-9%	✓
I-5	Distancia desde el límite urbano hacia el RS	Km	5 y 28	5 y 28	> 16 y ≤ 29		!
I-6	Accesibilidad	Buena/Regular/Malo	Buena	Buena	Buena		✓

Fuente: Elaboración Propia

***ID: Identificador; VI: Valor del Indicador; S: Semáforo**

Se puede concluir que la estrategia de gestión implementada cumple adecuadamente con los estándares esperados ex – ante en 4 de los 6 indicadores calificados con buen desempeño. Sin embargo, en dos indicadores la calificación sólo es regular, uno de los cuales se refiere a cobertura de recolección.

2. Proceso de Gestión y Funcionamiento Interno

El proyecto consiste en un RS de tipo superficial, que contempla las siguientes obras físicas, superficies, acciones y controles (incluyendo los ambientales):

1) Obras físicas

- Edificación con fines de control, administración e instalaciones para el personal, con servicios higiénicos y duchas.
- Sistema de impermeabilización y captación de líquidos percolados.
- Planta de Tratamiento de líquidos percolados.
- Instalaciones para la evacuación de gas (biogás generado a partir de la descomposición de los residuos).
- Cierre Perimetral.
- Área de lavado de vehículos.

- Romana de pesaje de camiones.
- Infraestructura e instalaciones anexas.

2) *Superficies*: La superficie total del predio es de 13,5 há, distribuidas de acuerdo con el detalle que se presenta en la Tabla N°93.

Tabla N°93. Superficies del RS Arauco Curanilahue

Sectores	Unidad	Superficie
Sector de entrada con edificación	m ²	1.000
Camino perimetral	m ²	6.500
Área de disposición final	m ²	73.000
Planta de tratamiento de líquidos percolados	m ²	3.500
Corta fuego	m ²	15.500
Otras áreas (zona de lavado de camiones, zona para futura cancha de compostaje y/o centro de acopio material reciclable)	m ²	35.500
Total	m²	135.000

Fuente: Proyecto Construcción Relleno Sanitario Arauco – Curanilahue, Código BIP: 30073438-0.

3) *Acciones*

- Recepción y control visual de la carga.
- Pesaje de volúmenes y registro automático de los residuos sólidos.
- Descarga de los residuos en sectores asignados.
- Compactación.
- Recubrimiento diario.
- Lavado de camiones⁶⁹.
- Administración, planificación, control y mantención de las instalaciones.

La Figura N°45 muestra el proceso de gestión de residuos, desde su recolección hasta su disposición final, detallando los límites de cada sistema y sus componentes.

⁶⁹Cabe destacar que en el proceso de lavado se utiliza detergente y aromatizante de manera de eliminar malos olores, debido a la recolección que se hace en zona pesquera. Esto beneficia directamente a los operadores de los camiones recolectores y a la población en general. Esta información fue recabada en visita a terreno.

4) *Controles y mantenciones*

Los controles operacionales especificados en el estudio ex – ante, son los siguientes⁷⁰:

- Control visual y pesaje en báscula de la carga que ingresa al RS.
- Control de ingreso de la carga (en software computacional de registro)
- Control de la operación del RS.

En relación a los controles ambientales, éstos se relacionan con el monitoreo de los componentes ambientales comprometidos en la RCA (Nº161/2003) del RS Arauco – Curanilahue, siendo éstos:

- Calidad y cantidad de líquidos percolados.
- Agua superficial.
- Agua sub – superficial.
- Asentamientos.
- Sistemas de drenaje.

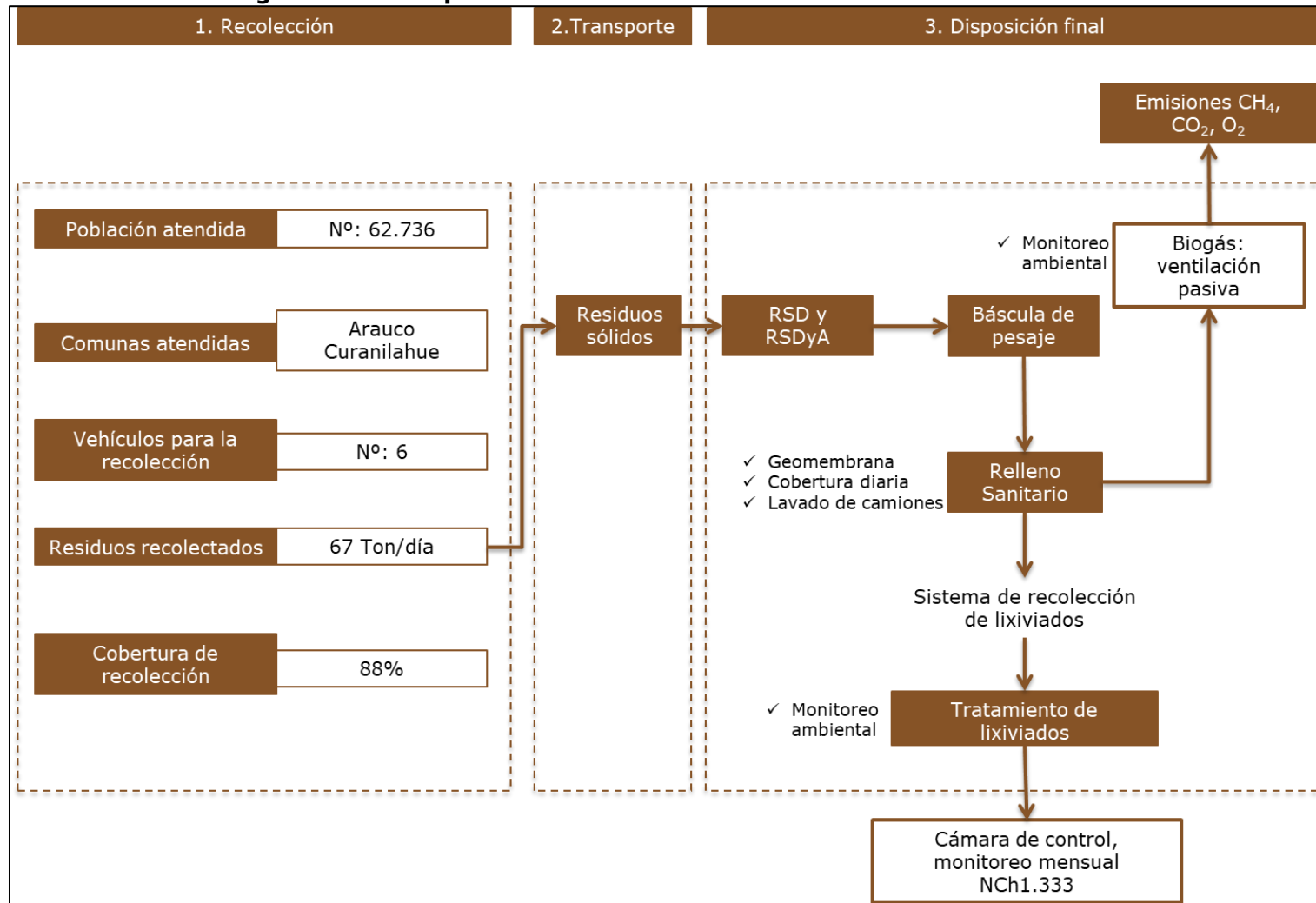
En la Tabla Nº94 se presenta la frecuencia de monitoreo y parámetros específicos para cada uno de los controles mencionados anteriormente. Asimismo, de acuerdo a la información de su RCA, el titular debe enviar informes semestrales de estos Planes de Monitoreo a la autoridad ambiental.

Por último, se debe mencionar que de acuerdo a la información recabada durante la visita a terreno, se realizan mantenciones y calibraciones semestrales a la báscula de pesaje.

Con base a la información levantada en terreno, las mantenciones a la maquinaria son realizadas en el mismo RS, de carácter preventivo, cada 250 a 300 horas. La mantención correctiva se realiza cuando la maquinaria presenta fallas que impiden su correcto funcionamiento.

⁷⁰ Controles realizados directamente en las instalaciones.

Figura N°45. Esquema Proceso de Gestión RS Arauco - Curanilahue



Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la Figura N°45, una vez que los camiones recolectores llegan al RS son individualizados y pesados en báscula registrando su tonelaje, identificación del camión, tipo de residuos que transportan y procedencia, entre otras cosas. Posteriormente, el chofer del camión recolector se dirige al frente de trabajo en donde dispone la totalidad de los residuos que transporta. Luego se dirige a la zona de lavado donde se le aplica agua con detergente y aromatizante a la tolva y chasis del camión, con el objetivo de resguardar las condiciones de salubridad de la tripulación del camión y de las zonas donde realiza la recolección. Una vez que el proceso de lavado finaliza el camión se dirige hacia la salida del RS donde es pesado nuevamente, obteniendo por diferencia el tonelaje de residuos dispuestos en la pasada y finalmente se retira del RS. Por su parte, en el frente de trabajo, una vez que el camión ha dispuesto los residuos comienza el proceso de compactación y cobertura de éstos, para lo cual se utiliza la maquinaria disponible en el RS, actividad que se realiza por cada camión que dispone en el frente de trabajo. La cobertura se realiza con material disponible en el RS, lo que permite la aislación de los residuos depositados con el medio ambiente, resguardando la proliferación de vectores, y olores asociados a la descomposición de la materia orgánica.

Por su parte, aguas lluvias y líquidos percolados producidos por el RS son conducidos gravitacionalmente a la Planta de Tratamiento de Lixiviados (PTL) del RS, operada por dos funcionarios. El proceso de tratamiento comienza con la acumulación de las aguas en una piscina de decantación, en la que por medio de un proceso físico – químico se separan sólidos gruesos de finos para luego homogenizar el agua⁷¹. Posteriormente, el agua pasa a una piscina de aireación donde mediante un proceso biológico con bacterias se separa el agua de lodos y sedimentos. Una vez realizado este proceso el agua pasa a una piscina lacustre para un último tratamiento a través de vegetación acuática. Finalmente, el agua pasa a una laguna de infiltración (no impermeabilizada) en la que el agua permea el terreno y vuelve a la napa.

⁷¹ Dado que aguas lluvias y líquidos percolados provienen de distintos puntos del RS poseen diferentes componentes, por lo que es necesario dejarlas a un mismo nivel de composición.

Tabla N°94. Monitoreo de los Componentes Ambientales Adquiridos en la RCA del RS Arauco – Curanilahue

Componente	Monitoreos	Frecuencia	Parámetros
Calidad y cantidad de los líquidos percolados*	Cámara de control (salida de la Planta de Tratamiento)	Mensual	NCh 1.333 (Caudal y pH: 4 muestras/mes)
Agua superficial	Área de influencia directa del proyecto. Punto B: Llegada de la quebradilla; y Punto C: Al área norte del proyecto.	Trimestral	Control (pH, Temp., Aceites y grasas, DQO, Plomo, Conductividad, etc) y contingencia (NCh 1.333 y otros)
Agua sub-superficial	Área de influencia directa del proyecto. Punto A: Aguas arriba del proyecto y Punto D: Aguas abajo. Ambos en un pozo que se construirá especialmente para el monitoreo.	Trimestral: 4 muestras al año en Punto D	Control (pH, Temp., Aceites y grasas, DQO, Plomo, Conductividad, etc) y contingencia (NCh 1.333 y otros)
Asentamientos	Monitoreo a los asentamientos de la superficie del relleno y del dique perimetral, considerando: Alturas, pendientes y eventual formación de grietas.	Cada 6 meses durante operación, cada 3 años después del cierre y después de sismos	Asentamientos: Alturas, pendientes y eventual formación de grietas.
Sistema de drenaje	Sistema de drenaje, inspeccionando tuberías y canaletas en referencia: taponamientos y depositaciones.	Semanal	Cámaras de inspección y control a lo largo de la tubería, en forma visual o mediante cámaras de video.

Fuente: Resolución de Calificación Ambiental N°161/2003 del Proyecto Arauco – Curanilahue.

***Serán utilizados para el riego de especies forestales. El efluente no será descargado en cuerpos de agua superficial.**

En la Tabla N°95 se presenta el conjunto de indicadores utilizados para evaluar el desempeño del "*Proceso de Gestión y Funcionamiento Interno*" implementado en el RS de Arauco – Curanilahue. Los indicadores utilizados pertenecen a la dimensión técnico – gestión, componente "disposición final", excepto el I-18 e I-19, que miden el desempeño en la dimensión "ambiental". Para mayor detalle véase Anexo N°34 y N°35.

Es así como se puede observar que los resultados en esta materia son positivos, con ocho (8) indicadores con desempeño bueno y cinco (5) con desempeño regular.

A continuación se hará un análisis de cada uno de los indicadores utilizados para evaluar este ámbito.

El indicador "Capacidad Aumentada de la Disposición Final⁷²" (I-7) se obtuvo con base a información ex – ante proyectada al año 2019, comparada con la situación ex – post obtenida de los registros de ingreso de los RSDyA al RS de Arauco – Curanilahue, registrando una diferencia de (-19%). Este indicador se encuentra directamente relacionado con el indicador "Ratio de utilización del RS" (I-8), donde su valor presenta la misma diferencia porcentual (-19%). Ambos indicadores han sido calificados con desempeño bueno, de acuerdo a la métrica establecida para ello, lo que se puede interpretar como un posible aumento de la vida útil del RS, de seguir con esta tendencia en el futuro.

De acuerdo a la información levantada en visita a terreno, todos los residuos que ingresan al recinto son pesados en báscula, posteriormente dispuestos en el frente de trabajo, para luego realizar labores de cobertura y finalizar con el lavado de los camiones recolectores. Este proceso se ve reflejado en los indicadores I-9, I-12, I-13 e I-14 calificados con desempeño bueno. El correcto desarrollo de cada una de estas actividades fue comprobado en visita a terreno, visualmente y a través de entrevistas a los operadores.

⁷² Está referida a la capacidad operacional instalada por año para el sitio de disposición final (ver Anexo N°34). Cabe señalar, que se ha calculado desde el segundo al cuarto año de operación, por contar con toneladas ingresadas para el año completo.

Tabla N°95. Evaluación del Proceso de Gestión y Funcionamiento Interno del RS Arauco – Curanilahue*

ID	Ámbito Indicador	Unidad	Ex - Ante	Ex - Post	VI	Var	
I-7	Capacidad aumentada de la disposición final	Ton/año	26.611	21.572	≤ 20%	-19%	✓
I-8	Ratio de utilización de la instalación de disposición final	%	16	13	≤ 20%	-19%	✓
I-9	Pesaje de residuos previa disposición final (en báscula)	Si/Periódicamente/No	Si	Si	Si		✓
I-10	Tiempo de recorrido de los camiones dentro del relleno sanitario	Minutos	-	20 en invierno y 25 min en verano	≥ 21 y ≤ 30 min.		!
I-11	Camino de acceso hacia el frente de trabajo (paso de camiones)	Óptimo/Con inconvenientes/En mal estado	Óptimo	Con Inconvenientes	Con Inconvenientes		!
I-12	Tasa de Rs adecuadamente dispuestos	%	-	100	≥ 90		✓
I-13	Cobertura diaria	Si/Algunas Veces/No	Si	Se hace	Si		✓
I-14	Lavado de camiones	Si/Algunas Veces/No	Si	Si	Si		✓
I-15	Impermeabilización de zanjas	Si/En proceso/No	Si	Si	Si		✓
I-16	Manejo de biogás	Óptimo/Con inconvenientes operativos/No	Si	Si	Óptimo		✓
I-17	Manejo de lixiviados	Óptimo/Con inconvenientes operativos/No	Si	Con inconvenientes	Inconvenientes Operativos		!
I-18	Presencia de vectores sanitarios	Ninguno/Algunos insectos y pájaros/Insectos, pájaros, roedores y mamíferos	-	Presencia de vectores	Algunos insectos y pájaros		!
I-19	Controles Ambientales: Fiscalizaciones por la Autoridad Ambiental	Ninguno/Algunos insectos y pájaros/Insectos, pájaros, roedores y mamíferos	-	Si, con PDC**	Con fiscalización y PDC satisfactorio		!

Fuente: Elaboración Propia

***ID: Identificador; VI: Valor del Indicador; S: Semáforo**

****Plan de Cumplimiento**

El "Tiempo de Recorrido de los Camiones dentro del Relleno Sanitario" (I-10), desde que los residuos son pesados en la báscula hasta que son dispuestos, oscila en un rango de 20 a 25 minutos, dependiendo de la temporada (invierno o verano). Cabe recalcar, que de acuerdo a lo indicado por la administración y operación del recinto, las condiciones climáticas en invierno hacen que el camino de acceso hacia el frente de trabajo (I-11) presente problemas operativos (deslizamientos), haciendo que el frente, en esta temporada, esté ubicado en las zanjas más cercanas al ingreso del RS, por lo que ha sido calificado con desempeño regular.

Por su parte, el "Manejo de Biogás" (I-16), se hace de acuerdo a lo considerado en la evaluación ex – ante⁷³, donde se señala: *"los gases serán extraídos mediante pozos de venteo desde el interior del relleno y quemados para eliminar los componentes nocivos que aportan al efecto invernadero"*.

Otro aspecto importante a destacar es lo que respecta a la impermeabilización del RS (I-15). Este RS cuenta con un 100% de impermeabilización, tal como fue considerado ex – ante. Sin embargo, de acuerdo a información obtenida durante la visita a terreno, esta solución ha presentado problemas operativos durante el invierno, puesto que las lluvias provocan que las zonas en que no se están efectuando trabajos queden inundadas, condición desfavorable para la operación y cumplimiento ambiental del RS. A partir de esta información este indicador fue calificado con desempeño regular.

En relación a la presencia de vectores sanitarios (I-18), se pudo visualizar en visita a terreno la presencia de una gran cantidad de aves (especialmente jotes de cuello rojo y negro), lo que fue calificado con desempeño regular. Cabe destacar los esfuerzos de los operadores del RS por ahuyentar a las aves presentes, por medio de estruendos que simulan el disparo de una escopeta, sin conseguir los efectos deseados.

Por último, en relación a "Controles Ambientales" (I-19), este RS cuenta con dos fiscalizaciones (años 2015 y 2018) y un proceso sancionatorio⁷⁴ asociado. Este proceso finalizó con un Programa de Cumplimiento (PDC) satisfactorio, de acuerdo a información obtenida del registro de fiscalizaciones de la SMA⁷⁵. Este indicador fue calificado con desempeño regular.

⁷³ En el Estudio de Impacto Ambiental (EIA)

⁷⁴ Los hechos considerados están relacionados con: "Operar sin sistema eléctrico en el área de tratamiento de líquidos percolados del relleno sanitario. No habilitar un sistema de recirculación de líquidos percolados, ni control de nivel en laguna de homogeneización, constatándose derrames del sistema de tratamiento de riles, producto del rebalse de la piscina de homogeneización. Operar sin contar con 2 filtros con vegetación palustre, para el postratamiento de los efluentes".

⁷⁵ <http://snifa.sma.gob.cl/v2>

Como información adicional, se pudo constatar en terreno la acumulación de chipeo de podas en el RS y la creación de un proyecto piloto para la producción de compostaje, a partir de segregación de material orgánico proveniente de 90 familias. De ser exitoso este piloto, se tiene planificado escalar el proyecto a nivel de Asociación Municipal (Arauco – Curanilahue) dentro del recinto del RS⁷⁶.

3. Grupos de interés

En el estudio preinversional o ex – ante, no se considera la evaluación de los servicios de recolección por grupos de interés o población objetivo, ya sea por edad, género, discapacidad u otro, siendo ésta realizada de forma “universal”, es decir, puerta – contenedor, con una cobertura de recolección para la zona urbana del 100% y rural de al menos 80%.

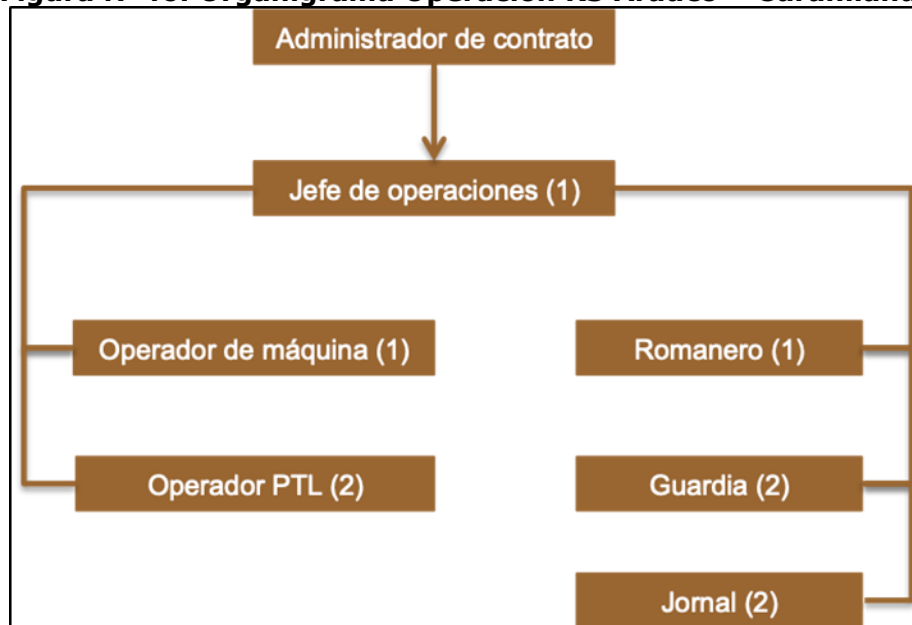
Dado lo anterior y de acuerdo al estudio ex – ante, uno de los objetivos del proyecto, era aumentar la frecuencia de recolección, que permitiría incidir positivamente en la calidad de vida de su población. De acuerdo a la Tabla N°92, este objetivo efectivamente se logró, ya que en la actualidad el proceso de recolección se realiza con una frecuencia de 2 a 5 días por semana superior a la frecuencia ex – ante de 2 a 3 días.

4. Funcionamiento Recursos Humanos

Ex – ante la dotación de personal considerada asciende a 7 funcionarios asociados a la operación del RS. Sin embargo, a partir de la información recopilada en terreno, en la actualidad el RS opera con una dotación de 9 funcionarios lo que representa una desviación del 29%. Asimismo, se constatan cambios en los perfiles de cargo considerados inicialmente, como es el caso de la Secretaria/Contadora, que se eliminó en la operación actual, agregándose un Romanero. El organigrama de la operación del RS Arauco – Curanilahue se presenta en la Figura N°46.

⁷⁶Esta condición no fue evaluada dentro del set de indicadores, dado que no se encuentra contemplado ex – ante.

Figura N°46. Organigrama Operación RS Arauco – Curanilahue



Fuente: Elaboración Propia

Las funciones asociadas de cada uno de los cargos asociados al RS son las siguientes:

- **Administrador de contrato:** Encargado de la gestión operacional, económica y financiera del proyecto.
- **Jefe de operaciones:** Encargado de la gestión operacional del RS, así como de supervisar de manera general todas las actividades realizadas por el personal que trabaja en el RS.
- **Operador de máquina:** Encargado de operar la maquinaria pesada para colocación, compactación y cobertura diaria de los residuos.
- **Operador PTL:** Encargado de operar y gestionar la Planta de Tratamiento de Lixiviados, así como de llevar los controles de las variables técnicas y ambientales de la misma.
- **Romanero:** Encargado de las labores de control de pesaje en báscula, al ingreso y salida de los camiones del RS.
- **Jornal:** Personal de que realiza labores de limpieza, manteniendo las condiciones sanitarias básicas en el lugar de trabajo y apoyo en tareas varias.
- **Guardia:** Personal diurno y nocturno encargado del resguardo de las instalaciones.

En la Tabla N°96 se puede observar que este indicador fue calificado con desempeño deficiente, explicado por la desviación mencionada precedentemente.

Tabla N°96. Evaluación Funcionamiento Recursos Humanos RS Arauco – Curanilahue*

ID	Ámbito Indicador	Unidad	Ex - Ante	Ex - Post	VI	Var
I-20	Dotación de Personal del RS	Nº	7	9	>10%	29%

Fuente: Elaboración Propia

***ID: Identificador; VI: Valor del Indicador; S: Semáforo**

5. Equipamiento y Capacidad Instalada

La capacidad instalada está referida al uso de equipos y maquinarias proyectadas ex – ante versus las actualmente consideradas para la operación del RS.

Basándose en información levantada en terreno, la mantención realizada a la maquinaria y equipos es de carácter preventivo, cada 250 a 300 horas. Por su parte, la mantención correctiva se realiza cuando se presentan fallas que impiden su funcionamiento.

De acuerdo con la información ex – ante, fueron consideradas diez (10) maquinarias y/o equipos, cuyo detalle se encuentra en la Tabla N°97. No obstante en la práctica sólo se adquirió una excavadora y una camioneta⁷⁷. Se debe señalar que la camioneta adquirida, no es utilizada por problemas administrativos y, en la actualidad, se encuentra estacionada en la Municipalidad de Curanilahue.

Tabla N°97. Equipos y Maquinarias Consideradas en Evaluación Ex – Post versus Ex –Ante

Descripción maquinaria	Ex - Ante	Ex - Post
Cargador de oruga	1	0
Cargador frontal (sobre orugas o neumáticos)	1	0
Retroexcavadora	1	0
Excavadora	0	1
Camión Tolva de 12m ³	1	0
Motoniveladora	1	0
Rodillo compactador	1	0
Camión Aljibe	1	0
Motobombas	2	2
Generador eléctrico	1	1
Camioneta	1	1
TOTAL	11	5

Fuente: Proyecto Construcción Relleno Sanitario Arauco – Curanilahue, Código BIP: 30073438-0.

De acuerdo con esta información, la desviación entre maquinaria y/o equipos

⁷⁷ De acuerdo a reunión sostenida con funcionarios de las Municipalidades de Arauco, Curanilahue y la Asociación de Municipalidades de Arauco – Curanilahue, además de representantes de la empresa KDM S.A.

considerados ex – ante vs ex - post, asciende a un (-55%), calificándose el indicador “Equipos y Maquinarias Consideradas Ex – Ante vs Ex – Post” (I-21) con desempeño deficiente, tal como se presenta en la Tabla N°98.

Tabla N°98. Evaluación Capacidad Instalada en Equipos y Maquinaria para el Relleno Sanitario Arauco – Curanilahue*

ID	Ámbito Indicador	Unidad	Ex - Ante	Ex - Post	VI	Var
I-21	Equipos y Maquinarias consideradas ex - ante vs ex - post	Nº	11	5	>10%	-55% 

Fuente: Elaboración Propia

***ID: Identificador; VI: Valor del Indicador; S: Semáforo**

6. Programa Arquitectónico

Las instalaciones del RS consideran las siguientes áreas:

- Caseta de control y administración
- Galpón de mantenimiento
- Depósito de combustible y aceites usados
- Caseta de gas
- Generador eléctrico
- Área de lavado de camiones

Entre los hallazgos presentados en el Capítulo III, letra D, [punto 4.3](#), se menciona lo siguiente: *“La caseta de control y administración contempla el uso paralelo de la oficina de control, estar o comedor (también utilizado como sala de reuniones), baños y un vestidor. Posteriormente se aumentó la superficie con la incorporación de dos contenedores de aproximadamente 3,00 m. x 6,00 m. = 18,00 m² cada uno, con destino oficina operador y oficina de asociación de municipalidades. La zona de mantención de camiones y/o maquinarias es insuficiente, pero hasta el momento no se han detectado intervenciones en la infraestructura proyectada”.*

A partir de estos hallazgos, el indicador “Instalaciones del Relleno Sanitario” (I-22) muestra un desempeño deficiente, Tabla N°99. Este indicador se elabora sumando las dimensiones totales consideradas en el estudio ex – ante, contrastándolas con las dimensiones de las instalaciones efectivamente construidas, entregando como resultado una desviación del 20%.

Con respecto al indicador "Artefactos Sanitarios por Sexo" (I-23), se considera como base el estándar definido en el DS N°594⁷⁸, sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo, para evaluar la cantidad de artefactos sanitarios por sexo disponibles para el personal que trabaja en el RS. Específicamente su artículo N°22, indica que en los lugares donde laboren hombres y mujeres, deben existir servicios higiénicos independientes y separados. Asimismo, el artículo N°23, señala que si en el lugar de trabajo laboran de 1 a 10 personas, como mínimo se debe cumplir con un (1) excusado con taza de WC, un (1) lavatorio y una (1) ducha. De acuerdo a lo anterior, el complejo cumple con el estándar definido en cuanto al número de artefactos requeridos para su dotación, sin embargo, no cuenta con camarines y baños separados por género, por lo cual, el indicador ha sido calificado con desempeño regular, ya que cumple parcialmente.

**Tabla N°99. Evaluación Programa Arquitectónico
Relleno Sanitario Arauco – Curanilahue***

ID	Ámbito Indicador	Unidad	Ex - Ante	Ex - Post	VI	Var
I-22	Instalaciones del Relleno Sanitario	m ²	178	214	> 10% al perfil	20% 
I-23	Artefactos sanitarios por sexo	N°		2 inodoros 3 lavamanos 2 duchas	**	

Fuente: Elaboración Propia

***ID: Identificador; VI: Valor del Indicador; S: Semáforo;**

****Cumple con la cantidad de artefactos, y considera a un solo sexo**

7. Percepción Usuarios Directos

Estos indicadores fueron propuestos con base en información recopilada a partir del "Análisis de Satisfacción Usuaría". Este análisis, fue desarrollado mediante la aplicación de entrevistas semi estructuradas a los jefes de operación y a administradores municipales de cada RS. Además, se realizaron focus group o entrevistas grupales a operarios de los RS.

Dado que el escenario ex – ante no cuenta con información cualitativa de los usuarios, puesto que el proyecto no existía, se ha utilizado sólo información ex – post, como una medida de entender si los usuarios se encuentran conformes con el resultado del proyecto. En este sentido, y con base a respuestas de los encargados y funcionarios del RS se ha podido establecer que la comunidad ha recibido amablemente el proyecto.

Es importante destacar que los encargados y funcionarios del RS tienen contacto con la comunidad puesto que se realizan visitas guiadas y capacitaciones en las instalaciones,

⁷⁸ Decreto Supremo N°594 del 29 de abril de 1999 del Ministerio de Salud, aprueba "Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo". Actualizado 14 de febrero de 2018.

con el objetivo de acercar a la comunidad al funcionamiento de un RS, explicar la diferencia existente con un vertedero y enfatizar la importancia de una correcta gestión de residuos. En la Tabla N°100 se presentan los resultados.

**Tabla N°100. Evaluación Percepción de la Comunidad
Relleno Sanitario Arauco – Curanilahue***

ID	Ámbito Indicador	Unidad	Ex - Ante	Ex - Post	VI	Var
I-24	Satisfacción de la comunidad con el RS	Escala 1 a 7		6,7	Entre 5,5 y 7	
I-25	Solución que entrega el RS	Escala 1 a 7		6,4	Entre 5,5 y 7	

Fuente: Elaboración Propia

***ID: Identificador; VI: Valor del Indicador; S: Semáforo**

8. Costos

Para la evaluación con indicadores, los costos se han dividido en dos: i) costos de inversión y ii) costos de operación y mantenimiento. Los primeros incluyen todas las inversiones consideradas, tales como adquisición de terrenos, obras civiles, equipos y equipamiento, maquinaria y vehículos, entre otros. Con respecto al segundo, incluye remuneraciones, insumos, arriendos (maquinaria u otros), mantenciones y planes de seguimiento ambiental, entre otros⁷⁹.

Como se puede observar en la Tabla N°101, ambos indicadores han sido evaluados con desempeño regular. En relación a los costos de inversión, la desviación ex – ante y ex – post es de un 6,6%. En el Capítulo III, se observaron efectos contrapuestos, siendo los de mayor relevancia los referidos a precio y cantidad de la inversión real. Adicionalmente la subestimación del costo de inversión en maquinaria se anula con la inversión en terreno, la cual no fue considerada ex – ante. Por último, la no consideración de una solución definitiva para las aguas lluvias en el proyecto original, muy relevante por la zona geográfica en que se encuentra ubicado el proyecto, representó un aumento de la inversión real.

⁷⁹ Para mayor abundamiento revisar Capítulo III, en donde se presenta el detalle de costos para cada escenario (ex – ante y ex – post).

**Tabla N°101. Evaluación de Costos RS
Arauco - Curanilahue (Moneda 2013)***

ID	Ámbito Indicador	Unidad	Ex - Ante	Ex - Post	VI	Var	
I-26	Costos de inversión	MM\$	650	693	Variación <10% y >5%	7%	🟡
I-27	Costos de operación y mantenimiento	MM\$	139	126	Variación <10% y >5%	-9%	🟡

Fuente: Elaboración Propia

***ID: Identificador; VI: Valor del Indicador; S: Semáforo**

Por su parte, los costos de operación presentan una desviación de un (-9%), entre el escenario ex - ante y ex - post. Con base al Capítulo III, de todos los ítems analizados, se visualizó que el nivel y detalle de la información recopilada no permitió realizar un análisis profundo de las causas que explican las diferencias encontradas ex - ante versus ex - post.

De los ítems que fueron posibles de analizar, dos presentaron las mayores diferencias. Es así como el ítem insumos se encuentra sobrestimado en la evaluación ex - ante por concepto de material de cobertura, gasto que no existe actualmente. En sentido contrario se tiene una subestimación ex - ante de la dotación requerida para el adecuado funcionamiento del RS.

9. Análisis de la Gestión General

Este análisis busca entregar una visión global del desempeño del RS, basándose en la información presentada en las secciones anteriores.

Para el RS Arauco - Curanilahue de un total de 27 indicadores evaluados un 52% presenta un desempeño bueno, un 34% un desempeño regular y un 8% un desempeño deficiente, como se puede observar en la Tabla N°102.

**Tabla N°102. Evaluación Desempeño RS Arauco
- Curanilahue**

Desempeño	Cantidad de indicadores	Porcentaje %
Desempeño bueno	14	52%
Desempeño regular	10	37%
Desempeño deficiente	3	11%
TOTAL	27	100%

Fuente: Elaboración Propia

Esto se traduce en una nota de 5,5 para la gestión del RS Arauco - Curanilahue (escala de 1 a 7), reflejando que el RS cumple adecuadamente, pero sin lugar a dudas, tiene

espacio para desarrollar mejoras a su gestión. En el Anexo N°36 se incluye la metodología utilizada para calificar a cada RS.

En la Tabla N°103 se presenta un resumen de los indicadores que componen cada tópico evaluado y su respectivo desempeño.

Tabla N°103. Desempeño por Tópico RS Arauco – Curanilahue

N°	Desempeño por tópico	Indicadores	N° de Ind	Desempeño bueno	Desempeño regular	Desempeño deficiente
1	Estrategia de gestión	I-1 a I-6	6	4	2	0
2	Proceso de gestión y funcionamiento interno	I-7 a I-19	13	8	5	0
3	Funcionamiento de recursos humanos	I-20	1	0	0	1
4	Capacidad instalada y demanda actual	I-21	1	0	0	1
5	Programa arquitectónico	I-22 e I-23	2	0	1	1
6	Percepción usuarios directos	I-24 e I-25	2	2	0	0
7	Costos	I-26 e I-27	2	0	2	0
Total			27	14	10	3

Fuente: Elaboración Propia

Es así como se puede observar que existen aspectos con calificación desempeño deficiente, representando las debilidades más pronunciadas en la gestión de este RS. El de mayor relevancia tiene relación con la adquisición parcial (sólo un 45%) de los equipos y maquinarias planificadas para una correcta operación de este RS. Inclusive, llama poderosamente la atención la no utilización de la camioneta adquirida para el RS por razones administrativas.

Otra debilidad encontrada, se refiere a la planificación de su estructura administrativa. En la práctica la dotación de personal actual supera en un 29% a la proyectada originalmente, entre otras causas, debido a la no consideración de un "romanero" en el proyecto original.

Una tercera debilidad está relacionada con el programa arquitectónico elaborado para este RS. Nuevamente se constatan errores de diseño, con un subdimensionamiento de las instalaciones administrativas. Esto llevó a la empresa operadora del RS y a la Asociación de Municipalidades, a realizar la instalación de dos containers adicionales (uno para cada uno), quedando en la práctica con un programa arquitectónico un 20% sobre lo planificado ex - ante. Además, originalmente fueron contempladas sólo

instalaciones sanitarias (baños y camarines) para hombres, lo que, si bien es cierto, no se considera grave, debiera corregirse.

En la Tabla N°103 se puede apreciar que existen 10 indicadores calificados con desempeño regular. Esto significa que si bien no se encuentran en un nivel de incumplimiento crítico, no cumplen satisfactoriamente con lo esperado; por lo tanto, debieran ser revisados para efectuar mejoras y sacar lecciones para considerar en el desarrollo de próximos proyectos. De lo más relevante destaca:

- a) La distancia de 28 km que separa la ciudad de Arauco y el RS. Se sugiere considerar la posibilidad de estudiar la factibilidad técnico – económica de instalar una estación de transferencia para Arauco.
- b) El tiempo de recorrido de los camiones dentro del RS y su camino interno hacia el frente de trabajo, dan cuenta de las condiciones subóptimas en que se encuentra. Esta situación debe ser mejorada de manera de permitir un funcionamiento interno adecuado.
- c) La presencia de una gran cantidad de aves, a pesar de los esfuerzos realizados por la operación del RS de erradicarlas.

Ente las fortalezas de este RS (calificados como desempeño bueno) se destaca:

- a) Buena accesibilidad del RS, cercano a la Ruta 160 y accesibilidad bidireccional (se puede acceder desde el norte o desde el sur).
- b) Una tasa de correcta disposición de residuos de un 100%
- c) Lavado de camiones recolectores en cada pasada (incluye el uso de aromatizantes y detergente).
- d) Impermeabilización de acuerdo a RCA.
- e) Óptimo manejo del biogás.

D. Relleno Sanitario de Caldera

1. Estrategia de Gestión

Como fue señalado anteriormente el RS de Caldera se encuentra en la comuna del mismo nombre, perteneciente a la Provincia de Copiapó, Región de Atacama.

El proyecto está diseñado para recepcionar y disponer residuos sólidos domiciliarios y asimilables (RSDyA) e inertes generados en la comuna, para una población de 15.307⁸⁰ habitantes, con una recolección estimada de 51⁸¹ Ton/día. Se estimó que los residuos sólidos acumulados al año de cierre (año 20) serán de 414.377⁸² toneladas (Ton).

Este es un RS municipal, operado por la I. Municipalidad de Caldera, institución que también es propietaria del terreno e instalaciones del RS. En la Tabla N°104 se ofrece información general del RS.

Tabla N°104. Información General del Relleno Sanitario de Caldera

	Descripción
Nombre del sitio	Relleno Sanitario Cerro Montevideo
Clasificación	Relleno sanitario
N° RCA	RCA 128/2012
Ubicación - Región	Región de Atacama
Ubicación - Comuna	Caldera
Coordenadas UTM N	7005129
Coordenadas UTM E	325.386
Tipo de concesión	Municipal
Propietario	Ilustre Municipalidad de Caldera
Operador	Ilustre Municipalidad de Caldera
Inicio operaciones	10 de Agosto de 2015
Comunas que disponen	Caldera
Población Total atendida (al año 2019)	20.430
Vida útil (años)	20
Año cierre previsto	2035
Toneladas totales al año de cierre	610.000
Ubicación del sitio (desde límite urbano)	4 km

Fuente: Elaboración Propia

El RS de Caldera se encuentra 4 km al noreste de la ciudad del mismo nombre y a similar distancia de la Ruta 5 Norte. Posee un camino de acceso en buen estado de conservación

⁸⁰ Evaluación Ex - Ante (proyección INE 2012), no se cuenta con información de proyección completa. En la evaluación Ex - Post se proyectó una población atendida de 18.067 personas (para el año 2019). Para mayor detalle, véase Capítulo III.

⁸¹ Evaluación Ex - Ante (al año 5 de operación). La cantidad actual (año 2019) de acuerdo a registros de terreno provistos por el RS Caldera son 71 Ton/día.

⁸² Evaluación Ex - Ante.

que le permiten contar con una excelente accesibilidad a pocos minutos de distancia del principal centro urbano de la comuna, la ciudad de Caldera.

En relación a la recolección de residuos, la evaluación ex – ante, no detalla la frecuencia de recolección y nivel de cobertura. Sin embargo, de acuerdo a información recopilada en terreno, actualmente cuenta con una cobertura del 100% en la zona urbana de Caldera, con una frecuencia⁸³ de 3 veces por semana.

En la Tabla N°105 se presenta la evaluación a partir de indicadores, pudiendo observar que cinco (5) de los seis (6) indicadores analizados han sido calificados con buen desempeño, lo que significa que la "Estrategia de Gestión" ha sido implementada satisfactoriamente. Sólo el indicador "Toneladas de Residuos Sólidos Recolectados" (I-2), se ha evaluado con desempeño deficiente, ya que el valor calculado presenta un 40% de diferencia en comparación al ex – ante, lo que se puede traducir en una mayor generación de residuos a lo proyectado por parte de la comunidad.

Tabla N°105. Evaluación Estrategia de Gestión RS de Caldera*

ID	Ámbito Indicador	Unidad	Ex - Ante	Ex - Post	VI	Var	
I-1	Cobertura de recolección	%	-	100%	≥ 90		✓
I-2	Toneladas de Residuos sólidos recolectados	Ton/día	51	71	≥ 26%	39%	✗
I-3	Frecuencia de recolección	Días por semana	-	3	Entre 3 y 5		✓
I-4	Población atendida	Nº	15.307	18.067	≤ 20%	18%	✓
I-5	Distancia desde el límite urbano hacia el RS	km	4 km	4 km	≤ 15 km		✓
I-6	Accesibilidad	Bueno/Regular/Malo	Buena	Buena	Buena		✓

Fuente: Elaboración Propia

*ID: Identificador; VI: Valor del Indicador; S: Semáforo

2. Proceso de Gestión y Funcionamiento Interno

El RS de Caldera es de tipo superficial, que contempla las siguientes obras físicas, superficies, acciones y controles (incluyendo los ambientales):

1) Obras físicas⁸⁴:

- Oficina administración y control de pesaje;
- Báscula de pesaje de 20x3 m para 30 toneladas;
- Instalaciones para el personal que incluyen baños y vestidores;

⁸³ En la actualidad la Municipalidad cuenta con 3 camiones para el proceso de recolección (de acuerdo a información recopilada en visita a terreno).

⁸⁴ De acuerdo a evaluación ex – ante.

- Comedor;
- Sala de reuniones;
- Galpón para el aparcamiento y mantenimiento de la maquinaria con área de lavado para camiones;
- Bodega para el almacenamiento de materiales;
- Red particular de agua potable y alcantarillado;
- Suministro eléctrico a través de un generador;
- Cerco perimetral.

Las zanjas consideradas en el RS se describen a continuación:

- Zanjas impermeabilizadas para la disposición de RSDyA, con un total de 37 zanjas que cubren una superficie aproximada de 26,7 há;
- Zanjas sin impermeabilización para la disposición de los residuos (levantadas como parte del proceso de saneamiento del área), con un total de 7 zanjas, que cubren una superficie de aproximadamente 5,0 há;
- Zanjas sin impermeabilización para la disposición de residuos inertes (chatarras y escombros), con un total de 10 zanjas que cubren una superficie de 3,7 há;
- Zanjas para futura expansión, con un total de 4 zanjas que cubren una superficie de aproximadamente 2,8 há.

2) *Superficies:* La superficie total de terreno es de 95 há, de las cuales 36,3 há están dedicadas a la disposición de residuos sólidos domiciliarios y asimilables, distribuidas de acuerdo a la Tabla N°106.

Tabla N°106. Superficies RS de Caldera

Sectores	Unidad	Superficie
Área instalaciones	m ²	2.894
Camino acceso más faja perimetral	m ²	4.621
Fanja lateral camino acceso	m ²	44.627
Caminos interiores	m ²	24.374
Zanjas relleno sanitario, faja de separación entre zanjas y canal de aguas lluvia	m ²	295.630
Faja entre zanjas	m ²	74.899
Área de manejo de líquidos y gases	m ²	21.597
Canal aguas lluvias	m ²	4.710
Área bufer	m ²	476.648
Total	m²	950.000

Fuente: Perfil del proyecto Relleno Sanitario de Caldera. Código BIP: 30037151-0

3) *Acciones:* El RS de Caldera, contempla cuatro procesos claves:

- Registro, pesaje e inspección de residuos;
- Disposición final de RSDyA en RS;
- Disposición de residuos inertes;
- Venteo del biogás generado en el RS.

La Figura N°47 detalla el proceso de gestión desde la etapa de recolección hasta la etapa de disposición final, detallando los límites de cada sistema y sus componentes.

Adicionalmente, es importante destacar que se realizan controles ambientales, a través del monitoreo de 4 componentes, comprometidos en la RCA N° 128/2012 del RS de Caldera:

- Aire;
- Aguas subterráneas;
- Aguas superficiales;
- Agrietamiento y erosión cobertura final;

En la Tabla N°107 es posible observar en detalle las condiciones de los monitoreos comprometidos, en términos de frecuencia y parámetros específicos.

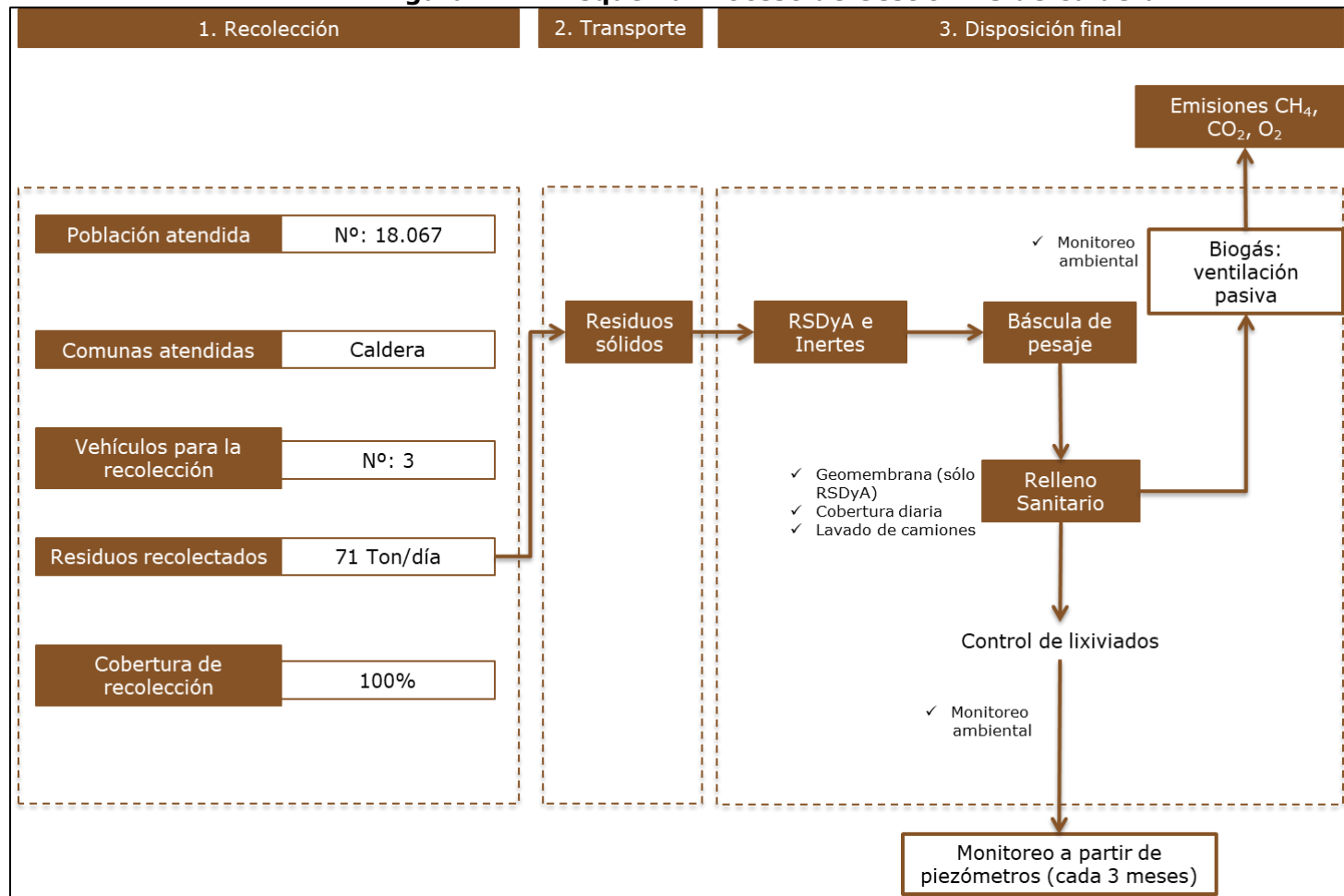
Adicionalmente, de acuerdo a la RCA, se debe chequear visualmente el lavado de los camiones recolectores, el cual se realiza con hidrolavadora, y el agua se reutiliza y

procesa para cumplir con la NCh1.333. Se considera sólo el lavado de camiones municipales.

Con base en la información provista por el encargado del RS, es posible establecer que se realiza un plan de mantenimiento anual para las maquinarias, consistente en:

- Mantención preventiva, el cual se refiere al engrasado diario.
- Cambio de filtros según pauta del fabricante (cada 250 h y cada 1000 h).
- Cambio de elementos de desgaste (calzas, pasadores) 2 veces al año.

Figura N°47. Esquema Proceso de Gestión RS de Caldera



Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al diagrama de la Figura N°47, una vez que los camiones recolectores llegan al RS son individualizados y pesados en báscula registrando su tonelaje, identificación del camión, tipo de residuos que transportan y procedencia, entre otras cosas. Posteriormente, el chofer del camión recolector se dirige al frente de trabajo en donde dispone la totalidad de los residuos que transporta. Luego se dirige a la zona de lavado donde se le aplica agua a la tolva y chasis del camión, con el objetivo de mejorar las condiciones de salubridad de la tripulación del camión y de las zonas donde realiza la recolección. Una vez que el proceso de lavado finaliza el camión se dirige hacia la salida del RS donde es pesado nuevamente, obteniendo por diferencia el tonelaje de residuos dispuestos en la pasada y finalmente se retira del RS. Por su parte, en el frente de trabajo, una vez que el camión ha dispuesto los residuos comienza el proceso de compactación y cobertura de éstos, para lo cual se utiliza la maquinaria disponible en el RS, actividad que se realiza por cada camión que dispone en el frente de trabajo. La cobertura se realiza con material disponible en el RS, permitiendo la aislación de los residuos depositados con el medio ambiente, resguardando la proliferación de vectores, y olores asociados a la descomposición de materia orgánica.

Tabla N°107. Monitoreo Compromisos Ambientales RCA del RS de Caldera

Componente	Sub-componente	Monitoreos	Frecuencia	Parámetros
Aire	Biogás	Mediciones	Semanal (a partir del segundo año)	CH ₄
				Flujo de gas (m ³ /hora)
				Dióxido de carbono
	Olores	Si existiesen manifestaciones molestas	3 veces al año	Intensidad Ofensividad
Aguas subterráneas	Pozos: Aguas arriba y aguas abajo	Según NCh 409/1: Pozo aguas arriba y aguas abajo 4 muestras en cada pozo	Cada 3 meses	Varios, ver tabla en RCA
	Piezómetro	1 muestra en cada piezómetro	Cada 3 meses	Conductividad Eléctrica; Cloruro; y otros ver RCA
Aguas superficiales	-	En caso de lluvias intensas, muestreo en 3 puntos (ver RCA)	-	Conductividad Eléctrica; Cloruro; y otros ver RCA
Agrietamiento y Erosión Cobertura Final	-	Control visual de los eventuales agrietamientos y erosión de las superficies con cobertura final	Mensual (en la superficie final de las zanjás)	Se observarán las cubiertas finales de todas las zanja y de las superficies niveladas de grupo de zanjás, registrando en un plano todos los agrietamientos o erosiones.

Fuente: Resolución de Calificación Ambiental N° 128/2012, Proyecto Relleno Sanitario Comuna de Caldera

Para realizar la evaluación de desempeño del "Proceso de Gestión y Funcionamiento Interno" implementado en el RS de Caldera, se utilizó el set de indicadores que se presenta en la Tabla N°108.

Tabla N°108. Evaluación Proceso de Gestión y Funcionamiento Interno RS de Caldera*

ID	Ámbito Indicador	Unidad	Ex - Ante	Ex - Post	VI	Var	
I-7	Capacidad aumentada de la disposición final	Ton/año	17.493	22.445	≥ 26%	28%	✖
I-8	Ratio de utilización de la instalación de disposición final	%	18	21	≤ 20%	17%	✔
I-9	Pesaje de residuos previa disposición final (en báscula)	Si/Periódicamente/No	Si	Si	Si		✔
I-10	Tiempo de recorrido de los camiones dentro del relleno sanitario	Minutos	-	20 min	≤ 20 min.		✔
I-11	Camino de acceso hacia el frente de trabajo (paso de camiones)	Óptimo/Con inconvenientes/En mal estado	Óptimo	Óptimo	Óptimo		✔
I-12	Tasa de Rs adecuadamente dispuestos	%	-	100	≥ 90		✔
I-13	Cobertura diaria	Si/Algunas Veces/No	Si	Si	Si		✔
I-14	Lavado de camiones	Si/Algunas Veces/No	Si	Si	Si		✔
I-15	Impermeabilización de zanjas	Si/En proceso/No	Si	Si	Si		✔
I-16	Manejo de biogás	Óptimo/Con inconvenientes operativos/No	Óptimo	Óptimo	Óptimo		✔
I-17	Manejo de lixiviados	Óptimo/Con inconvenientes operativos/No	Óptimo	Óptimo	Óptimo		✔
I-18	Presencia de vectores sanitarios	Ninguno/Algunos insectos y pájaros/Insectos, pájaros, roedores y mamíferos	-	Presencia de vectores	Algunos insectos y pájaros		⚠
I-19	Controles Ambientales: Fiscalizaciones por la Autoridad Ambiental	Se hacen/Se hacen algunos controles/No se hacen	-	-	Sin fiscalizaciones		✔

Fuente: Elaboración Propia

***ID: Identificador; VI: Valor del Indicador; S: Semáforo**

Al realizar una comparación de la "Capacidad Aumentada de la Disposición Final" (I-7) entre la situación ex – ante versus ex - post⁸⁵, se verifica una diferencia del 28%, obteniendo una calificación deficiente. Si bien es cierto, esto estaría reflejando una menor vida útil proyectada del RS, dada la mayor disposición promedio anual efectuada, esta situación se encuentra dentro de parámetros normales, tal y como es posible observar a partir del indicador "Ratio de Utilización de las Instalaciones de Disposición Final" (I-8), que presenta una diferencia del 11% entre situación ex – ante y ex – post, calificado con buen desempeño.

De acuerdo a información recabada en visita a terreno, todos los residuos que ingresan al recinto son pesados en la báscula, posteriormente dispuestos en el frente de trabajo para finalizar con labores de cobertura de éstos. Los indicadores I-9, I-12 e I-13, dan cuenta de este proceso y su adecuada gestión. Todos ellos presentan una calificación con buen desempeño, puesto que se evidencia la presencia y buen desarrollo de estas actividades en el proceso de gestión interna, tal como fue planificado.

Por su parte, el tiempo de recorrido de los camiones (I-10), desde que los residuos son pesados en la báscula hasta que son dispuestos, es de aproximadamente 20 minutos, lo que es calificado como buen desempeño. Asimismo se cuenta con un camino de acceso hacia el frente de trabajo en óptimas condiciones (I-11), calificado con buen desempeño.

En relación al "Lavado de Camiones" (I-14), éste se realiza una vez finalizado el turno del camión recolector para lo cual se utiliza una hidrolavadora.

En relación al "Manejo de Biogás" (I-16) y "Manejo de lixiviados" (I-17), de acuerdo a entrevista en visita a terreno, el encargado del RS indica que: *"la generación de biogás es ínfima y lixiviados prácticamente no hay"*. Esta información se encuentra corroborada a partir de información ex – ante, puesto que las características climáticas de escasa pluviosidad, altas tasas de evaporación, tipo de suelo y profundidad de la napa subterránea (entre 15 a 20 m), minimizan el riesgo de producción de líquidos percolados. Independientemente de esto, se consideró la instalación de un sistema de impermeabilización basal, de acuerdo a los criterios establecidos por el reglamento de Rellenos Sanitarios. Por tanto, el titular se compromete a cumplir estas exigencias de acuerdo a la normativa vigente, configurando los fondos y taludes de la zanjas con suelo natural compactado alcanzado la permeabilidad exigida. Las verificaciones serán

⁸⁵ Información obtenida a partir de los registros de ingreso de los RSDyA y residuos sólidos inertes del RS de Caldera.

realizadas en terreno cuando correspondan y controles que fueron especificados en la Tabla N°107.

En relación a la presencia de vectores sanitarios en el RS (I-18), se pudo visualizar en visita a terreno la presencia de aves (principalmente jotes de cuello rojo y negro), obteniendo una calificación con desempeño regular.

En relación a “Controles Ambientales” (I-19) realizados por la autoridad ambiental, y de igual forma que en el caso del RS Arauco – Curanilahue, se visitó el registro de fiscalizaciones de la SMA, verificando que el RS de Caldera no cuenta con procesos de sanción, evaluando este indicador con desempeño bueno.

Por último, es importante destacar como información adicional, que en la actualidad la I. Municipalidad de Caldera se encuentra desarrollando un proyecto piloto de compostaje, a partir de una compostera municipal en las instalaciones del RS. De obtener resultados positivos, este proyecto sería escalado a nivel comunal.

3. Grupos de interés

En el estudio ex – ante, se considera la evaluación de los servicios de recolección de manera “universal”, es decir, puerta – contenedor, con una cobertura de recolección del 100% y no por grupos de interés o población objetivo analizados por edad, género, discapacidad u otros.

En ese sentido, de acuerdo a la información plasmada en el estudio ex – ante, el objetivo de este proyecto, consiste en entregar una alternativa de manejo de los residuos sólidos generados en la comuna de Caldera, de manera sustentable.

4. Funcionamiento de los Recursos Humanos

El organigrama⁸⁶ de la operación del RS de Caldera se presenta en la Figura N°48.

Figura N°48. Organigrama RS de Caldera



Fuente: Elaboración Propia

Cada cargo tiene asociadas las siguientes funciones:

- Encargado de Relleno Sanitario: Encargado de la gestión operacional, económica y financiera del proyecto, así como de supervisar de manera general todas las actividades realizadas por el personal que trabaja en el RS.
- Apoyo administrativo: Personal encargado de labores de oficina, en apoyo al Encargado del RS.
- Encargado RCA: Controla y supervisa las variables ambientales adquiridas por compromiso en las Resoluciones de Calificación Ambiental.
- Operadores y conductores: Personal que labora operando la maquinaria pesada, para la colocación, compactación y posterior cobertura de los residuos en el frente de trabajo.
- Auxiliar de aseo y mantenimiento de las instalaciones: Personal que realiza labores de limpieza, manteniendo las condiciones sanitarias básicas en el lugar de trabajo, así como labores de mantención y reparación eléctrica, y de otras variables que puedan surgir en las instalaciones donde opera el personal.
- Resguardos(guardias): Personal encargado de la seguridad de las instalaciones.

⁸⁶ Provisto por Encargados el RS de Caldera.

- Jornal: Personal que realiza labores de limpieza, manteniendo las condiciones sanitarias básicas en el lugar de trabajo y apoyo en tareas varias.

La dotación operacional considerada ex – ante es de 8 funcionarios. En contraste, ex – post, se verifica una dotación de 11 funcionarios, a partir de información recopilada en terreno, traduciéndose en un 37,5% más de recursos humanos ex – post, calificando el indicador “Planificación de la Organización Administrativa” (I-20) con desempeño deficiente, tal como se puede observar en la Tabla N°109.

Tabla N°109. Evaluación Dotación de Personal en RS de Caldera*

ID	Ámbito Indicador	Unidad	Ex - Ante	Ex - Post	VI	Var
I-20	Dotación de Personal del RS	Nº	8	11	>10%	38%

Fuente: Elaboración Propia

***ID: Identificador; VI: Valor del Indicador; S: Semáforo**

5. Equipamiento y Capacidad Instalada

La capacidad instalada está referida al uso de equipos, equipamiento e instalaciones del RS, su estado de conservación y plan de mantenimiento regular efectuado. En base a información provista por Encargados del RS, se realiza un plan de mantenimiento anual para las maquinarias. Este plan anual consiste en:

- Mantención preventiva, el cual se refiere al engrasado diario.
- Cambio de filtros según pauta del fabricante (cada 250 h y cada 1000 h).
- Cambio de elementos de desgaste (calzas, pasadores) 2 veces al año.

**Tabla N°110. Equipos y Maquinarias Consideradas
Ex – Ante vs Ex – Post**

Descripción maquinaria	Ex - Ante	Ex - Post
Bulldozer	0	1
Excavadora	1	1
Retroexcavadora	0	1
Báscula	1	1
Camión tolva	1	1
Generador eléctrico	1	1
Hidrolavadora	1	1
TOTAL	5	7

Fuente: Perfil del proyecto Relleno Sanitario de Caldera. Código BIP: 30037151-0

Maquinarias y/o equipos no coinciden entre ambos escenarios con una diferencia porcentual de un 40%, evaluando este indicador con desempeño deficiente como se puede apreciar en la Tabla N°111.

Tabla N°111. Evaluación de la capacidad instalada en equipos y maquinaria para el Relleno Sanitario de Caldera*

ID	Ámbito Indicador	Unidad	Ex - Ante	Ex - Post	VI	Var
I-21	Equipos y Maquinarias consideradas ex - ante vs ex - post	Nº	5	7	≥ 10%	40% 

Fuente: Elaboración Propia

*ID: Identificador; VI: Valor del Indicador; S: Semáforo

6. Programa Arquitectónico

Las instalaciones del RS consideran las siguientes áreas:

- Oficina de control;
- Sala de reuniones;
- Comedor;
- Baños y vestidores;
- Galpón de mantención;
- Bodega.

De acuerdo a los hallazgos presentados en el Capítulo III, letra E, [punto 4.3](#), se menciona lo siguiente: "Se amplía el área administrativa con la incorporación de 2 contenedores, es decir 36 m² adicionales a los 18 m² existentes. Además, de 1 contenedor adicional en el sector de los baños, o sea 18 m² adicionales a los 18 m² ya existentes. Para la incorporación de dichas unidades se realizó un cambio de la distribución de los contenedores existentes".

A partir de lo anterior, el indicador "Instalaciones del Relleno Sanitario" (I-22) contrasta la dimensión total considerada en el estudio ex - ante versus las dimensión total de las instalaciones efectivamente instaladas (ex - post), entregando como resultado una construcción de obras adicionales del 23% sobre lo planificado, por lo que este indicador ha sido calificado con desempeño deficiente, como se puede observar en la Tabla N°112.

Con respecto al indicador "Artefactos Sanitarios por Sexo" (I-23), al igual que en el caso de Arauco - Curanilahue su cumplimiento se basa en los estándares estipulados en el DS N°594. En tal sentido, se corrobora el cumplimiento en la cantidad de artefactos sanitarios presentes en el complejo, como también, la presencia de instalaciones separadas por género, calificando el indicador con desempeño bueno.

Tabla N°112. Evaluación Programa Arquitectónico RS de Caldera*

ID	Ámbito Indicador	Unidad	Ex - Ante	Ex - Post	VI	Var	
I-22	Instalaciones de relleno sanitario	m ²	237	291	> 10% en base al perfil	23%	✗
I-23	Artefactos sanitarios por sexo	Nº	-	5 inodoros 5 lavamanos 4 duchas	**		✓

Fuente: Elaboración Propia

***ID: Identificador; VI: Valor del Indicador; S: Semáforo;**

****Cumple con la cantidad de artefactos, y considera a ambos sexos.**

7. Percepción Usuarios Directos

Tal como en el caso del RS de Arauco – Curanilahue, estos indicadores fueron propuestos con base a información recopilada en entrevistas semi estructuradas, realizadas a los jefes de la operación, y administradores municipales, con el objetivo de evaluar la opinión de los usuarios directos del RS de Caldera, en relación a sus instalaciones y aprobación de la comunidad.

La información ex – ante para ambos indicadores evaluados, no se encuentra disponible, pero fue posible hacer la evaluación de todas maneras. Ambos, I-24 e I-25 obtuvieron un desempeño bueno, basado en las respuestas de los encargados y funcionarios del RS.

Tabla N°113. Evaluación Percepción Usuarios Directos para el RS de Caldera*

ID	Ámbito Indicador	Unidad	Ex - Ante	Ex - Post	VI	Var	
I-24	Satisfacción de la comunidad con el RS	Escala 1 a 7		6,8	Entre 5,5 y 7		✓
I-25	Solución que entrega el RS	Escala 1 a 7		7	Entre 5,5 y 7		✓

Fuente: Elaboración Propia

***ID: Identificador; VI: Valor del Indicador; S: Semáforo**

8. Costos

Para realizar la evaluación de costos entre la situación ex – ante versus ex - post, éstos se han dividido en: costos de inversión y costos de operación y mantenimiento. En el Capítulo III se presenta el detalle de las estimaciones de éstos.

Como puede observarse en la Tabla N°114, ambos indicadores han sido evaluados con desempeño deficiente, debido a que por una parte los costos de inversión presentan una desviación del 33%, destacando la omisión del terreno que representa la mayor parte de esta desviación, seguido de obras complementarias que hubo que realizar. Por otra, el indicador de costos de operación presenta una diferencia del (-61%) considerando el promedio de costos de operación del periodo 2016-2018, una vez que los costos ex –

ante se homologan con los costos ex – post, a través de incluir en el ex – ante los costos anuales de inversión durante la etapa de operación.

**Tabla N°114. Evaluación de los costos del Relleno Sanitario de Caldera
(Moneda 2014)***

ID	Ámbito Indicador	Unidad	Ex - Ante	Ex - Post	VI	Var	
I-26	Costos de inversión	MM\$	1.438	1.912	Variación >10%	33%	✖
I-27	Costos de operación y mantenimiento	MM\$	274	171	Variación >10%	-38%	✖

Fuente: Elaboración Propia

***ID: Identificador; VI: Valor del Indicador; S: Semáforo**

9. Análisis de la Gestión General

Al analizar el desempeño de la gestión del RS de Caldera a nivel agregado, por medio de la sumatoria de todos los indicadores aplicados, se puede determinar que cuenta con un desempeño bueno del 70%, regular del 4% y deficiente del 26%, como es posible observar en la Tabla N°115.

Tabla N°115. Evaluación Desempeño RS de Caldera

Desempeño	Cantidad de indicadores	Porcentaje
Desempeño bueno	19	70%
Desempeño regular	1	4%
Desempeño deficiente	7	26%
TOTAL	27	100%

Fuente: Elaboración Propia

Esto se traduce en una nota de 5,5 para el RS de Caldera, lo que implica un desempeño adecuado, con posibilidad de mejoras.

En la Tabla N°116 se presenta un resumen de los indicadores que componen cada tópico evaluado y su respectivo desempeño. Cabe destacar el excelente cometido de los tópicos “Estrategia de Gestión” y “Proceso de Gestión y Funcionamiento Interno”, con un 83% y 85% de sus indicadores, respectivamente, calificados con buen desempeño.

Tabla N°116. Desempeño por Tópico RS de Caldera

N°	Desempeño por tópico	Indicadores	N° de Ind	Desempeño bueno	Desempeño regular	Desempeño deficiente
1	Estrategia de gestión	I-1 a I-6	6	5	0	1
2	Proceso de gestión y funcionamiento interno	I-7 a I-19	13	11	1	1
3	Funcionamiento de recursos humanos	I-20	1	0	0	1
4	Capacidad instalada y demanda actual	I-21	1	0	0	1
5	Programa arquitectónico	I-22 e I-23	2	1	0	1
6	Percepción usuarios directos	I-24 e I-25	2	2	0	0
7	Costos	I-26 e I-27	2	0	0	2
Total			27	19	1	7

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar 19 de los 27 indicadores evaluados para este RS se encuentran calificados con buen desempeño. Dentro de sus fortalezas destaca la gestión en la recolección de residuos, con una cobertura de 100% y una frecuencia de 3 veces por semana.

También destaca su localización, dado que se encuentra a una distancia de 4 km de la ciudad de Caldera y cuenta con una excelente accesibilidad, con un camino en óptimas condiciones y a una distancia de 2 km aproximadamente de la Ruta 5.

Otro aspecto que se debe remarcar de su gestión, es el buen desempeño de su funcionamiento interno, con todos sus procesos calificados con buen desempeño, tales como, pesaje previa disposición, tiempo de recorrido de los camiones al interior del RS, tasa de residuos sólidos correctamente dispuestos, cobertura diaria, lavado de camiones, manejo de biogás, manejo de lixiviados y controles ambientales.

Entre sus debilidades se encuentra la mayor cantidad de residuos (respecto a lo planificado) que se disponen en el RS, de acuerdo, al tonelaje de residuos recolectados (39% más que lo planificado) y su capacidad aumentada de disposición final (28% más que lo planificado), lo que sugiere una menor vida útil para el RS.

Por último, se debe indicar que este RS opera en la actualidad con un 38% más de dotación, en relación a lo planificado, y con un 23% más de superficie para instalaciones administrativas.

E. Relleno Sanitario Provincia del Huasco

1. Estrategia de Gestión

El RS de la Provincia del Huasco se encuentra ubicado en la Región de Atacama, en la Provincia de Huasco, específicamente en la comuna de Vallenar.

El proyecto está diseñado para recepcionar y disponer los residuos sólidos domiciliarios y asimilables (RSDyA) generados en la provincia del Huasco, que comprende las comunas de Huasco, Vallenar, Freirina y Alto del Carmen, para una población de 80.577⁸⁷ personas, con una recolección estimada de 62,5⁸⁸ Ton/día. El RS cuenta con una capacidad total máxima de 483.893⁸⁹ Ton considerando una vida útil de 20 años.

El RS cuenta con una concesión mixta, siendo propietario del terreno la Asociación de Municipalidades de la Provincia de Huasco⁹⁰, y estando a cargo de su operación la empresa privada Cosemar S.A. En la Tabla N°117 se ofrece información general del RS.

Tabla N°117. Información General RS Provincia del Huasco

	Descripción
Nombre del sitio	Relleno Sanitario Provincial del Huasco
Clasificación	Relleno sanitario
N° RCA	RCA 04/2011
Ubicación – Región	Región de Atacama
Ubicación - Comuna	Vallenar
Coordenadas UTM N	6.841.263
Coordenadas UTM E	326.095
Tipo de concesión	Mixta
Propietario	Asociación de Municipalidades de la Provincia de Huasco
Operador	Cosemar S.A.
Inicio operaciones	2014
Comunas que disponen	Vallenar; Alto del Carmen; Freirina; Huasco
Población Total atendida (al año 2019)	80.577
Vida útil (años)	20
Año cierre previsto	2034
Toneladas totales al año de cierre	483.893
Ubicación del sitio (desde límite urbano)	3,7 km (desde Vallenar)

Fuente: Elaboración Propia

La recolección de residuos, cuenta con una cobertura del 100% de las comunas atendidas, con una frecuencia de al menos entre 3 a 6 veces⁹¹ por semana.

⁸⁷ De acuerdo a Evaluación ex – ante. En la evaluación Ex – Post se proyectó una población atendida de 74.730 personas (para el año 2019). Para mayor detalle, véase Capítulo III.

⁸⁸ De acuerdo a Evaluación ex – ante. La cantidad actual de acuerdo a registros de terreno provistos por el RS de Huasco son 72 Ton/día.

⁸⁹ De acuerdo Evaluación ex – ante.

⁹⁰ Entidad que reúne a las cuatro comunas que conforman la provincia.

⁹¹ De acuerdo a información obtenida por Ley de Transparencia. No se cuenta con información ex – ante.

En la Tabla N°118 se presentan los indicadores que buscan medir el desempeño de la "Estrategia de Gestión" implementada en el RS de la Provincia del Huasco.

De acuerdo a estos indicadores se puede decir que la implementación de la "Estrategia de Gestión" cumple adecuadamente los estándares esperados ex – ante, 5 de los 6 indicadores involucrados calificados con buen desempeño. Sólo el indicador "Distancia desde el límite urbano hasta el RS" cuenta con calificación desempeño deficiente, lo que se debe a que atiende a cuatro comunas: Huasco (49 km), Vallenar (5 km), Freirina (34 km) y Alto del Carmen (43 km); cuyos centros urbanos más importantes, en tres de los cuatro casos, se encuentran a más de 30 km de distancia.

Tabla N°118. Evaluación de la Estrategia de Gestión del RS Provincia del Huasco*

ID	Ámbito Indicador	Unidad	Ex - Ante	Ex - Post	VI	Var
I-1	Cobertura de recolección	%	-	100%	≥ 90	✓
I-2	Toneladas de residuos sólidos recolectados	Ton/día	62,5	72,0	≤ 20%	15% ✓
I-3	Frecuencia de recolección	Días por semana	-	Entre 3 y 6	Entre 3 y 5	✓
I-4	Población atendida	Nº	80.577	74.370	≤ 20%	-8% ✓
I-5	Distancia desde el límite urbano hacia el RS	km	Entre 5 y 49	entre 5 y 49	≥ 30 km	✗
I-6	Accesibilidad	Bueno/Regular/Malo	Buena	Buena	Buena	✓

Fuente: Elaboración Propia

*ID: Identificador; VI: Valor del Indicador; S: Semáforo

2. Proceso de Gestión y Funcionamiento Interno

El proyecto de RS contempla las siguientes obras físicas, superficies, acciones y controles (incluyendo los ambientales):

1) Obras físicas⁹²:

- Control de acceso e infraestructura
- Trincheras
- Báscula de pesaje
- Cierre perimetral
- Portón de acceso
- Caminos de acceso y caminos internos

⁹² De acuerdo a información ex – ante.

- Manejo de biogás
- Manejo de lixiviados
- Losa de lavado tolva de camiones

2) *Superficies:* El predio en el que se encuentra localizado el RS de la Provincia del Huasco cuenta con una superficie total de 40 há, de las cuales 19 há se encuentran destinadas para disposición final.

3) *Acciones:*

- Cuantificación de residuos a partir de báscula de pesaje.
- Disposición de residuos en frente de trabajo, para luego ser extendidos y compactados.
- Recubrimiento al terminar la jornada de trabajo.

La Figura N°49 muestra el proceso de gestión de residuos, desde la recolección hasta su disposición final, detallando los límites de cada sistema y sus componentes.

4) *Controles y Mantenciones*

Los controles están relacionados con los especificados en el estudio ex – ante, por lo que se han podido definir como aquellos realizados directamente en las instalaciones. Se consideran la mantención de las oficinas e infraestructura cada dos años. Esta mantención considera principalmente pintura y reparaciones menores debido al desgaste generado por el uso periódico.

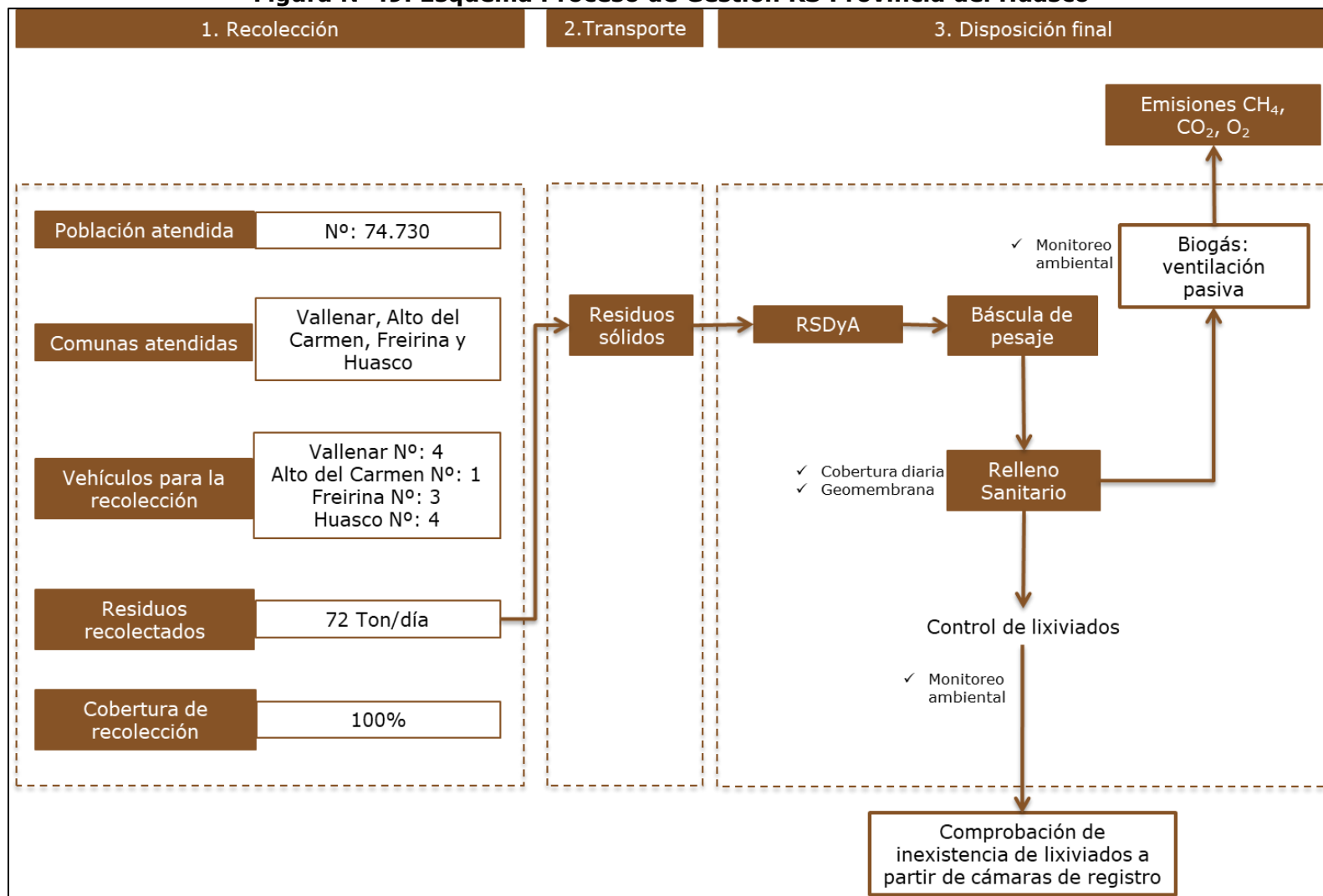
Los controles ambientales, por su parte, corresponden al monitoreo de los componentes ambientales comprometidos en la RCA (N°04/2011) del RS de la Provincia del Huasco, siendo éstos:

- Aguas superficiales
- Biogás
- Control de lixiviados
- Aguas subterráneas
- Control de Vectores

- Residuos líquidos

En la Tabla N°119 se presenta el detalle de los controles mencionados, en términos de frecuencia y parámetros a controlar.

Figura N°49. Esquema Proceso de Gestión RS Provincia del Huasco



Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la Figura N°49, una vez que los camiones recolectores llegan al RS son individualizados y pesados en báscula registrando su tonelaje, identificación del camión, tipo de residuos que transportan y procedencia, entre otras cosas. Posteriormente, el chofer del camión recolector se dirige al frente de trabajo en donde dispone la totalidad de los residuos que transporta. Posteriormente el camión se dirige hacia la salida del RS donde es pesado nuevamente, obteniendo por diferencia el tonelaje de residuos dispuestos en la pasada y finalmente se retira del RS. Por su parte, en el frente de trabajo, una vez que el camión ha dispuesto los residuos comienza el proceso de compactación y cobertura de éstos, para lo cual se utiliza la maquinaria del RS, actividad que se realiza por cada camión que dispone en el frente de trabajo. La cobertura se realiza con material disponible en el RS, permitiendo la aislación de los residuos depositados con el medio ambiente, resguardando la proliferación de vectores, y olores asociados a la descomposición de materia orgánica.

En este RS no se realiza lavado de camiones.

Tabla N°119. Monitoreo Compromisos Ambientales Adquiridos en la RCA del RS Provincia del Huasco

Componente	Monitoreos	Frecuencia	Parámetros
Aguas superficiales	Canal "Ventanas", ubicado sector Este y Oeste del RS	Semestral (primer año)	NCh 1.333
		Mensual	Para los otros parámetros
Biogás	En las chimeneas que se encuentren habilitadas	-	CH ₄ ; CO ₂ ; O ₂ y límite de explosividad inferior
Control de lixiviados	Comprobación de inexistencia de percolados*	-	-
Aguas subterráneas	Dos (02) norias, quebradas Valparaíso y Membrillo	Trimestral	NCh 1333 más parámetros del DS 189
Control de vectores	Recubrimiento diario	Diario	Capas de tierra de espesores adecuados y bien compactados
Residuos líquidos	Lavado de tolva de camiones, tratados en Planta de tratamiento considerada en el proyecto	Diario	Por ningún motivo se hará descarga a efluente. Los Riles serán retirados por empresa contratada

Fuente: Resolución de Calificación Ambiental N°04/2011, del Proyecto "Saneamiento Ambiental y Construcción Relleno Sanitario Provincia de Huasco".

*** En caso de existencia, se construirá un pozo acumulador de 27 m³ para recibir, por medio de una bomba de succión, los líquidos lixiviados que puedan generarse. Se realizarán 2 pozos de 15 m., al este y oeste del Relleno para evaluar afloramiento de lixiviados y serán construidos en HDPE con un diámetro de 40 pulgadas. La medición de lixiviados se realizará por empresa externa, el presente proyecto no contempla la disposición y almacenamiento de lixiviados.**

Al igual que en los casos de Arauco – Curanilahue y Caldera se analizó el desempeño del "Proceso de Gestión y Funcionamiento Interno" del RS. Es así como en la Tabla N°120 se presentan los indicadores utilizados para evaluar este componente en el RS de la Provincia del Huasco.

Tabla N°120. Evaluación del Proceso de Gestión y Funcionamiento Interno del RS de la Provincia del Huasco*

ID	Ámbito Indicador	Unidad	Ex - Ante	Ex - Post	VI	Var
I-7	Capacidad aumentada de la disposición final	Ton/año	22.397	27.641	≥ 21 y ≤ 25 %	23% 
I-8	Ratio de utilización de la instalación de disposición final	%	20	24	≥ 21 y ≤ 25 %	20% 
I-9	Pesaje de residuos previa disposición final (en báscula)	Si/Periódicamente/No	Si	Si	Si	
I-10	Tiempo de recorrido de los camiones dentro del relleno sanitario	Minutos	-	10	≤ 20 min.	
I-11	Camino de acceso hacia el frente de trabajo (paso de camiones)	Óptimo/Con inconveniente/En mal estado	Óptimo	Óptimo	Óptimo	
I-12	Tasa de Rs adecuadamente dispuestos	%	-	100	≥ 90	
I-13	Cobertura diaria	Si/Algunas Veces/No	Si	Si	Si	
I-14	Lavado de camiones	Si/Algunas Veces/No	Si	No	No	
I-15	Impermeabilización de zanjas	Si/En proceso/No	Si	Si	Si	
I-16	Manejo de biogás	Óptimo/Con inconvenientes operativos/No	Óptimo	Óptimo	Óptimo	
I-17	Manejo de lixiviados	Óptimo/Con inconvenientes operativos/No	Óptimo	Óptimo	Óptimo	
I-18	Presencia de vectores sanitarios	Ninguno/Algunos insectos y pájaros/Insectos, pájaros, roedores y mamíferos	-	Pájaros y mamíferos	Insectos, pájaros, mamíferos	
I-19	Controles Ambientales: Fiscalizaciones por la Autoridad Ambiental	Se hacen/Se hacen algunos controles/No se hacen	-	Se hacen	Sin fiscalizaciones y/o con fiscalizaciones pero sin multas o sanciones	

Fuente: Elaboración Propia

***ID: Identificador; VI: Valor del Indicador; S: Semáforo**

En un primer acercamiento, es posible afirmar que el RS de la Provincia del Huasco cuenta con una gestión regular y funcionamiento interno, al contar con nueve (9) indicadores con desempeño bueno, dos (2) con desempeño regular y dos (2) con desempeño deficiente.

Los indicadores "Capacidad Aumentada de la Disposición Final"⁹³ (I-7) y "Ratio de Utilización del RS" (I-8), registran una diferencia de 23% entre la situación ex – ante versus ex – post, siendo calificados con desempeño regular. Esta situación podría indicar una disminución moderada de la vida útil del RS.

Por su parte, de acuerdo a la información levantada en visita a terreno, todos los residuos que ingresan al recinto del RS son pesados en báscula, para luego ser dispuestos en el frente de trabajo, finalizando el proceso con labores de cobertura de éstos. Este flujo operacional se evalúa de acuerdo a los indicadores I-9, I-12 e I-13, todos ellos calificados con desempeño bueno, al verificar en terreno su correcto cumplimiento.

En complemento con los indicadores presentados en el párrafo anterior, el tiempo de recorrido de los camiones (I-10) desde que los residuos son pesados en la báscula hasta que son dispuestos, es de aproximadamente 10 minutos, lo que es considerado un estándar muy adecuado, calificándolo con buen desempeño. Por su parte, el camino de acceso hacia el frente de trabajo (I-11) se encuentra en óptimas condiciones de acuerdo a lo constatado visualmente en visita a terreno, permitiendo realizar las labores requeridas de manera eficiente y segura, calificando este indicador con buen desempeño.

En relación al "Lavado de Camiones" (I-14), esta actividad se encontraba considerada ex – ante, siendo parte del flujo de proceso del RS. Sin embargo, conforme a la información recabada durante la visita a terreno (ex – post), se constata que esta actividad no se encuentra considerada dentro de las funciones que debe realizar el personal del RS. Por ende, este indicador ha sido calificado con desempeño deficiente.

En relación al "Manejo de Biogás" (I-16), se verifica que esta actividad se realiza de acuerdo a lo considerado en la evaluación ex – ante⁹⁴, donde se señala: *"el diseño considera la instalación de chimeneas pasivas extractoras del biogás cada 50 metros"*. Considerando la información recopilada en terreno, la instalación de chimeneas pasivas se estaría realizando cada 30 metros, traducándose en un estándar superior a lo

⁹³ Se ha calculado desde el segundo al cuarto año de operación, por contar con toneladas ingresadas para el año completo.

⁹⁴ En el Estudio de Impacto Ambiental (EIA)

planificado ex – ante. Complementariamente, cabe destacar con base a información recogida en terreno e información obtenida de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del proyecto que: *“la generación de biogás en las celdas de relleno será muy baja, por lo que se estima que no alcanzará para constituir una mezcla inflamable aire - metano”*.

En relación al indicador “Impermeabilización/Geomembrana” (I-15), de acuerdo a la DIA del proyecto (ex – ante), se considera la impermeabilización de trincheras, textual: *“(…)y en virtud de la importancia del recurso hídrico para la Región de Atacama; se decidió impermeabilizar con Geomembrana la primera trinchera del relleno sanitario, con su correspondiente pozo de recolección, a objeto de validar estas conclusiones y asegurarse de que el desarrollo de este proyecto no presentará un riesgo de contaminación del recurso natural”*. De acuerdo a lo constatado en terreno, se confirma la instalación de geomembrana, por lo que este indicador ha sido evaluado con desempeño bueno. Por otra parte, el indicador “Manejo de Lixiviados” (I-17) se realiza a través del monitoreo de las cámaras de registro instaladas para ese propósito, a través de una empresa externa, obteniendo una calificación con desempeño bueno.

El indicador “Presencia de Vectores Sanitarios” (I-18), se ha calificado con desempeño deficiente, luego de la constatación en terreno de la presencia de aves (jotes de cuello rojo y negro) y mamíferos (perros).

Por último, en relación a “Controles Ambientales” (I-19), el RS de la Provincia del Huasco no cuenta con fiscalizaciones a la fecha, ni con multas y/o sanciones⁹⁵, por lo que ha sido calificado positivamente.

3. Grupos de Interés

Ex – ante, no se considera la evaluación de los servicios de recolección por grupos de interés o población objetivo analizados por edad, género, discapacidad u otros, siendo realizada de forma “universal”, es decir, puerta – contenedor, con una cobertura de recolección de las comunas atendidas del 100%.

Dado lo anterior y de acuerdo a información plasmada en el estudio ex – ante, uno de los objetivos del proyecto consiste en la entrega a las comunas (4) de la Provincia de

⁹⁵ <http://snifa.sma.gob.cl/v2>

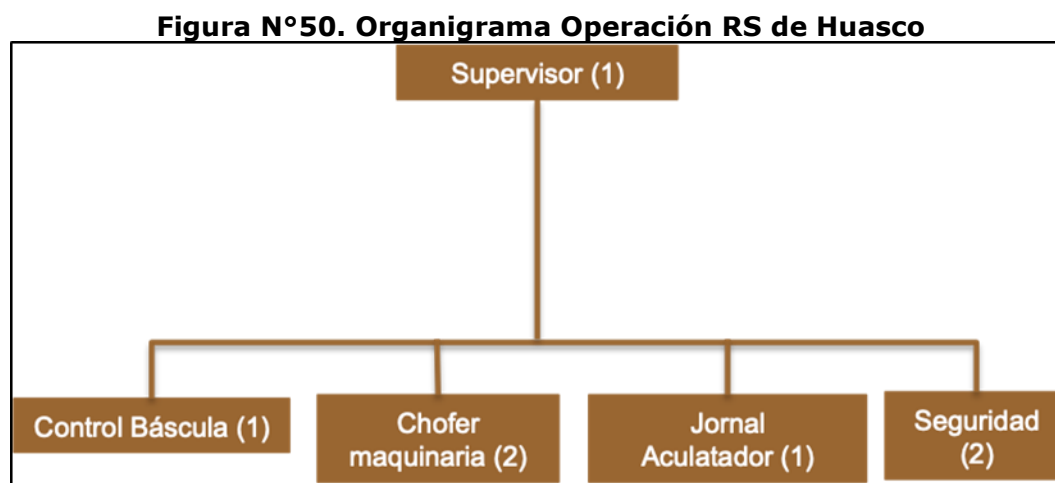
Huasco de una solución técnica, sanitaria y ambiental, en materia de disposición de residuos.

4. Funcionamiento Recursos Humanos

En relación a la dotación de personal asociado a la operación del RS, ex – ante se planifica una dotación de 9 funcionarios. Sin embargo, ex – post, de acuerdo con la información recopilada en terreno, se verifica que en la actualidad la dotación de personal alcanza a 7 funcionarios, lo que se traduce en una diferencia del (-22%), calificando a este indicador con desempeño malo, tal como se puede observar en la Tabla N°121.

Adicionalmente, no sólo se verifica una diferencia en dotación, sino que también en la definición de algunos perfiles de cargo considerados inicialmente: un mecánico, un administrativo y un chofer de camión; que no se encuentran operando en la actualidad. Actualmente, la dotación de personal considera 2 jornadas laborales completas para los guardias de seguridad y en el análisis ex – ante, sólo una.

En la Figura N°50 se presenta el esquema organizacional del RS de la Provincia del Huasco.



Fuente: Elaboración Propia

A continuación se presentan las funciones de cada cargo:

- Supervisor: Encargado de la gestión operacional, económica y financiera del proyecto, así como de supervisar de manera general todas las actividades realizadas por el personal que labora en el RS.
- Apoyo administrativo: Personal encargado de labores de oficina, en apoyo al Encargado del RS.

- Control báscula: Encargado de las labores sobre el control de pesaje en báscula, al ingreso de los residuos en el RS.
- Chofer maquinaria: Encargado de operar la maquinaria pesada para colocación, compactación y cobertura diaria de los residuos.
- Jornal aculador: Personal de apoyo en tareas de colocación, compactación y posterior cobertura de los residuos en el frente de trabajo. Adicionalmente, se le asignan tareas de limpieza y mantención de las instalaciones.
- Seguridad: Personal diurno y nocturno encargado del resguardo de las instalaciones.

**Tabla N°121. Evaluación Funcionamiento Recursos Humanos
RS de la Provincia del Huasco***

ID	Ámbito Indicador	Unidad	Ex - Ante	Ex - Post	VI	Var
I-20	Dotación de Personal del RS	Nº	9	7	>10%	-22% 

Fuente: Elaboración Propia

*ID: Identificador; VI: Valor del Indicador; S: Semáforo

5. Equipamiento y Capacidad Instalada

La capacidad instalada está referida al uso de equipos y maquinarias proyectadas ex - ante versus las actualmente consideradas para la operación del RS.

**Tabla N°122. Equipos y Maquinarias Consideradas en
Evaluación Ex - Post versus Ex -Ante**

Descripción maquinaria	Ex - Ante*	Ex - Post**
Buldozer (D6)	1	0
Buldozer (D4) para relevo	1	0
Excavadora	1	0
Retroexcavadora	0	1
Camión multipropósito	1	1
Cargador frontal	1	0
Camioneta	2	0
TOTAL	7	2

Fuente: Elaboración Propia

*De acuerdo a información de la Declaración de Impacto Ambiental Saneamiento Ambiental y Construcción del Relleno Sanitario Provincia de Huasco.

**De acuerdo a información recopilada en terreno, a partir de registro fotográfico.

En atención a lo indicado en la Tabla N°123, la desviación del proyecto ex - ante vs ex - post es de un (-71%), por lo cual, el indicador "Equipos y Maquinarias consideradas ex - ante y ex - post" (I-21) se evalúa con desempeño deficiente.

Tabla N°123. Evaluación Capacidad Instalada en Equipos y Maquinaria para el Relleno Sanitario de Huasco*

ID	Ámbito Indicador	Unidad	Ex - Ante	Ex - Post	VI	Var
I-21	Equipos y Maquinarias consideradas ex - ante vs ex - post	Nº	7	2	≥ 10%	-71% 

Fuente: Elaboración Propia

ID: Identificador; VI: Valor del Indicador; S: Semáforo

6. Programa Arquitectónico

Las instalaciones del RS consideran las siguientes áreas:

- Caseta de control y administración;
- Galpón de mantenimiento;
- Depósito de combustible y aceites usados;
- Caseta de gas;
- Generador eléctrico;
- Área de lavado de camiones.

En la Tabla N° 124 se describe cada una de ellas y se realiza una comparación ex – ante versus ex – post de sus dimensiones (m²).

Tabla N° 124. Descripción Áreas RS Provincia del Huasco

Área	Descripción*	Ex – ante (m²)	Ex – ante (m²)
Caseta de control	Garita destinada a la persona que controla el ingreso al recinto.	9,0	9,0
Caseta de pesaje	Báscula para la cuantificación de los residuos que ingresan al relleno sanitario.	18,0	18,0
Oficinas	Sector para oficinas de administración, que considera también sala de reuniones y de educación comunitaria destinada a colegios, estudiantes y organizaciones para la educación ambiental, relacionada con la generación y reciclaje de residuos sólidos domiciliarios.	115,5	115,5
Baños y vestidores	Sala de cambios y servicios higiénicos	29,3	29,3
Galpón de mantención	-	225,0	225,0
Lavado de camiones	Losa para el lavado de tolva de camiones recolectores.	110,3	119,3
Total		507,0	516,0

Fuente: Elaboración propia en base a Proyecto Construcción Relleno Sanitario de la Provincia de Huasco. Código BIP 30086288-0

*De acuerdo a evaluación ex – ante

Entre los hallazgos presentados en el Capítulo III, letra F, [punto 4.3](#), se menciona lo siguiente: *"Las apreciaciones generales de este proyecto son positivas. El proyecto funciona bien y no presenta grandes debilidades. Se sugiere poner atención en la mantención de los cierros perimetrales del RS, puesto que la mayor problemática es la aparición de animales en espacios de trabajo. Sumado a ello, se sugiere techar zona de lavado de camiones para el confort de los trabajadores. Adicionalmente, el diseño del RS permite tener una visión completa de su operación desde las oficinas administrativas, lo que se percibe como una fortaleza, permitiendo optimizar su funcionamiento. Se visualiza una pequeña ampliación en el área de lavado de camiones con la incorporación de un contenedor de aproximadamente 3,00 x 3,00 m".*

A partir de estos hallazgos, el indicador "Instalaciones de Relleno Sanitario" (I-22) es calificado con desempeño bueno, como se puede apreciar en la Tabla N°125. Este indicador se elabora sumando las dimensiones totales consideradas en el estudio ex – ante, para luego contrastarlas con las dimensiones de las instalaciones efectivamente construidas, presentando una diferencia de un 2%.

Para el indicador "Dotación de Artefactos Sanitarios por Sexo" (I-23), se considera como base el DS N° 594, al igual que en el resto de los RS estudiados. En este caso se cumple con la normativa en sus dos dimensiones, es decir, en cantidad de artefactos considerandos y existencia de baños independientes por género.

Tabla N°125. Evaluación Programa Arquitectónico RS Provincia del Huasco*

ID	Ámbito Indicador	Unidad	Ex - Ante	Ex - Post	VI	Var	
I-22	Instalaciones de relleno sanitario	m ²	507	516	< 5% en base al perfil	2%	✓
I-23	Artefactos sanitarios por sexo	Nº	-	9 inodoros 8 lavamanos 4 duchas	**		✓

Fuente: Elaboración Propia

***ID: Identificador; VI: Valor del Indicador; S: Semáforo**

****Cumple con la cantidad de artefactos, y considera a ambos sexos.**

7. Percepción Usuarios Directos

Al igual que en los casos de los RS de Arauco – Curanilahue y Caldera, estos indicadores fueron propuestos con base en la información recopilada a partir del "Análisis de Satisfacción Usuaría". Este análisis, fue desarrollado mediante la aplicación de entrevistas semi estructuradas a los jefes de operación y a administradores municipales de cada RS. Además, se realizaron focus group o entrevistas grupales a operarios de los RS.

Dado que el escenario ex – ante no cuenta con información cualitativa de los usuarios, puesto que el proyecto no existía, se ha utilizado sólo información ex – post, como una medida de entender si los usuarios se encuentran conformes con el resultado del proyecto. En este sentido, y de acuerdo a las respuestas de los encargados y funcionarios del RS se ha podido establecer que el proyecto ha sido recibido de buena manera por la comunidad, como es posible advertir en la Tabla N°126.

**Tabla N°126. Evaluación Percepción Usuarios Directos
RS Provincia del Huasco***

ID	Ámbito Indicador	Unidad	Ex - Ante	Ex - Post	VI	Var	
I-24	Satisfacción de la comunidad con el RS	Escala 1 a 7	-	6,4	Entre 5,5 y 7		✓
I-25	Solución que entrega el RS	Escala 1 a 7	-	5,6	Entre 5,5 y 7		✓

Fuente: Elaboración Propia

*ID: Identificador; VI: Valor del Indicador; S: Semáforo

8. Costos

Al igual que en los casos anteriores, los costos se han dividido en dos: i) Costos de Inversión (I-26) y ii) Costos de Operación y Mantenimiento (I-27).

Es así, como en la Tabla N°127, ambos indicadores han sido evaluados con desempeño deficiente. En relación a los costos de inversión, la desviación entre ex – ante y ex –post es de un 20%.

**Tabla N°127. Evaluación de los Costos del RS de la Provincia del Huasco
(Moneda 2012)***

ID	Ámbito Indicador	Unidad	Ex - Ante	Ex - Post	VI	Var	
I-26	Costos de inversión	MM\$	1.060	1.277	Variación >10%	20%	✗
I-27	Costos de operación y mantenimiento	MM\$	98	129	Variación >10%	32%	✗

Fuente: Elaboración Propia

*ID: Identificador; VI: Valor del Indicador; S: Semáforo

Por su parte, los costos de operación presentan una desviación de un 32%, entre ambos escenarios. La evaluación ex – ante subestima los costos de operación, principalmente en los ítems remuneraciones e insumos.

9. Análisis de la Gestión General

En este apartado se agrega todo el análisis desarrollado en las secciones anteriores, con el objetivo de mostrar el nivel de desempeño del RS de manera global.

Del conjunto de indicadores evaluados, el RS de la Provincia del Huasco obtiene un 67% con desempeño bueno, 7% con desempeño regular y un 26% con desempeño deficiente, tal como se puede observar en la Tabla N°128.

Tabla N°128. Evaluación Desempeño RS de la Provincia del Huasco

Desempeño	Cantidad de indicadores	Porcentaje %
Desempeño bueno	18	67%
Desempeño regular	2	7%
Desempeño deficiente	7	26%
TOTAL	27	100%

Fuente: Elaboración Propia

Esto se traduce en una nota de 5,4 para el RS de la Provincia del Huasco, dando cuenta de una buena gestión, pero que puede ser mejorada.

A continuación, en la Tabla N°129, se presenta un resumen de los indicadores que componen cada tópico evaluado y su respectivo desempeño. Cabe destacar el buen cometido en el tópico "Estrategia de Gestión" con 5 de 6 indicadores con buen desempeño. No obstante, el tópico "Proceso de Gestión y Funcionamiento Interno" presenta cierto grado de debilidad, con un 30% de sus indicadores en la categorías desempeño regular y desempeño deficiente.

Tabla N°129. Desempeño por Tópico RS de la Provincia del Huasco

N°	Desempeño por tópico	Indicadores	N° de Ind	Desempeño bueno	Desempeño regular	Desempeño deficiente
1	Estrategia de gestión	I-1 a I-6	6	5	0	1
2	Proceso de gestión y funcionamiento interno	I-7 a I-19	13	9	2	2
3	Funcionamiento de recursos humanos	I-20	1	0	0	1
4	Capacidad instalada y demanda actual	I-21	1	0	0	1
5	Programa arquitectónico	I-22 e I-23	2	2	0	0
6	Percepción usuarios directos	I-24 e I-25	2	2	0	0
7	Costos	I-26 e I-27	2	0	0	2
Total			27	18	2	7

Fuente: Elaboración Propia

Este RS cuenta con variadas fortalezas destacando la cobertura en recolección que alcanza el 100% y la excelente frecuencia de recolección.

También destaca la calidad de las instalaciones del RS que se mantienen en buenas condiciones y cuyo dimensionamiento se encuentra de acuerdo a la planificación ex – ante.

El RS cuenta con una buena accesibilidad, a una distancia de 2 km de la Ruta 5 y con un camino de acceso que se encuentra en óptimas condiciones.

Este RS cuenta con procesos de gestión internos que cumplen de buena forma los estándares exigidos, garantizando su buen funcionamiento, a excepción del servicio de lavado de camiones que no se brinda, y la presencia de perros y aves en su interior.

Los indicadores “Capacidad aumentada de disposición final” y “Ratio de utilización de las instalaciones de disposición final”, entregan información sobre el dimensionamiento del RS. En este caso con un 23% y 20% de desviación, respectivamente, podrían estar indicando una posible disminución de su vida útil, en un rango acotado.

Dentro de las debilidades de este RS (en relación a su diseño original) radica en las importantes desviaciones en las variables de dotación, maquinarias y equipos. Inicialmente se consideró una dotación de 9 funcionarios, utilizando sólo 7 funcionarios en la práctica, que se traduce en una desviación de un (-22%). En el caso de maquinarias y equipos, inicialmente se consideró un parque de 7 de ellas y en la actualidad sólo se opera con 2, lo que representa un 29% del parque de maquinarias planificado ex – ante. Queda la incógnita respecto si estas desviaciones son fruto de optimizaciones realizadas en la operación, y por tanto, obedecen a errores de diseño, o si ellas radican en recortes presupuestarios o causas de otra índole.

F. Relleno Sanitario Provincial

1. Estrategia de Gestión

El Relleno Sanitario Provincial se encuentra ubicado en la Región de Los Lagos, en la Provincia de Llanquihue, comuna de Puerto Varas, aproximadamente a 12 km de la ciudad de Puerto Montt y 7 km de Puerto Varas. Este RS se emplaza en un predio de 179⁹⁶ há de propiedad municipal. El acceso hacia el RS es por un camino interior, enlace La Laja, que conecta directamente con la Ruta 5 Sur y de esta forma con la ciudad de Puerto Montt y Puerto Varas.

El proyecto está diseñado para recepcionar y disponer residuos sólidos domiciliarios y asimilables (RSDyA) generados en las comunas de Puerto Montt, Calbuco, Cochamó, Frutillar, Fresia, Los Muermos, Llanquihue, Maullín y Puerto Varas, con una población (proyección al año 2019) de 440.233⁹⁷ personas, y una recolección estimada de 462⁹⁸ Ton/día. El RS, al año de cierre, acumula 2.798.156⁹⁹ toneladas (Ton), para una vida útil de 20 años.

Este RS cuenta con una concesión del tipo mixta, en que la propiedad del terreno corresponde a la Asociación de Municipalidades de la Provincia de Llanquihue y su operación se encuentra a cargo de la empresa privada Interaseo Chile S.A. En la Tabla N°130 se ofrece información general del RS.

⁹⁶ El área destinada al RS, se desarrolla en el sector suroeste de la propiedad, utilizando una superficie aproximada de 45 há, que incluye la zona de relleno, acopio y obras periféricas (Información en Estudio de Impacto Ambiental, EIA).

⁹⁷ De acuerdo a EIA. En la evaluación Ex – Post se proyectó una población atendida de 416.267

⁹⁸ De acuerdo a EIA, estimada a 300 días de operación anual. La cantidad actual de acuerdo a registros de terreno provistos por el RS de Puerto Varas son 511 Ton/día.

⁹⁹ De acuerdo Evaluación Ex – Ante.

Tabla N°130. Información General RS Provincial

	Descripción
Nombre del sitio	Relleno Sanitario La Laja
Clasificación	Relleno sanitario
Nº RCA	214/2009
Ubicación - Región	Región de Los Lagos
Ubicación - Comuna	Puerto Varas
Coordenadas UTM N (Datum WGS 84, huso 18)	5.417.959
Coordenadas UTM E (Datum WGS 84, huso 18)	663.588
Tipo de conseección	Mixta
Propietario	Asociación de Municipalidades de la Provincia de Llanquihue
Operador	Interaseo Chile S.A.
Inicio operaciones	2016
Comunas que disponen	Puerto Montt; Calbuco; Cochamó; Fresia; Frutillar; Los Muermos; Llanquihue; Maullín; Puerto Varas
Población Total atendida (al año 2019)	440.233
Vida útil (años)	20
Año cierre previsto	2036
Toneladas totales al año de cierre	2.798.156
Ubicación del sitio (desde límite urbano)	7 km desde Puerto Varas y 12 km desde Puerto Montt

Fuente: Elaboración Propia

En lo que respecta a la recolección de residuos, se cuenta actualmente con una cobertura del 100%.

En la Tabla N°131 se presenta el conjunto de indicadores (6) que buscan medir el desempeño de la "*Estrategia de Gestión*" implementada en este RS. Como se puede observar, cuatro (4) de ellos son calificados con buen desempeño y uno (1) con desempeño regular¹⁰⁰ (I-5). El indicador "Frecuencia de Recolección" (I-3) no fue considerado por no contar con la información necesaria para realizar su evaluación.

¹⁰⁰ Se evalúa el indicador en base a la distancia más larga de las comunas con más recolección de residuos, que en este caso serían Puerto Montt (a 12 km de distancia, y representando al menos el 60% de la generación) y Puerto Varas (a 7 km de distancia). En base a entrevista de terreno, el proyecto original consideró estación de transferencia para comunas más alejadas como Calbuco (a aprox. 60 km de distancia) y Maullín (a aprox. 90 km). Por otra parte, y en base a misma información de terreno, se evaluó estación de transferencia para comunas como Fresia (70 km) y Cochamó (100 km), no logrando la viabilidad para la implementación de ésta.

Tabla N°131. Evaluación Estrategia de Gestión RS Provincial*

ID	Ámbito Indicador	Unidad	Ex - Ante	Ex - Post	VI	Var	
I-1	Cobertura de recolección	%	-	100%	≥ 90		✓
I-2	Toneladas de residuos sólidos recolectados	Ton/día	462	511	≤ 20%	11%	✓
I-3	Frecuencia de recolección	Días por semana	-	-	-		-
I-4	Población atendida	Nº	440.233	416.267	≤ 20%	-5%	✓
I-5	Distancia desde el límite urbano hacia el RS	km	Entre 7 y 12	Entre 7 y 100	≥ 30		✗
I-6	Accesibilidad	Bueno/Regular /Malo	Buena	Buena	Buena		✓

Fuente: Elaboración Propia

***ID: Identificador; VI: Valor del Indicador; S: Semáforo; (-) Sin Información**

En relación al indicador "Accesibilidad" (I-6), de acuerdo a información recogida en entrevistas realizada en terreno, se puede afirmar que la ubicación del proyecto es estratégica, ya que cuenta con una conexión vial permanente, Ruta 5, con acceso Norte y Sur, y un retorno que permite su uso sin pagar peaje, calificando este aspecto con buen desempeño.

2. Proceso de Gestión y Funcionamiento Interno

El proyecto de RS contempla las siguientes obras físicas, superficies, acciones y controles (incluyendo los ambientales):

1) Obras físicas¹⁰¹

- Caseta de control de acceso o de vigilancia
- Caseta de registro (portón) y báscula
- Área de administración y control
- Sala de reciclaje o multiuso habilitada (Centro de Educación Ambiental)
- Cerco perimetral
- Caminos interiores
- Sistema de manejo y tratamiento de lixiviados
- Sistema de manejo y tratamiento de biogás
- Lavado de camiones (cajas compactadoras, contenedores, ruedas)

¹⁰¹ Información obtenida de EIA Relleno Sanitario La Laja

- 2) *Superficies*: En términos generales el diseño geométrico del RS, considera la disposición de los residuos mediante el método de área¹⁰², con excavación de la base en algunos metros. Por otro lado, la superficie total del predio es de 179 há, y la zona destinada al relleno, se desarrolla en el sector suroeste de la propiedad, utilizando una superficie aproximada de 45 há, que incluye las zonas de relleno, acopio y obras periféricas. En la Tabla N°132 se hace un detalle de las mismas.

**Tabla N°132. Superficies por Componente
RS Provincial**

Componente	Superficie (há)
Zona Relleno	17,5
Zona Periférica	12
Zona Acopio	15
Total	45

**Fuente: Elaboración propia en base a
EIA Relleno Sanitario La Laja**

- 3) *Acciones*: En términos generales la operación del RS considera la recepción de los residuos, su disposición, manejo y cobertura con el material destinado para ese fin. Además en esta etapa, operan los sistemas de tratamiento de lixiviados y biogás. De este modo, se describen las siguientes acciones:

- Recepción para el registro, control del peso y tipo de residuo.
- Descarga de residuos en frente de trabajo, posteriormente empujados y compactados con maquinaria en capas definidas.
- Cobertura diaria

La Figura N°51 muestra el proceso de gestión de residuos, desde la etapa de recolección hasta la de disposición final, detallando los límites de cada sistema y sus componentes.

4) *Controles y mantenciones*

Los controles y mantenciones están relacionados a los especificados en el estudio ex – ante (EIA), por lo que se han podido definir como todos aquellos realizados tanto a los sistemas implementados en el propio RS (sistema de captación de biogás, lixiviados, etc), los especificados en el Plan de Medidas Ambientales¹⁰³ (PMA), así como a la maquinaria utilizada en cada una de las etapas del sitio de disposición

¹⁰² Cota de coronamiento de aproximadamente 45 metros sobre el suelo.

¹⁰³ Detallado en Capítulo 6 de la EIA.

final (construcción, operación y cierre).

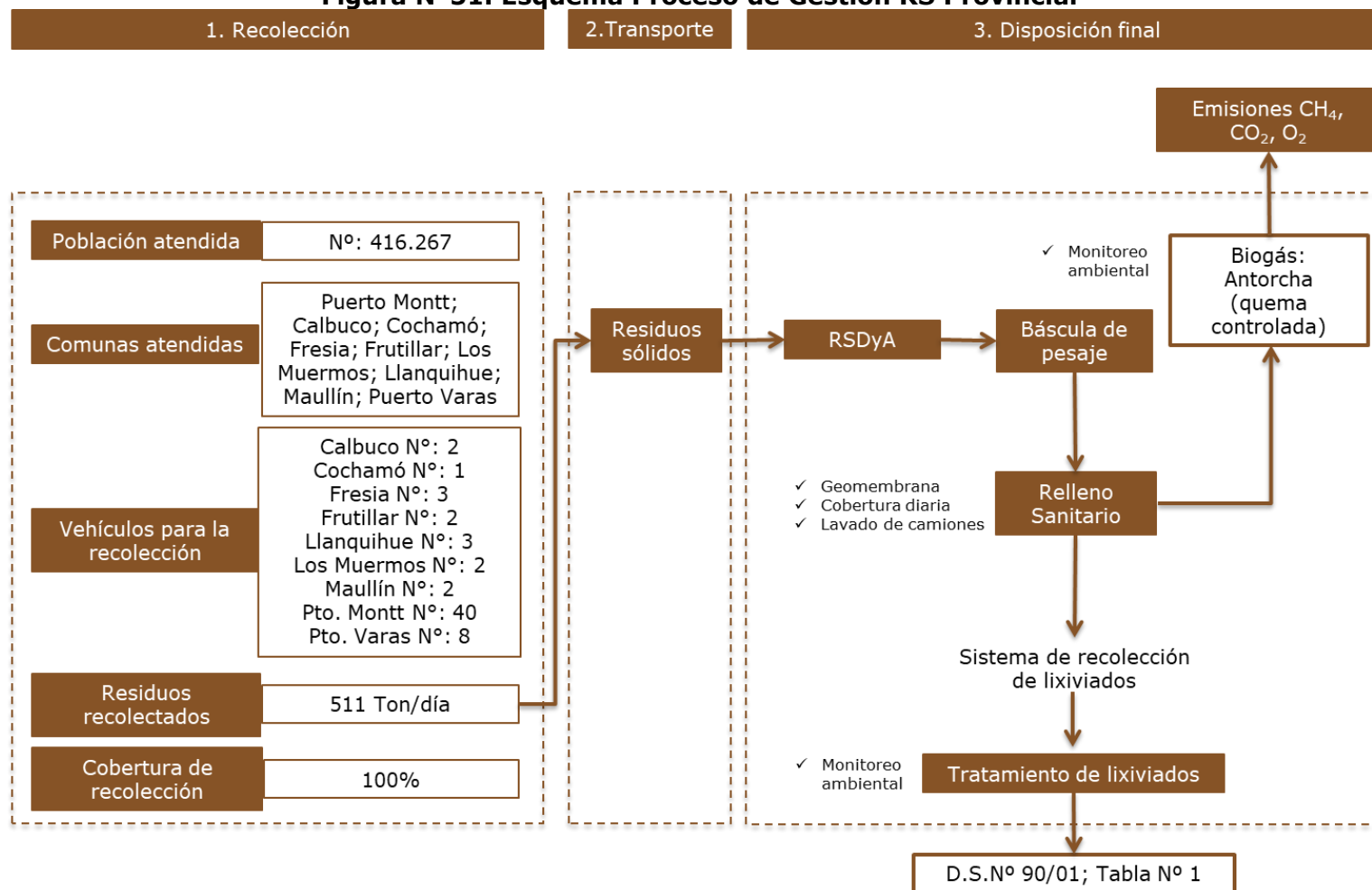
5) *Plan de seguimiento ambiental (PSA)*

El PSA tiene por objetivo dar cumplimiento a los requisitos exigidos en el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, teniendo como finalidad verificar que el estado de los componentes ambientales evolucione según lo establecido en la evaluación de impacto ambiental del RS Provincial, pudiendo de esta manera acreditar, el cumplimiento de la normativa ambiental aplicable al proyecto.

En el Capítulo N°5 del EIA se han identificado, calificado y jerarquizado los potenciales impactos ambientales del RS. Por otra parte, en el Capítulo N°6 "Plan de Manejo Ambiental" (PMA) se han establecido las medidas que se deben tomar para mitigar, reparar y compensar los efectos significativos negativos de su construcción, operación y cierre. Para verificar la implementación adecuada de las medidas consideradas en el PMA, así como verificar que los componentes ambientales evolucionen de acuerdo a lo estimado, se implementará el PSA durante las fases de construcción, operación y cierre del RS. El PSA servirá también como herramienta de gestión para la auditoría ambiental independiente exigida por la Autoridad Ambiental competente.

La Tabla N°133 presenta el tipo de seguimiento que se llevará a cabo, fases en las que se aplicará, plazos y objetivos.

Figura N°51. Esquema Proceso de Gestión RS Provincial



Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la Figura N°51, una vez que los camiones recolectores llegan al RS son individualizados y pesados en báscula registrando su tonelaje, identificación del camión, y procedencia, entre otras cosas. Posteriormente, el chofer del camión recolector se dirige al frente de trabajo en donde dispone la totalidad de los residuos que transporta. Luego se dirige a la zona de lavado donde se le aplica agua a la tolva y chasis del camión. Una vez que el proceso de lavado finaliza el camión se dirige hacia la salida del RS donde es pesado nuevamente, obteniendo por diferencia el tonelaje de residuos dispuestos en la pasada y finalmente se retira del RS. Por su parte, en el frente de trabajo, una vez que el camión ha dispuesto los residuos comienza el proceso de compactación y cobertura de éstos, para lo cual se utiliza la maquinaria disponible en el RS, actividad que se realiza por cada camión que dispone en el frente de trabajo. La cobertura se realiza con material disponible en el RS, lo que permite la aislación de los residuos depositados con el medio ambiente, resguardando la proliferación de vectores, y olores asociados a la descomposición de la materia orgánica.

Por su parte, aguas lluvias y líquidos percolados producidos por el RS son conducidos gravitacionalmente a la Planta de Tratamiento de Lixiviados (PTL) del RS. El proceso de tratamiento comienza con la acumulación de las aguas en una piscina de decantación, en la que por medio de un proceso físico – químico se separan sólidos gruesos de finos y a su vez se homogeniza el agua¹⁰⁴. Posteriormente, el agua pasa a una piscina de aireación donde mediante un proceso biológico con bacterias se separa el agua de lodos y sedimentos. Una vez realizado este proceso, el agua es impulsada (a través de bombas) hacia una piscina lacustre donde se desarrolla un segundo tratamiento a través de vegetación acuática. Luego, el agua se impulsa hacia un colector para su acumulación final; durante el trayecto se le aplica luz ultravioleta con el objetivo de eliminar microorganismos. Finalmente, el agua acumulada es vertida a un cauce natural sólo cuando el colector se encuentra a plena capacidad.

¹⁰⁴ Dado que aguas lluvias y líquidos percolados provienen de distintos puntos del RS poseen diferentes componentes, por lo que es necesario dejarlas a un mismo nivel de composición.

Tabla N°133. Monitoreo Compromisos Ambientales Adquiridos RS Provincial

Tipo de seguimiento	Fases del proyecto	Plazo	Objetivos
De cumplimiento	Construcción, operación y cierre	Corto a mediano plazo	Verificar el cumplimiento de la aplicación de las medidas de protección ambiental propuestas en el PMA
De prevención y verificación	Construcción, operación y cierre	Mediano y largo plazo	Verificar la efectividad de las medidas de protección ambiental propuestas en el PMA
			Verificar que los componentes ambientales evolucionen de acuerdo con lo estimado en el EIA
			Detectar y prevenir la ocurrencia de efectos ambientales no deseados

Fuente: Resolución de Calificación Ambiental N° 214/2009, "EIA Relleno Sanitario La Laja".

Finalmente, en la Tabla N°134 se presenta el conjunto de indicadores (13) utilizados para evaluar el desempeño del "*Proceso de Gestión y Funcionamiento Interno*" implementado en el RS Provincial.

Tabla N°134. Evaluación Proceso de Gestión y Funcionamiento Interno RS Provincial*

ID	Ámbito Indicador	Unidad	Ex - Ante	Ex - Post	VI	Var	
I-7	Capacidad aumentada de la disposición final	Ton/año	134.428	135.254	≤ 20 %	1%	✓
I-8	Ratio de utilización de la instalación de disposición final	%	16,0	15,8	≤ 20 %	-1%	✓
I-9	Pesaje de residuos previa disposición final (en báscula)	Si/Periódicamente/No	Si	Si	Si		✓
I-10	Tiempo de recorrido de los camiones dentro del relleno sanitario	Minutos	-	-	-		-
I-11	Camino de acceso hacia el frente de trabajo (paso de camiones)	Óptimo/Problemas algunos meses del año/En mal estado todo el año	-	Taco, atochamientos	Con problemas algunos meses del año		⚠
I-12	Tasa de Rs adecuadamente dispuestos	%	-	100%	≥ 90%		✓
I-13	Cobertura diaria	Si/Algunas Veces/No	Si	Si	Si		✓
I-14	Lavado de camiones	Si/Algunas Veces/No	Si	Si	Si		✓
I-15	Impermeabilización de zanjas	Si/En proceso/No	Si	Si	Si		✓
I-16	Manejo de biogás	Óptimo/Con inconvenientes operativos/No	Óptimo	Óptimo	Óptimo		✓
I-17	Manejo de lixiviados	Óptimo/Con inconvenientes operativos/No	Óptimo	Óptimo	Óptimo		✓
I-18	Presencia de vectores sanitarios	Ninguno/Algunos insectos y pájaros/Insectos, pájaros, roedores y mamíferos	-	Pájaros y mamíferos	Algunos Insectos y pájaros		⚠
I-19	Controles Ambientales: Fiscalizaciones por la Autoridad Ambiental	Se hacen/Se hacen algunos controles/No se hacen	-	Con multas a la fecha	Con sanciones y multas en proceso		✗

Fuente: Elaboración Propia

***ID: Identificador; VI: Valor del Indicador; S: Semáforo; (-) Sin Información**

Los indicadores "Capacidad Aumentada de la Disposición Final¹⁰⁵" (I-7) y "Ratio de utilización del RS" (I-8), fueron calificados con desempeño bueno, obteniendo una desviación de un 0,6% y (-1,24%), respectivamente.

De acuerdo a la información levantada en visita a terreno, todos los residuos que ingresan al recinto son pesados en báscula, para ser dispuestos seguidamente en el frente de trabajo, finalizando el proceso con labores de cobertura. Este proceso se ve reflejado en los indicadores I-9, I-12 e I-13 calificados con desempeño bueno.

El indicador "Tiempo de Recorrido de los Camiones dentro del Relleno Sanitario" (I-10), no pudo ser evaluado, al no contar con dicha información. Por su parte, el indicador "Camino de Acceso Hacia el Frente de Trabajo" (I-11), ha sido calificado con desempeño regular. Si bien es cierto, se encuentra en óptimas condiciones y cuenta con dos entradas independientes con báscula (cada una), de acuerdo a entrevista realizada en terreno, se indica que se presentan atochamientos por la cantidad de camiones que ingresan al recinto (58 diarios y al menos 70 diarios en temporada alta).

Con respecto al indicador "Lavado de Camiones (I-14), fue calificado con desempeño bueno, ya que se realiza esta actividad de acuerdo a lo planificado.

El indicador "Impermeabilización/Geomembrana" (I-15), se ha calificado con desempeño bueno, toda vez que en el proyecto ex - ante se considera la instalación de geomembrana de polietileno de alta densidad (PEAD o HDPE), la cual se encuentra instalada de acuerdo a información recabada en terreno.

En relación al "Manejo de Biogás" (I-16), se corrobora que se hace de acuerdo a lo considerado en la evaluación ex - ante¹⁰⁶, donde se señala: *"Conforme avancen las operaciones, se irán instalando los sistemas de drenaje, bermas, drenes de lixiviados y sistemas colectores de biogás de acuerdo a lo estipulado por proyecto". "Paralelo a las faenas de descarga, compactación y cobertura de residuos se construirán los drenes de colección y drenaje de biogás".* Por lo tanto, se califica con buen desempeño.

El indicador "Presencia de Vectores Sanitarios" (I-18), ha sido calificado con desempeño regular, puesto que durante visita a terreno se pudo constatar la presencia de aves.

¹⁰⁵ Se ha calculado a partir del segundo y tercer año de operación, por contar con toneladas ingresadas para el año completo.

¹⁰⁶ En el Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

Por último, en relación al indicador “Controles Ambientales” (I-19), el RS Provincial cuenta con sanciones y multas con estado de pago pendiente a la fecha, evaluando este indicador con desempeño deficiente¹⁰⁷.

3. Grupos de Interés

En el estudio preinversional, no se considera la evaluación de los servicios de recolección por grupos de interés o población objetivo, ya sea por edad, género, discapacidad, entre otros, siendo ésta realizada de forma “universal”, es decir, puerta – contenedor, con una cobertura de recolección para las zonas urbanas de las comunas atendidas del 100%.

Dado lo anterior y de acuerdo a información plasmada en el estudio ex – ante, uno de los objetivos para la materialización del proyecto, fue la de entregar una solución ambiental de largo plazo a la problemática de la eliminación de los residuos sólidos domiciliarios (RSD) a través de la disposición final, de los mismos y de los asimilables a domiciliarios, tanto de origen urbano como rural, generados en la provincia de Llanquihue, compuesta por las comunas de Puerto Montt, Calbuco, Cochamó, Frutillar, Fresia, Los Muermos, Llanquihue, Maullín y Puerto Varas.

4. Funcionamiento Recursos Humanos

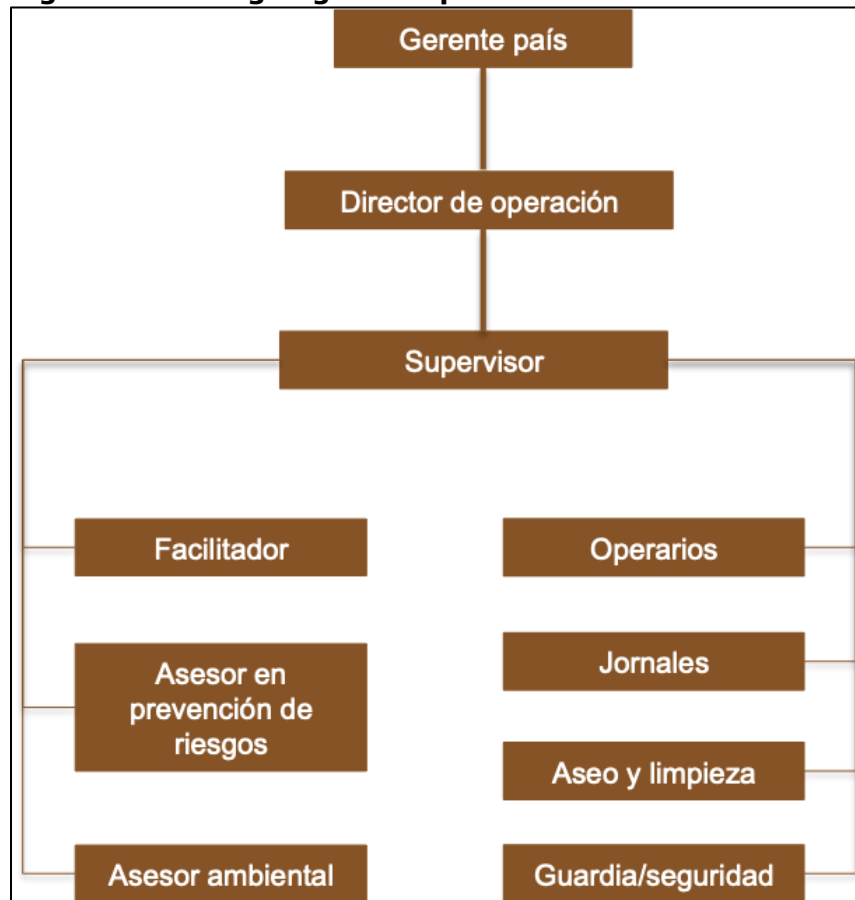
La dotación de personal ex – ante del RS considera 10 funcionarios asociados a su operación. Ex – post, de acuerdo a información recopilada en terreno, el RS cuenta con una dotación de 23 funcionarios, que representa una desviación del 130% entre ambos escenarios, explicada principalmente por la operación de dos turnos a petición expresa de la comuna de Puerto Montt.

Sobre la base de entrevistas de terreno, la cantidad actual de personas que trabajan en el RS lo hacen en dos turnos.

En la Figura N°52 se presenta el organigrama de la operación actual.

¹⁰⁷ <http://snifa.sma.gob.cl/v2/UnidadFiscalizable/Ficha/9354>

Figura N°52. Organigrama Operación RS de Puerto Varas



Fuente: Elaboración Propia

- Gerente País: Gerente técnico encargado de los proyectos de RS en Chile, dado que la operación se encuentra a cargo de una empresa transnacional de origen colombiano.
- Director de Operación: Encargado de la gestión operacional, económica y financiera del proyecto.
- Supervisor: Encargado de la gestión operacional del RS, así como de supervisar de manera general todas las actividades realizadas por el personal que trabaja en el RS.
- Facilitador: Encargado de las labores de educación ambiental en el Centro de Divulgación y Reciclaje del RS, y de generar relaciones con la comunidad.
- Asesor en Prevención de Riesgos: Encargado de identificar, evaluar, monitorear y controlar la ocurrencia de incidentes, accidentes del trabajo y enfermedades

profesionales, a partir de la elaboración y difusión del programa de prevención (Salud Ocupacional, Higiene, Ambiental).

- Asesor ambiental: Controla y supervisa el cumplimiento de los compromisos ambientales adquiridos en la Resolución de Calificación Ambiental.
- Operarios: Personal encargado de operar maquinaria pesada, para la colocación, compactación y posterior recubrimiento de los residuos en el frente de trabajo
- Jornales: Personal encargado de apoyar las labores realizadas por los operarios.
- Aseo y limpieza: Personal de que realiza labores de limpieza, manteniendo las condiciones sanitarias básicas en el lugar de trabajo.
- Guardia/Seguridad: Personal encargado del resguardo de las instalaciones.

En la TablaN°135 se presenta la evaluación a partir de indicadores, por lo cual, y dado que el número de personas que se consideró inicialmente no coincide con el actual, este indicador se ha evaluado con desempeño deficiente.

TablaN°135. Evaluación Funcionamiento Recursos Humanos RS Provincial*

ID	Ámbito Indicador	Unidad	Ex - Ante	Ex - Post	VI	Var
I-20	Dotación de Personal del RS	Nº	10	23	>10%	130% 

Fuente: Elaboración Propia

*ID: Identificador; VI: Valor del Indicador; S: Semáforo; (-) Sin Información

5. Equipamiento y Capacidad Instalada

La capacidad instalada está referida al uso de equipos y maquinarias proyectadas ex – ante versus las actualmente consideradas para la operación de RS.

Tabla N°136. Equipos y Maquinarias Consideradas en Evaluación Ex –Ante vs Ex - Post

Descripción maquinaria	Ex - Ante	Ex - Post
Bulldozer	1	-
Excavadoras	4	-
Cargadores frontales	4	-
Camiones tolva	8	-
Camiones aljibes	2	-
Motoniveladora	1	-
Rodillo Compactador	1	-
TOTAL	21	0

Fuente: Elaboración propia en base a "EIA Relleno Sanitario La Laja"

No se contó con información respecto del parque de equipos y maquinarias que

Evaluación Ex – Post de Mediano Plazo a Proyectos de Rellenos Sanitarios e Infraestructura Complementaria para la Gestión de Residuos Sólidos Domiciliarios

permitieran realizar la evaluación ex – post, por este motivo no fue posible evaluar el indicador I-21.

Tabla N°137. Evaluación Capacidad Instalada en Equipos y Maquinaria para el Relleno Sanitario de Puerto Varas*

ID	Ámbito Indicador	Unidad	Ex - Ante	Ex - Post	VI	Var	
I-21	Equipos y Maquinarias consideradas ex - ante vs ex - post	Nº	21	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia

***ID: Identificador; VI: Valor del Indicador; S: Semáforo; (-) Sin Información**

6. Programa Arquitectónico

Las instalaciones del RS consideran las siguientes áreas:

- Oficinas de administración;
- Laboratorio;
- Camarines;
- Galpón de mantención;
- Galpón de lavado;
- Caseta de pesaje.

Éstas se describen tal y como fueron consideradas en la evaluación ex – ante, así como una comparación en dimensiones (m²) en la Tabla N° 138.

Tabla N° 138. Descripción Áreas RS Provincial

Área	Descripción*	Ex – Ante (m ²)	Ex – Post (m ²)
Oficinas de administración	Para la adecuada operación del relleno, el proyecto contempla Oficinas e Instalaciones para el personal que labora en éste. Las oficinas se ubican cercanas al portón de entrada de manera tal de permitir a sus trabajadores tener una visión completa de la operación e ingreso de los camiones.	283,2	283,2
Laboratorio	Laboratorio de control de calidad	53,0	53,0
Camarines	Instalaciones para uso del personal que labora en el RS	80,2	80,2
Galpón de mantención	Galpón o taller para la mantención de la maquinaria se contempla un galpón o taller de trabajo. Dentro de esta área se ubica un sector para el almacenamiento temporal de residuos peligrosos en cumplimiento con el D.S. No 148/04.	255,7	255,7
Galpón de lavado	Consiste de galpón de estructura metálica, con revestimiento de techumbre, radier de hormigón afinado mecánicamente y una canaleta perimetral, recolectora del agua de lavado, la que conducirá las aguas hasta una cámara separadora de grasas y aceite, para luego enviar el efluente al sistema de tratamiento de líquidos lixiviados. Para el lavado de los camiones se utilizará una hidrolavadora.	220,0	220,0
Caseta de pesaje	Esta caseta se encuentra equipada con computador y software especializado, que permite el registro mínimo de datos de entrada de los camiones, de lo siguiente: Hora de ingreso; placa patente del camión; procedencia (municipalidad, empresa privada); tipo de residuos; nombre del chofer; peso bruto total.	11,5	11,5
Total		903,6	903,4

Fuente: "EIA Relleno Sanitario La Laja" e Información obtenida del Encargado del RS

***De acuerdo a Evaluación ex – ante.**

A continuación, se presenta la Tabla N°139, que contiene los indicadores utilizados para evaluar el programar arquitectónico del RS.

Tabla N°139. Evaluación Programa Arquitectónico RS Provincial*

ID	Ámbito Indicador	Unidad	Ex - Ante	Ex - Post	VI	Var	
I-22	Instalaciones de relleno sanitario	m ²	903,55	903,55	< 5% en base al perfil	0%	✓
I-23	Artefactos sanitarios por sexo	Nº	-	13 inodoros; 17 lavamanos; 8 duchas y 6 urinarios	**		✓

Fuente: Elaboración Propia

***ID: Identificador; VI: Valor del Indicador; S: Semáforo; (-) Sin Información**

****Cumple con la cantidad de artefactos, y considera a ambos sexos.**

De acuerdo a la Tabla N°139, se ha evaluado el indicador “Instalaciones de Relleno Sanitario” (I-22) con desempeño bueno, puesto que no se aprecian grandes modificaciones ni alteraciones al proyecto original.

En el caso del indicador “Dotación de Artefactos Sanitarios por Sexo” (I-23), éste ha sido calificado con desempeño bueno, toda vez que cumple con los estándares definidos por el DS N°594, en términos de cantidad de artefactos sanitarios y la inclusión de instalaciones sanitarias para ambos sexos.

En general, el programa arquitectónico del RS Provincial es muy completo. Se sugiere mantener y reforzar los cercos perimetrales del RS, puesto que se ha constatado la presencia de animales como zorros en espacios contiguos a las áreas de trabajo.

7. Percepción Usuarios Directos

Estos indicadores fueron propuestos con base en información recopilada a partir del “Análisis de Satisfacción Usuaría”. Este análisis, fue desarrollado mediante la aplicación de entrevistas semi estructuradas a los jefes de operación y a administradores municipales de cada RS. Además, se realizaron focus group o entrevistas grupales a operarios de los RS.

Dado que el escenario ex – ante no cuenta con información cualitativa de los usuarios, puesto que el proyecto no existía, se ha utilizado sólo información ex – post, como una medida de entender si los usuarios se encuentran conformes con el resultado del proyecto. En este sentido, y con base a respuestas de los encargados y funcionarios del RS se ha podido establecer que la comunidad ha recibido amablemente el proyecto.

De acuerdo a las respuestas de encargados y funcionarios del RS se ha podido establecer que el proceso es regular, donde se comenta: *“En general, no se conocen estos proyectos. Los colegios municipalizados lo conocen. La opinión siempre es negativa. Las personas que llegan acá salen un poco cambiadas, por lo que ha sido grata la experiencia”*.

Cabe recalcar que el proyecto cuenta con instalaciones como sala de reciclaje y sala multiuso para este tipo de actividades, por lo que a pesar de que no toda la población conoce verdaderamente el proyecto, se han tomado acciones para darlo a conocer, por lo que el indicador “Percepción de la Población en Relación al Proyecto de RS” (I-24), se ha evaluado con desempeño bueno. En la Tabla N°140 se presentan los resultados.

**Tabla N°140. Evaluación Percepción Usuarios Directos
RS Provincial***

ID	Ámbito Indicador	Unidad	Ex – Ante	Ex – Post	VI	Var
I-24	Satisfacción de la comunidad con el RS	Escala 1 a 7	-	6,0	Entre 5,5 y 7	
I-25	Solución que entrega el RS	Escala 1 a 7	-	5,7	Entre 5,5 y 7	

Fuente: Elaboración Propia

***ID: Identificador; VI: Valor del Indicador; S: Semáforo; (-) Sin Información**

8. Costos

En relación a los indicadores de costos, no ha sido posible abordar este análisis producto de la carencia de información del proyecto Construcción RS Provincial. Específicamente, no se cuenta con información preinversional ni ex – post del proyecto, imposibilitando la estimación de los montos involucrados en cada escenario y, por lo tanto, de la evaluación propiamente tal.

9. Análisis de la Gestión General

Al igual que en los casos anteriores (RS Arauco – Curanilahue, RS de Caldera y RS Provincia del Huasco) en este apartado se agrega todo el análisis desarrollado en las secciones anteriores, con el objetivo de mostrar el nivel de desempeño del RS en general.

Para el RS Provincial del total de indicadores que se pudieron evaluar un 63% presenta un desempeño bueno, un 7% con desempeño regular y un 11% con desempeño deficiente. Un 19% del total de indicadores no pudieron ser evaluados, producto de falta de información, catalogándolos como “sin información”, tal como se puede observar en la Tabla N°141.

Tabla N°141. Evaluación Desempeño RS Provincial

Desempeño	Cantidad de indicadores	Porcentaje %
Desempeño bueno	17	63%
Desempeño regular	2	7%
Desempeño deficiente	3	11%
Sin información	5	19%
TOTAL	27	100%

Fuente: Elaboración Propia

Como no se tuvo información para replicar la totalidad de los indicadores propuestos, no fue posible calificar con una nota global la gestión de este RS.

En la Tabla N°142 se presenta un resumen de los indicadores que componen cada tópico evaluado y su respectivo desempeño.

Tabla N°142. Desempeño por Tópico RS Provincial

N°	Desempeño por tópico	Indicadores	N° de Ind	Desempeño bueno	Desempeño regular	Desempeño deficiente	S/I
1	Estrategia de gestión	I-1 a I-6	6	4	0	1	1
2	Proceso de gestión y funcionamiento interno	I-7 a I-19	13	9	2	1	1
3	Funcionamiento de recursos humanos	I-20	1	0	0	1	0
4	Capacidad instalada y demanda actual	I-21	1	0	0	0	1
5	Programa arquitectónico	I-22 e I-23	2	2	0	0	0
6	Percepción usuarios directos	I-24 e I-25	2	2	0	0	0
7	Costos	I-26 e I-27	2	0	0	0	2
Total			27	17	2	3	5

Fuente: Elaboración Propia

Dentro de las fortalezas de este RS se cuentan sus instalaciones, las que se ajustan en un 100% al dimensionamiento planificado ex – ante. Sumado a lo anterior, se debe resaltar su calidad constructiva y los amplios espacios considerados, que permiten asegurar la comodidad de sus funcionarios para la ejecución de sus actividades diarias.

También, se deben destacar que los indicadores “Capacidad aumentada de la disposición final” y “Ratio de utilización de las instalaciones de disposición final”, ambos con buen desempeño, se encuentran en línea respecto de su proyección ex – ante, lo que permite inferir que este RS podrá cumplir con su vida útil proyectada.

Si bien es cierto que gran parte de sus procesos de gestión internos cumplen de buena forma los estándares exigidos, como es el caso de su camino de acceso hacia el frente de trabajo, igual en ocasiones se generan pequeños atochamientos en la báscula de pesaje, a pesar de contar con dos accesos independientes y dos básculas, debido a la gran cantidad de camiones que circulan por el RS. Por otra parte, se registra la presencia de aves lo que constituye un problema.

Dentro de sus debilidades se puede mencionar la gran distancia que se encuentra de algunas comunas que atiende, con casos sobre los 100 km. Se sugiere estudiar la factibilidad técnico – económica de instalar estaciones de transferencia en aquellas comunas con distancias mayores a los 30 km.

Otra debilidad encontrada tiene relación con sus controles ambientales, dado que en la actualidad tiene procesos de sanción y multas abiertos. Puede ser necesario reforzar el

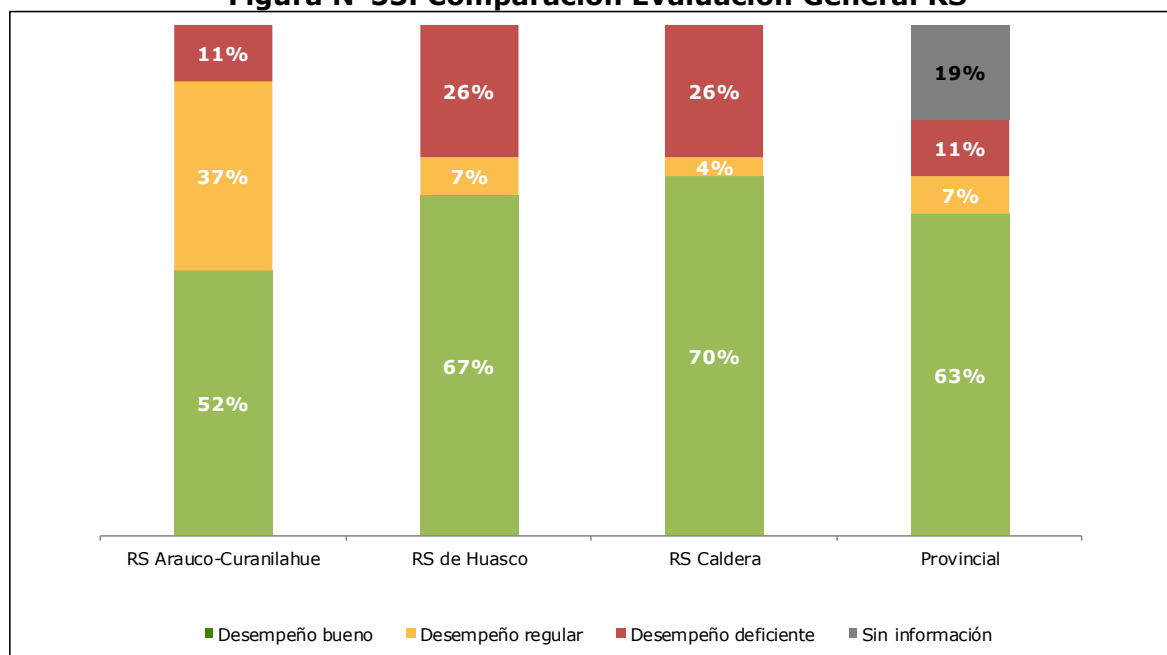
cumplimiento ambiental de este RS, puesto que es fundamental para su correcto funcionamiento.

También se debe hacer mención, a la gran desviación de su estructura organizacional al comparar ex – ante versus ex – post. El primero consideró una dotación de 10 funcionarios para sus operaciones y en la realidad se cuenta con 23 de ellos, es decir, un 130% más. De acuerdo a lo indicado en entrevistas realizadas en terreno, esto fue producto de una solicitud de la I. Municipalidad de Puerto Montt, para que la recolección fuera realizada en horario vespertino, obligando al RS a contar con dos turnos.

G. Comparación Rellenos Sanitarios Evaluados

Luego de analizar cada uno de los RS en estudio individualmente, corresponde hacer una comparación entre ellos. En la Figura N°53 se muestra el desempeño en general de cada uno de ellos.

Figura N°53. Comparación Evaluación General RS



Fuente: Elaboración Propia

Para el RS Provincial no fue posible estimar la totalidad de los indicadores que contempla la evaluación (un 19% de ellos), dada la imposibilidad de contar con toda la información requerida. Por lo tanto, este RS no es comparable en un 100% con el resto.

La Figura N°53 muestra una gran similitud en las calificaciones obtenidas por el RS de Caldera y de la Provincia del Huasco, destacando la gran cantidad de indicadores con Evaluación Ex – Post de Mediano Plazo a Proyectos de Rellenos Sanitarios e Infraestructura Complementaria para la Gestión de Residuos Sólidos Domiciliarios

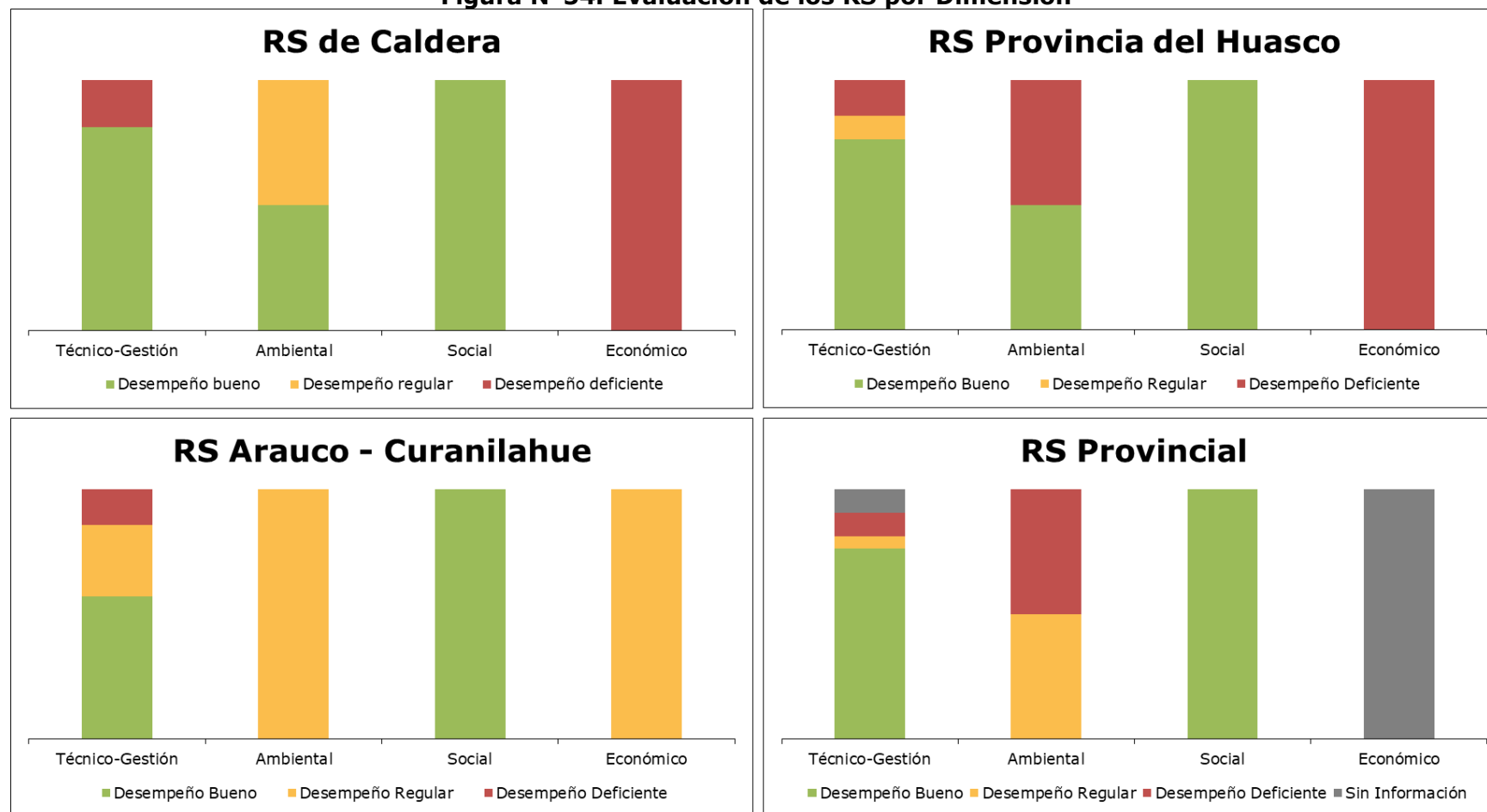
desempeño bueno, sin embargo, también recibieron el mayor nivel de indicadores con desempeño deficiente, con un 26% en ambos casos.

Por su parte, el RS Arauco – Curanilahue tiene un poco más de la mitad (52%) de sus indicadores calificados con buen desempeño, lo que es bajo comparado con el resto de los RS, que en promedio obtuvieron un 67% de sus indicadores calificados en esta categoría. No obstante, se debe destacar que este RS obtuvo la menor tasa de indicadores con desempeño deficiente (11%).

Llama la atención el alto porcentaje de indicadores calificados con desempeño regular (37%). Si bien es cierto, esta calificación no es del todo negativa, evidencia un importante espacio para la realización de mejoras tendientes a optimizar sus procesos de gestión.

Complementando el análisis, a continuación se hace una revisión de las cuatro dimensiones estudiadas para cada uno de los RS: Técnica, Ambiental, Social y Económica. En la Figura N°54 se presenta el desempeño de cada una de ellas por RS.

Figura N°54. Evaluación de los RS por Dimensión



Fuente: Elaboración Propia

1) Aspectos técnicos

- a) La disposición segura y fiable de los residuos en el largo plazo, es un componente esencial en la gestión integral de residuos. Su planificación, diseño, operación y gestión post – clausura, son de vital importancia para controlar y mitigar los impactos que su manejo genera, así como el resguardo de la salud de la población.
- b) Los aspectos técnicos evaluados incluyeron la supervisión del flujo de residuos entrante, su colocación, compactación e implementación de instalaciones para el control y supervisión ambiental.
- c) En la evaluación se consideró como un componente importante, la disposición segura e inmediata de los residuos que ingresan al recinto. En ese sentido su cobertura diaria juega un rol clave por varios motivos:
 - Es determinante en el control y disipación de malos olores.
 - Permite controlar el vuelo de materiales residuales.
 - Previene la entrada al vertedero de vectores sanitarios (ratas, perros, aves, insectos y otros) y permite controlar, durante la operación, la entrada de agua al RS.
- d) Las operaciones de transferencia y transporte llegan a ser necesarias cuando las distancias a los sitios de disposición final (como es el caso del RS Provincial, Arauco – Curanilahue y Huasco) son tan largas que el transporte directo ya no es económicamente factible. Las estaciones de transferencia son parte integral del sistema de gestión, por lo que, es deseable que se estudien estas alternativas técnica y económicamente

2) Aspectos ambientales

- a) El indicador de gestión “cobertura diaria”, está relacionado directamente con el de “presencia de vectores sanitarios”. En este sentido, en todos los RS evaluados, se encontró la presencia de vectores (pájaros y mamíferos), considerando la revisión de la gestión en las tareas de cobertura y compactación para cada uno.
- b) Los controles ambientales periódicos exigidos por la autoridad ambiental, a través de las RCA, son fundamentales para limitar y controlar eficazmente las

externalidades negativas que puede ocasionar este tipo de infraestructura. En ese sentido, se pone de manifiesto que dos de los cuatro RS han sido fiscalizados, uno de ellos cuenta con un PDC satisfactorio, y el otro, se encuentra actualmente con sanción y multa impaga.

El incumplimiento de las exigencias ambientales puede gatillar sanciones que van desde multas (que pueden alcanzar 10.000 UTM) al cierre del RS.

3) Aspectos Sociales

- a) La información de esta dimensión fue recogida en terreno, mediante la aplicación de entrevistas y encuestas a usuarios directos del RS.
- b) En general, se tiene una buena percepción de este tipo de infraestructura, concordando que los sitios de disposición final vendrían a ser la mejor solución sanitaria dado el estado del arte en estos temas en el país.
- c) A nivel de satisfacción de la comunidad, los entrevistados concuerdan que cuando la comunidad conoce el funcionamiento de un RS, quedan muy satisfechos con éstos. En caso contrario, no se tiene la misma opinión.

4) Aspectos económicos

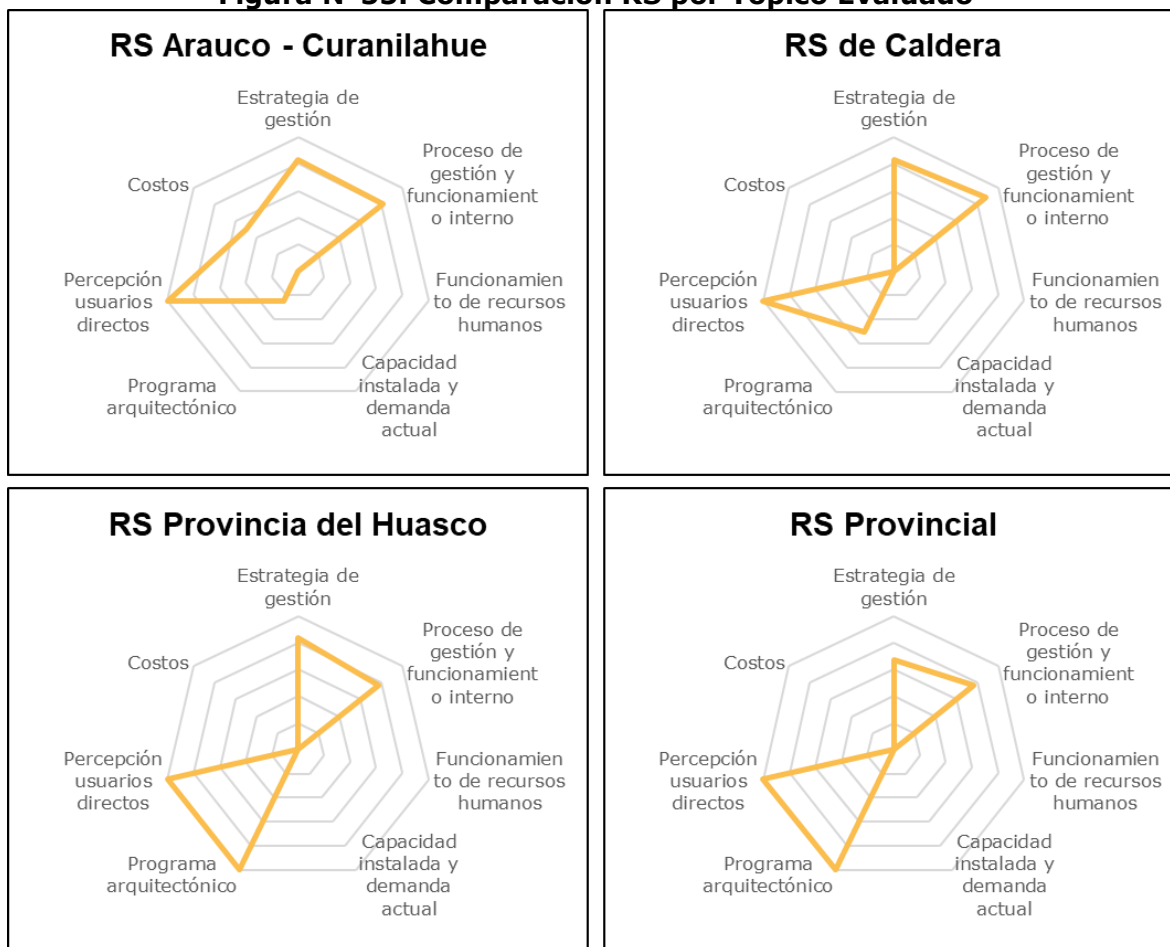
Se utilizaron dos indicadores de costos para medir esta dimensión. Uno está relacionado a costos de inversión y el otro a costos de operación. Llama la atención que en todos los RS ambos indicadores fueron calificados con desempeño deficiente, lo cual significa que la ejecución y operación de estos RS tiene desviaciones superiores al 10% en relación a su evaluación ex – ante. Es importante considerar este aspecto en el diseño de próximas iniciativas.

Por último, en la Figura N°55 se realiza una comparación por RS de acuerdo a los 7 tópicos evaluados:

- Estrategia de Gestión
- Proceso de Gestión y Funcionamiento Interno
- Funcionamiento Recursos Humanos
- Capacidad Instalada y Demanda Actual

- Programa Arquitectónico
- Percepción de Usuarios
- Costos

Figura N°55. Comparación RS por Tópico Evaluado



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar, en mayor o menor medida, cuatro tópicos son los mejores evaluados en general, percepción de usuarios, programa arquitectónico, estrategia de gestión y proceso de gestión interno. Los dos últimos son relevantes ya que dan cuenta directamente de la gestión propiamente tal de cada RS, destacándose levemente el RS de Caldera.

En contrapartida los peores evaluados son los tópicos de costos, funcionamiento de los recursos humanos y capacidad instalada, dando cuenta de desviaciones importantes entre situación ex - ante versus ex - post en términos de: i) costos de inversión y operación, ii) dotación de funcionarios y iii) maquinaria.

VI. Criterios de Localización de Rellenos Sanitarios

Los RS son considerados pasivos ambientales y por lo tanto es fundamental en la etapa de diseño del proyecto identificar aquellas áreas idóneas para su desarrollo.

Este proceso de selección representa una tarea compleja dado que depende de varios factores de diseño e impacto a la comunidad que deben estar en línea con parámetros sociales, medioambientales, técnicos y que supongan la minimización de costos económicos con relación a su desarrollo y/o construcción, así como en la operación.

Por una parte, existe el problema de la disponibilidad de terreno, que debe ser lo suficientemente amplio, para poder cumplir con la demanda esperada de residuos y los estándares medioambientales, técnicos, sociales y económicos en torno a dicho terreno.

Por otra parte, existen restricciones de localización que indican que un RS no puede ubicarse en la proximidad de viviendas, aeropuertos, terrenos aluviales, zonas húmedas, zonas con fallas, zonas de impacto sísmico y zonas inestables.¹⁰⁸

Por lo tanto, dadas las externalidades negativas sobre el entorno que generan los RS y sus condiciones mínimas técnicas, su localización se encuentra regulada y normada por la legislación nacional como internacional.

En consecuencia, las opciones reales de localización de un RS están limitadas a las zonas autorizadas por la legislación, así como las características técnicas sociales y medioambientales que presenten las áreas a seleccionar.

En este sentido, el análisis de dicha normativa es la clave para el tema que preocupa, por lo tanto, en las siguientes secciones se analiza el marco normativo local e internacional, con el fin de poder establecer conclusiones sobre el nivel de desarrollo de esta temática en el país, en comparación con otros países de la región y estándares internacionales de países con mayor desarrollo en la materia.

¹⁰⁸ G. Tchobanoglous, H. Theisen, and S. Vigil, Integrated solid waste management. McGraw-Hill, 1994.

A. Normativa Nacional

Las principales normativas que regulan la localización de un RS en Chile, son las siguientes:

- Código Sanitario de 1968.
- Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente 1994.
- Decreto Supremo N°189 publicado de 2008.

Con el fin de establecer un marco legal en el cual se desenvuelven los criterios de localización de un RS, es necesario revisar la regulación desde lo más general a lo más particular.

1. Código Sanitario de 1968

Este cuerpo legal, con relación a los desperdicios y basura, establece en su artículo N°79 lo siguiente:

"Para proceder a la construcción, reparación, modificación y ampliación de cualquier planta de tratamiento de basuras y desperdicios de cualquier clase, será necesaria la aprobación previa del proyecto por el Servicio Nacional de Salud.¹⁰⁹"

Complementariamente, en su artículo N°80 establece que: *"Corresponde al Servicio Nacional de Salud autorizar la instalación y vigilar el funcionamiento de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase.*

Al otorgar esta autorización, el Servicio Nacional de Salud determinará las condiciones sanitarias y de seguridad que deben cumplirse para evitar molestia o peligro para la salud de la comunidad o del personal que trabaje en estas faenas."

Como se puede observar el Código Sanitario establece las responsabilidades del Servicio Nacional de Salud en la aprobación y supervisión de todas las construcciones, ampliaciones y, reparaciones, entre otros, de establecimientos destinados a la disposición final de residuos.

¹⁰⁹ Actualmente el Servicio Nacional de Salud corresponde al Servicio de Salud del Ministerio de Salud.

2. Bases Generales del Medio Ambiente de 1994

Esta ley establece en sus artículos N°10 al N°13, que los proyectos susceptibles de impacto ambiental deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental, en el cual se contempla la realización de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) o Declaración de Impacto Ambiental (DIA), según sea el caso.

Los rellenos sanitarios caen dentro de la categoría de proyectos susceptibles de impacto ambiental y se incluyen en el punto o) del artículo N°10:

"o) Proyectos de saneamiento ambiental, tales como sistemas de alcantarillado y agua potable, plantas de tratamiento de aguas o de residuos sólidos de origen domiciliario, rellenos sanitarios, emisarios submarinos, sistemas de tratamiento y disposición de residuos industriales líquidos o sólidos;" (...)

Por su parte, en el artículo N°11 se establece:

"Los proyectos o actividades enumerados en el artículo precedente requerirán la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental, si generan o presentan a lo menos uno de los siguientes efectos, características o circunstancias", entre los cuales se destacan 3 de los 6 efectos considerados:

- b) "Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire;*
- d) Localización en o próxima a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos, glaciares y áreas con valor para la observación astronómica con fines de investigación científica, susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar;*
- e) Alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona."*

Por tanto, los proyectos de Rellenos Sanitarios deberán realizar un Estudio de Impacto Ambiental; el artículo N°12 establece los parámetros a considerar en el Estudio de Impacto Ambiental:

"Artículo 12. Los Estudios de Impacto Ambiental considerarán las siguientes materias:

- a) *Una descripción del proyecto o actividad;*
- b) *La línea de base;*
- c) *Una descripción pormenorizada de aquellos efectos, características o circunstancias del artículo 11 que dan origen a la necesidad de efectuar un Estudio de Impacto Ambiental;*
- d) *Una predicción y evaluación del impacto ambiental del proyecto o actividad, incluidas las eventuales situaciones de riesgo;*
- e) *Las medidas que se adoptarán para eliminar o minimizar los efectos adversos del proyecto o actividad y las acciones de reparación que se realizarán, cuando ello sea procedente;*
- f) *Un plan de seguimiento de las variables ambientales relevantes que dan origen al Estudio de Impacto Ambiental, y*
- g) *Un plan de cumplimiento de la legislación ambiental aplicable.”*

Como se puede apreciar en combinación con el artículo N°11, un punto importante del Estudio de Impacto Ambiental es la localización del proyecto, con el fin de que éste no afecte tanto a los recursos naturales renovables como a la población más cercana.

3. Decreto Supremo N°189 del 2008

Este DS establece el reglamento sobre las condiciones sanitarias y de seguridad básica para los rellenos sanitarios. Si bien este decreto regula varios ámbitos, en lo que interesa define las reglas básicas para el diseño, emplazamiento, habilitación y operación, monitoreo y control ambiental, el cierre y saneamiento, sanciones y procedimientos. Por tanto, la presente revisión sólo se enfocará en los artículos específicos asociados a los criterios de localización de un relleno sanitario.

Específicamente, el DS establece en sus artículos N°8 al N°12 todos los criterios que se deben considerar para el emplazamiento de un Relleno Sanitario, los que se resumen en la Tabla N°143.

Tabla N°143. Criterios y Requisitos de Emplazamiento de un RS

Requisitos	Detalle
Planos y Estudios	a) Un plano cartográfico del área del proyecto a escala adecuada en donde al menos se muestre el área urbana a servir y su zonificación y la clasificación de los suelos no urbanos;
	b) Un plano topográfico del sitio;
	c) Un estudio que dé cuenta de las características climáticas de la zona;
	d) Un estudio hidrológico e hidrogeológico del sitio y su área de influencia, debiendo adjuntarse un plano hidrogeológico del lugar;
	e) Un plano geológico del sitio;
	f) Un estudio de mecánica de suelos del sitio en donde se emplazará el proyecto, que dé cuenta de aspectos tales como la permeabilidad y la capacidad de soporte del suelo;
	g) Un estudio del área de emplazamiento que dé cuenta de riesgos tales como remoción en masa, pérdida de estabilidad e inundaciones que puedan afectar al Relleno Sanitario.
Zona de Protección	El RS debe asegurar una zona de protección de 300 metros al interior del sitio, en donde no se podrá construir edificios para uso habitacional ni de servicios. Se considera esta distancia por medio de una proyección horizontal y a partir del menor perímetro del área que comprenda sector de disposición de los residuos e instalaciones anexas como: - Plantas de tratamiento y lagunas de almacenamiento de líquidos lixiviados; - Zona de lavados de camiones y zona de pesaje. Se podrá solicitar justificadamente a la Secretaría Regional Ministerial la aprobación de distancias inferiores cuando existan barreras naturales o artificiales, el que no podrá ser inferior a 150 metros.
Captación de aguas	El RS deberá ubicarse a más de 600 metros de toda captación de agua existente, y a más de 60 metros de todo curso o masa de agua superficial, considerando dicho distanciamiento desde la ribera generada por la máxima crecida en un período de retorno de 100 años. Se podrá solicitar justificadamente a la Secretaría Regional Ministerial la aprobación de distancias inferiores. Las distancias se calcularán de la forma señalada en el punto anterior.

Fuente: DS N°189.

Continuación Tabla N°143. Criterios y Requisitos de Emplazamiento de un RS

Requisitos	Detalle
Tipo Suelo	No podrán emplazarse Rellenos Sanitarios sobre suelos saturados, tales como aquellos en los que existan afloramientos de agua, humedales, riberas húmedas y bordes costeros, ni en lugares expuestos a inundaciones con períodos de retorno inferiores a 100 años.
	Asimismo, no se podrán emplazar Rellenos Sanitarios en suelos con características que puedan afectar su estabilidad estructural, debiendo acreditarse que el sitio:
	a) No se encuentra expuesto a fallas geológicas activas, entendiéndose por tales a aquellas en las cuales ha ocurrido un desplazamiento durante el período holoceno;
	b) No se encuentra expuesto a remociones en masa tales como flujos de barro o detrito;
	c) Se encuentra en terrenos estables no expuestos a deslizamientos o derrumbes;
	d) No se encuentra expuesto a subsidencias o asentamientos de consideración, atendidas las condiciones del terreno, producto de la existencia de labores mineras subterráneas, tanto activas como abandonadas, o de actividades de extracción de agua, petróleo o gas;
	e) No se encuentra sobre zonas de geología cárstica susceptibles de formación de sumideros;
Material de cobertura	f) No se encuentra en zonas inestables o con insuficiente capacidad de soporte.
	En todo proyecto de Relleno Sanitario, se deberá demostrar que el sitio cuenta con suficiente material de cobertura a lo largo de toda su vida útil.
	En caso de que en el sitio el material de cobertura sea insuficiente, se deberá establecer el o los lugares desde donde se obtendrá dicho material, el que en todo caso deberá cumplir con las especificaciones que se establecen en el presente reglamento

Fuente: DS N°189.

B. Normativa Internacional

Los documentos revisados en esta sección fueron los siguientes:

- Directiva 1999/31/CE y 1975/442/CE del Consejo de la Unión Europea, relativa al vertido de residuos.
- Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT¹¹⁰-2003.
- Resolución 282 de Paraguay, por la cual se implementan los criterios para la selección de áreas para la disposición final de residuos sólidos en rellenos sanitarios.
- Criterios para Rellenos Sanitarios Municipales. (Title 40: Protection of Environment -Part 258—Criteria for Municipal Solid Waste Landfills)
- Solid Waste Disposal Facility Criteria Technical Manual.

Una síntesis de los principales aspectos normativos y estándares internacionales con relación a la localización de un RS, se entrega a continuación.

1. Directiva 1999/31/CE del Consejo de la Unión Europea

El objetivo general de esta Directiva es establecer los requisitos técnicos y operativos sobre residuos y vertidos para impedir o reducir los efectos negativos en el medio ambiente del vertido de residuos, en particular la contaminación de aguas superficiales, aguas subterráneas, el suelo y el aire, y del medio ambiente mundial, incluido el efecto invernadero, así como cualquier riesgo derivado para la salud humana, durante todo el ciclo de vida del vertedero.

Esta Directiva establece los parámetros generales para el emplazamiento de un RS y con relación a su ubicación establece lo siguiente:

¹¹⁰ Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

- a) Para la ubicación de un vertedero deberán tomarse en consideración los requisitos siguientes:
- Las distancias entre el límite del vertedero y las zonas residenciales y recreativas, vías fluviales, masas de agua y otras zonas agrícolas o urbanas;
 - La existencia de aguas subterráneas, aguas costeras o reservas naturales en la zona;
 - Las condiciones geológicas e hidrogeológicas de la zona;
 - El riesgo de inundaciones, hundimientos, corrimientos de tierras o aludes en el emplazamiento del vertedero;
 - La protección del patrimonio natural o cultural de la zona.
- b) El vertedero solo podrá ser autorizado si las características del emplazamiento con respecto a los requisitos mencionados, o las medidas correctoras que se tomen, indican que el vertedero no plantea ningún riesgo grave al medio ambiente.

2. Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003

En esta regulación se detallan las restricciones y estándares mínimos con los cuales un RS debe cumplir en México, los que se resumen a continuación:

- a) Cuando un RS se pretenda ubicar a una distancia menor de 13 km del centro de pista de un aeródromo de servicios público o aeropuerto, la distancia elegida se determinará mediante un estudio de riesgo aviario.
- b) No se deben ubicar RS dentro de áreas naturales protegidas, a excepción de los sitios que estén contemplados en el Plan de Manejo de éstas.
- c) En localidades mayores a 2.500 habitantes, el límite del sitio del RS debe estar a una distancia mínima de 500 metros contados a partir del límite de la traza urbana existente o contemplada en el plan de desarrollo urbano.
- d) No debe ubicarse en zonas de: marisma, manglares, esteros, pantanos, humedales, estuarios, planicies aluviales, fluviales, recarga de acuíferos, arqueológicas; ni sobre cavernas, fracturas o fallas geológicas.

- e) El sitio de disposición final se debe localizar fuera de zonas de inundación con periodos de retorno de 100 años. En caso de no cumplir lo anterior, se debe demostrar que no existirá obstrucción del flujo en el área de inundación o posibilidad de deslaves o erosión que afecten la estabilidad física de las obras que integren el sitio de disposición final.
- f) La distancia de ubicación del sitio de disposición final, con respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, lagos y lagunas, debe ser de 500 metros como mínimo.
- g) La ubicación entre el límite del sitio de disposición final y cualquier pozo de extracción de agua para uso doméstico, industrial, riego y ganadero, tanto en operación como abandonados, será de 100 metros adicionales a la proyección horizontal de la mayor circunferencia del cono de abatimiento. Cuando no se pueda determinar el cono de abatimiento, la distancia al pozo no será menor de 500 metros.

El RS además deberá contar con los siguientes estudios:

- a) Estudio Geológico e hidrogeológico.
- b) Evaluación geológica y geohidrológica.
- c) Estudio hidrológico.
- d) Estudio topográfico.
- e) Estudio geotécnico.
- f) Estudio de generación y composición de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.
- g) Estudio de generación de biogás.

Estudio de generación del lixiviado.

3. Resolución 282 de Paraguay

Esta Resolución implementa los criterios para la selección de áreas para la disposición final de residuos sólidos en rellenos sanitarios, los que se resumen en la Tabla N°144.

Tabla N°144. Criterios y Requisitos de Emplazamiento de un RS en Paraguay

CRITERIOS		
Exclusión		
Distancia de cursos hídricos, áreas inundables, manantiales y bañados		Mayor a 200 metros, distancia medida horizontalmente a partir de cota máxima de inundación. Este criterio dependerá del tipo de relleno sanitario a ser implementado.
Distancia zonas urbanas	Menor a 5.000 hab.	500 - 2.000 metros a partir de perímetro urbano.
	5.000 hab. A 15.000 hab.	2.000 - 5.000 metros a partir de perímetro urbano.
	Mayor a 50.000 hab.	5.000 - 10.000 metros a partir de perímetro urbano.
Distancia rutas	Nacionales	100 metros a partir de la franja de dominio.
	Departamentales	50 metros a partir de la franja de dominio.
	Municipales	20 metros a partir de la franja de dominio.
Técnicos		
Tamaño del área		De acuerdo con la vida útil pretendida.
Vida útil mínima		Igual o mayor a 5 años.
Facilidad de acceso		El acceso al terreno debe tener buenas condiciones de tránsito de manera que permita el ingreso de los vehículos recolectores inclusive en días de lluvia.

Fuente: Resolución 282, Secretaría del Ambiente Paraguay

Continuación Tabla N°144. Criterios y Requisitos de Emplazamiento de un RS en Paraguay

CRITERIOS	
Exclusión	
Profundidad de la napa freática	Para rellenos sanitarios con impermeabilización de base a través de membranas plásticas, la distancia de la napa freática a la base no podrá ser inferior a 1,5 metros. Para rellenos sanitarios con impermeabilización de base a través de camada de arcilla, la distancia de la napa freática a la base de más de 3,0 metros y la camada impermeabilizante deberá tener un coeficiente de permeabilidad de 1×10^{-7} cm/s.
Profundidad de permeabilidad del suelo	Para el uso de un área como sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos, es importante que el suelo del terreno seleccionado tenga una cierta impermeabilidad natural, con vistas a reducir las posibilidades de contaminación de las aguas subterráneas. La permeabilidad del suelo es clasificada en cinco franjas: • Permeabilidad $\geq 10^{-3}$ cm/s (alta infiltración); • Permeabilidad entre 10^{-3} y 10^{-4} cm/s (media infiltración); • Permeabilidad entre 10^{-4} y 10^{-5} cm/s (baja infiltración); • Permeabilidad entre 10^{-5} y 10^{-7} cm/s (muy baja infiltración); • Permeabilidad $< 10^{-7}$ cm/s (prácticamente impermeable). Obs.: dependerá del tipo de relleno a ser implementado.

Fuente: Resolución 282, Secretaría del Ambiente Paraguay

Continuación Tabla N°144. Criterios y Requisitos de Emplazamiento de un RS en Paraguay

CRITERIOS	
Exclusión	
Pendiente del terreno	La importancia de este criterio es en relación con la preservación del suelo, siendo las áreas con declividad menor a 3% las más adecuadas para el uso pretendido. Obs.: La declividad es una característica no restrictiva para la construcción de rellenos sanitarios, apenas es deseable, siendo el intervalo considerado entre 1 y 15% de declive.
Tipo de suelo	Preferentemente arcilloso.
Disponibilidad de material de cobertura	Preferentemente el terreno debe contar o encontrarse a menos de 1.000 metros de zonas de préstamo de material para la cobertura diaria de los residuos.
Económicos- Financieros	
Distancia al centro de recolección	Es deseable que la distancia hasta el relleno sanitario sea el menor posible, con vistas a reducir los costos relacionados con el transporte.
Político – Social	
Distancia de vivienda más próxima	500 metros.
Distancia de pozos de abastecimiento de agua	500 metros.
Distancia centro educativos	500 metros.
Distancia centro de salud	500 metros.
Acceso al área	El tráfico de los vehículos transportando los residuos a los rellenos sanitarios puede causar trastorno a los pobladores ubicados en las vías de acceso, por tal motivo es deseable que el acceso al área se realice por vías con baja densidad demográfica.

Fuente: Resolución 282, Secretaría del Ambiente Paraguay

4. EPA - Title 40¹¹¹ Criterios para Rellenos Sanitarios Municipales.

Establece los criterios mínimos estadounidenses bajo la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA), para todas las unidades de rellenos sanitarios municipal de residuos sólidos.

Los criterios de localización de rellenos sanitarios establecidos por el marco regulatorio estadounidense se resumen en los siguientes puntos:

a) §258.10 Seguridad en Aeropuertos.

Los propietarios u operadores de nuevas unidades de RS, unidades de RS existentes y expansiones laterales que se encuentran a menos de 10.000 pies (3.048 metros) de cualquier extremo de la pista del aeropuerto utilizado por aviones turborreactores o dentro de los 5.000 pies (1.524 metros) de cualquier extremo de la pista del aeropuerto utilizado sólo por las aeronaves de tipo pistón deben demostrar que las unidades están diseñadas y operadas de manera que la unidad de RS no represente un peligro de aves para las aeronaves.

Los propietarios u operadores que propongan ubicar nuevas unidades de RS y expansiones laterales dentro de un radio de cinco millas de cualquier extremo de la pista del aeropuerto utilizado por turborreactores o aviones tipo pistón deben notificar al aeropuerto afectado y a la Administración Federal de Aviación (FAA).

b) §258.11 Llanuras de Inundación.

Los propietarios u operadores de nuevas unidades de RS, unidades de RS existentes y expansiones laterales ubicadas en llanuras de inundación de 100 años deben demostrar que la unidad no restringirá el flujo de la inundación de 100 años, reducirá la capacidad de almacenamiento temporal de agua de la llanura de inundación o dar como resultado el lavado de residuos sólidos que puedan representar un peligro para la salud humana y el medio ambiente. El propietario u operador debe colocar la demostración en el registro operativo y notificar al Director Estatal que se ha colocado en el registro operativo.

¹¹¹<https://www.ecfr.gov/cgibin/retrieveECFR?gp=&SID=c94567294dff611654af7a3944a91d69&mc=true&r=PART&n=pt40.27.258#sp40.27.258.b>

c) §258.12 Humedales.

Las nuevas unidades de RS y las expansiones laterales no se ubicarán en humedales, a menos que el propietario u operador pueda hacer las siguientes demostraciones al Director de un Estado aprobado:

- La construcción y operación de la unidad de RS no podrá: Causar o contribuir a violaciones de cualquier estándar estatal de calidad del agua, violar cualquier norma o prohibición de efluentes tóxicos, poner en peligro la existencia continua de especies amenazadas o en peligro de extinción, y violar cualquier requisito bajo la Ley de Protección, Investigación y Santuarios Marinos de 1972.
- El RS no causará ni contribuirá a una degradación significativa de los humedales.
- En la medida requerida por la sección 404 de la Ley de Agua Limpia o las leyes estatales de humedales aplicables, se han tomado medidas para tratar de lograr una pérdida neta de humedales (según lo definido por la superficie y la función) evitando primero los impactos a los humedales extensión máxima practicable según lo requerido por el párrafo (a) (1) de esta sección, luego minimizando los impactos inevitables en la medida máxima posible, y finalmente compensando los impactos inevitables de humedales restantes a través de todas las acciones de mitigación compensatoria apropiadas y practicables (por ejemplo, restauración de humedales degradados existentes o creación de humedales artificiales); y
- Se dispone de información suficiente para tomar una determinación razonable con respecto a estas demostraciones.

d) §258.13 Áreas de falla.

Los nuevos RS no deben ubicarse dentro de los 200 pies (60 metros) de una falla que haya tenido desplazamiento en el Holoceno¹¹², a menos que el propietario u operador demuestre al Director Estatal que una distancia de retroceso alternativa de menos más

¹¹² Holoceno significa la época más reciente del período Cuaternario, que se extiende desde el final de la Época del Pleistoceno hasta el presente.

de 200 pies (60 metros) evitará daños a la integridad estructural del RS y protegerá la salud humana y el medio ambiente.

e) §258.14 Zonas de impacto sísmico.

Los RS no deben ubicarse en zonas de impacto sísmico,¹¹³ a menos que el propietario u operador demuestre al Director Estatal, que todas las estructuras de contención, incluidos los revestimientos, los sistemas de recolección de lixiviados y los sistemas de control de aguas superficiales, están diseñados para resistir la aceleración horizontal máxima en material de tierra litificada para el sitio. El propietario u operador debe colocar la demostración en el registro operativo y notificar al Director Estatal que se ha colocado en el registro operativo.

f) §258.15 Áreas inestables.

(a) Los propietarios u operadores de RS ubicadas en un área inestable deben demostrar que se han incorporado medidas de ingeniería en el diseño del RS para garantizar que la integridad de los componentes estructurales. El propietario u operador debe colocar la demostración en el registro operativo y notificar al Director Estatal que se ha colocado en el registro operativo. El propietario u operador debe considerar los siguientes factores, como mínimo, al determinar si un área es inestable:

- Condiciones del suelo en el sitio o locales que pueden resultar en un asentamiento diferencial significativo;
- Características geológicas o geomorfológicas locales o locales; y
- Características o eventos in situ o locales hechos por el hombre (tanto en la superficie como debajo de la superficie).

5. Solid Waste Disposal Facility Criteria Technical Manual - EPA¹¹⁴

Este manual técnico se ha desarrollado con el fin asistir a los propietarios / operadores de RS municipales en alcanzar los criterios establecidos en la regulación Criterios para RS Municipales EPA - Title 40.

¹¹³ Zona de impacto sísmico significa un área con una probabilidad de diez por ciento o más de que la aceleración horizontal máxima en material de tierra litificada, expresada como un porcentaje de la fuerza gravitacional de la tierra (g), excederá de 0.10 g en 250 años.

¹¹⁴ United States Environmental Protection Agency.

Con relación a los criterios de localización de un RS, este manual técnico aborda los siguientes puntos de la normativa estadounidense:

- a) Seguridad del aeropuerto;
- b) Llanuras de inundación;
- c) Humedales;
- d) Áreas de falla;
- e) Zonas de impacto sísmico;
- f) Áreas inestables.

Las llanuras de inundación, el área de falla, la zona de impacto sísmico y las restricciones de área inestable abordan las condiciones que pueden tener efectos adversos en el desempeño del RS que podrían conducir a emisiones al medio ambiente o interrupciones de las funciones naturales (por ejemplo, restricciones de flujo de llanuras de inundación). Los criterios de seguridad aeroportuaria, llanuras de inundación y humedales están destinados a restringir a los RS en áreas donde los entornos naturales sensibles y / o el público pueden verse afectados negativamente.

La Tabla N°145 resume los criterios de localización:

Tabla N°145. Criterios Estándares de Localización

Lugares con restricciones	Aplica a unidades existentes	Aplica a nuevas unidades y expansiones laterales	Debe realizar demostración a un "Director de Estado" o mantener documentación que soporte la demostración	La unidad existente debe cerrar si la demostración no puede realizarse
Aeropuerto	Si	Si	Registros operativos	Si
Llanuras de inundación	Si	Si	Registros operativos	Si
Humedales	No	Si	Director	N/A
Áreas de falla	No	Si	Director	N/A
Zonas de impacto sísmico	No	Si	Director	N/A
Áreas inestables	Si	Si	Registros operativos	Si

Fuente: Solid Waste Disposal Facility Criteria Technical Manual – EPA.

C. Normativa Nacional con relación a la Normativa Internacional

En la normativa nacional, los criterios de localización de un RS se enmarcan en un proceso más amplio de aprobación ambiental que se basa en la realización de un Estudio de Impacto Ambiental.

Específicamente en lo relativo a los criterios de localización del RS, hay dos materias que recoge la normativa internacional, que no se encuentran expresamente señalados en el DS 189, a saber:

- a) Distancia de viviendas más próximas: la normativa chilena sólo se refiere a este tema en lo relativo a zona de protección donde establece una distancia de 300 metros al interior del sitio donde no se puede construir edificaciones para uso habitacional o de servicios. La normativa internacional establece explícitamente una distancia mínima a la vivienda más próxima, lo que es un concepto más claro y preciso. Sin embargo y dado el dinamismo de la zona urbana, el concepto de la legislación chilena asegura una distancia mínima de 300 metros en forma permanente, aunque implica un sitio para el RS de mayor tamaño al incluir dicha zona de resguardo.
- b) Distancia de aeropuertos y aeródromos: la normativa chilena no se refiere explícitamente a distancias mínimas respecto a aeropuertos y aeródromos. Contrariamente, la normativa internacional sí lo hace, especialmente la norteamericana, siendo un tema relevante por la proliferación aviar en torno a los RS, lo que representa un riesgo para la aeronavegación.

Por su parte la normativa nacional establece un punto más estricto que la normativa internacional en lo relativo a la existencia de material de cobertura suficiente a lo largo de toda su vida útil. Sólo la normativa de Paraguay establece que *"preferentemente el terreno debe contar o encontrarse a menos de 1.000 metros de zonas de préstamo de material para la cobertura diaria de los residuos"*, lo que es menos estricto que la normativa chilena.

En síntesis, la normativa chilena es bastante completa y similar a la normativa internacional con las diferencias antes señaladas y se enmarca en un sistema de evaluación de impacto ambiental.

D. Metodología de evaluación de la localización de un RS

No obstante, no haberse solicitado en los Términos de Referencia ni ser ofrecido en la propuesta de este consultor, la investigación bibliográfica realizada permitió indagar sobre Metodologías de Evaluación de la localización de un RS, por lo que pareció interesante aportar los textos encontrados a este respecto.

- a) Metodología para la Localización de un Parque de Tratamiento y Disposición Final de Residuos Sólidos de Tipo Regional desde una Perspectiva Multidimensional, Revista Ingenierías - Universidad de Medellín (año 2010).
- b) Propuesta Metodológica para la Ubicación de Áreas de Disposición de Residuos Sólidos Urbanos, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, CIIDIR-IPN-Michoacán-México (año 2006).
- c) Evaluation of a municipal landfill site in Southern Spain with GIS-aided methodology¹¹⁵ (2007).

Por su pertinencia y claridad se recomienda la metodología c), utilizada en el sur de España por la Universidad de Granada puesto que combina tanto la metodología multicriterio EVIAVE como el Geographical Information Systems¹¹⁶. En el Anexo N°37 se hace una descripción más detallada de ella.

¹¹⁵ Desarrollada por el Departamento de Ingeniería Civil, de la Universidad de Granada, Campus de Fuentenueva s/n, 18071 Granada, España y el Laboratorio de Urbanismo y Planificación Espacial, Universidad de Granada, Campus de Fuentenueva s/n, 18071 Granada, España.

¹¹⁶ GIS, corresponde a una base de datos digitalizada que contiene información sobre terrenos, suelos y acuíferos que permite obtener y comparar áreas combinando datos espaciales (mapas, fotografías aéreas e imágenes satelitales) con información cuantitativa, cualitativa y descriptiva.

E. Valor Residual o de Desecho de un RS

1. Valor de Desecho y RS

El valor de desecho de un proyecto tiene por objeto incorporar a su evaluación económica el valor presente, en el último año del horizonte de evaluación, de los flujos de beneficios netos de los años que exceden dicho horizonte, independizando el cálculo del VAN de la decisión sobre el número de periodos del horizonte de evaluación.

En rigor el Valor de Desecho corresponde al precio de venta de mercado que podría obtenerse por el proyecto en el año “n” del horizonte de evaluación. En proyectos productivos y de servicios con beneficios netos positivos posterior al año “n” es posible estimar razonablemente bien dicho valor de desecho.

El problema que plantea su estimación, para un proyecto de RS, es que esta tipología de proyectos al final de su vida útil, básicamente, sólo ofrecen un terreno¹¹⁷ que se considera como un “pasivo ambiental”, ya que la emisión de contaminantes del RS puede extenderse más allá de 20 años posteriores a su cierre. En virtud de ello, las normativas en distintos países van incorporando la obligatoriedad para las entidades explotadoras del RS de hacerse cargo técnica y económicamente de un período de vigilancia post clausura de a lo menos 20 años, como es el caso de la legislación chilena (MINSAL 2007).

Bajo esta perspectiva el valor de desecho de un RS es, probablemente negativo, ya que implica incurrir en costos de vigilancia y mantención del sitio durante 20 años adicionales a su vida útil, con un valor de venta positivo al final de dicho periodo (año 40 de la evaluación si la vida útil es de 20 años).

Sin embargo, existen opciones de proyecto que pueden modificar dicha situación, las que consisten en transformar dicho sitio al término de su vida útil en un bien económico con precio positivo, al posibilitar su uso para actividades generadoras de bienes o servicios económicos.

Ello se ve incentivado porque, “A veces incluso el crecimiento del tejido urbano acaba absorbiendo el entorno del vertedero, quedando éste inmerso en la ciudad, ocupando un espacio muy amplio de gran valor para la ciudadanía. Esto potencia el interés de recuperar

¹¹⁷ Eventualmente también pueden quedar maquinarias y vehículos con valor de desecho positivo.

el relleno para, más allá de eliminar el pasivo ambiental que representa, reintegrar el espacio para otros usos comunitarios.”¹¹⁸

2. Rehabilitación del sitio de un RS post cierre

En el mundo existen dos estrategias para rehabilitar el sitio de un RS post cierre y cambiar su condición de pasivo ambiental, éstas son: Recuperación y Reinserción.

2.1 Recuperación

Consiste en reducir los riesgos ambientales hasta el punto de hacerlos compatibles con el nuevo uso del terreno, existiendo 3 enfoques para lograr la recuperación, a saber:

- a) *Aislamiento o sellado*: consiste en aislar los residuos para evitar emisiones incontroladas de contaminantes. La solución tradicional es el sellado que consiste en aislar el depósito instalando sobre su superficie capas poco permeables de distintos materiales, las que, por una parte, limitan el paso del agua de lluvia a través del residuo y, por tanto, la formación de lixiviados y, por la otra, retienen el gas generado evitando su escape hacia la atmósfera.
- b) *Retiro de los residuos*: consiste en trasladar los residuos a otro lugar con condiciones adecuadas para su depósito. Es una solución interesante cuando el volumen de residuos es modesto, el medio ambiente muy sensible, o bien, el nuevo uso del terreno es incompatible con los riesgos de un RS. Esta solución puede combinarse con labores de separación o tratamiento para recuperar alguno de los materiales vertidos, lo que reduce la cantidad de material a trasladar. Su principal problema es su elevado costo que lo torna no rentable económicamente.
- c) *Recuperación in situ*: este enfoque a diferencia del sellado que enclaustra la contaminación y, si bien, evita las emisiones al no permitir el paso de líquido, el residuo queda seco deteniendo los procesos naturales de descomposición, por lo que queda latente materia que en el futuro se podría degradar. El enfoque de tratamiento in situ busca efectuar el proceso contrario al del sellado, mediante la aceleración de los procesos que lleven a que el RS sea ambientalmente estable lo antes posible. Dado que la fuente principal de los RS de desechos municipales es orgánica, éstos pueden “bio – recuperarse”,

¹¹⁸ “Cierre, Sellado y Reinserción de Antiguos Vertederos. Experiencias en Iberoamérica”, Amaya Lobo García de Cortázar, Marcel Szantó Narea y Susana Llamas.

generando las condiciones adecuadas para que los microorganismos degraden rápidamente este tipo de residuos. Para ello se introducen líquidos lixiviados o líquidos externos y, junto al control de otras variables, se potencian las reacciones de degradación de los contaminantes hasta que los residuos remanentes dejan de ser una amenaza para el entorno. Si bien es más costosa y requiere de un mayor control que el sellado, tiene la ventaja de reducir los riesgos ambientales a largo plazo y, por tanto, el tiempo de vigilancia post clausura. Adicionalmente, al controlar los procesos biológicos puede ayudar a obtener un mejor aprovechamiento del gas del RS. Su desventaja y limitación es que al inyectar líquidos éstos terminan contaminados, generando un mayor flujo de contaminantes, por lo que sólo es aplicable en depósitos adecuadamente aislados del entorno y con una impermeabilización adecuada.

2.2 Reinserción

Consiste en la preparación del terreno a través de incorporar elementos en función de su uso futuro.

Entre los procesos que más condicionan el uso final del terreno se encuentran los relativos al asentamiento de los residuos, ya que la instalación de elementos pesados cuyas cargas no se reparten homogéneamente en la superficie, puede dar origen a asientos diferenciales que provoquen la falla de la estructura. En virtud de ello, es que el uso más habitual de los rellenos reinsertados es de tipo recreativo: parque o campo deportivo: fútbol, béisbol, golf. Un ejemplo es el parque Juan Pablo II (ex la Cañamera) en Puente Alto, de 14,9 há, dispone de 3 canchas de fútbol, 2 de fútbol, una de tenis, 1 kilómetro de ciclo vías, juegos infantiles, máquinas de ejercicios, zonas de picnic y de eventos.

Con una cobertura apropiada y un sistema suficiente de control de emisiones, es factible destinar el terreno reinsertado para cultivo agrícola. Un ejemplo de esto es el Fundo La Gloria en Limache.

En terrenos que han quedado inmersos en el tejido urbano, un uso viable es el de estacionamiento vehicular, como es el caso del vertedero Macul.

Finalmente, y dada la alta demanda energética actual, se plantea el uso de estos terrenos, dada su localización cercana a vías de comunicación y de localidades habitadas y el bajo valor del terreno, para instalar fuentes de generación de energías renovables

con paneles fotovoltaicos e incluso generación eólica. Más aun, en RS con sistemas de aprovechamiento del gas que se genera, se puede adaptar buen parte de la infraestructura eléctrica instalada e ir instalando el sistema de energía solar a medida que se va reduciendo la generación del gas.

3. Valor de Desecho de un RS

Por lo expuesto anteriormente, el valor de desecho de un RS corresponde a un sitio que requiere de vigilancia y mantención durante un largo periodo, pero que con algunas inversiones puede transformarse en un activo económico con usos productivos variados, que le otorgan un valor de mercado positivo.

Dado lo anterior, es esperable que su valor de desecho sea positivo y equivalente al precio de un terreno¹¹⁹ bien localizado cerca de centros urbanos y con buenas vías de comunicación neto de: i) castigo por la limitación en su uso final y ii) las inversiones que se deben realizar para su recuperación o reinserción.

Dicho valor se puede obtener, en principio, de 2 fuentes:

- a) Valores de venta efectivos de RS que terminaron su vida útil, estableciendo el castigo respecto de terrenos de similar localización y tamaño.
- b) A partir del precio de terrenos de similar tamaño y ubicación, un castigo por las limitaciones en su uso final y de la estimación de los costos de recuperación o reinserción, según corresponda para hacerlos comparables a los terrenos cotizados.

¹¹⁹ En rigor el precio del terreno neto se ubica al término de las obras de rehabilitación o reinserción, el cual debe llevarse a Valor presente al año "n" del horizonte de evaluación.

VII. Beneficios y Costos en Proyectos de Valorización de Residuos

El desarrollo sostenible es uno de los pilares de desarrollo mundial a largo plazo que busca asegurar el bienestar social, el progreso económico y la protección del medio ambiente. No obstante, el incremento de la población y de la extracción de recursos y el consumo, presentan un desafío ambiental en términos globales y regionales.

Las agendas políticas a niveles regionales y mundiales han incorporado la gestión de residuos como uno de los puntos importantes a considerar en las grandes reuniones gubernamentales.

En el caso de América Latina y el Caribe, la región genera aproximadamente el 10 % de los residuos generados a nivel global. Si bien los sistemas de recolección y gestión de los residuos han mejorado progresivamente en las últimas décadas, es alarmante que más de 40 millones de personas carezcan todavía de acceso a un servicio básico de recolección, y que alrededor de una tercera parte de los residuos generados, unas 145.000 toneladas al día acaben en basurales a cielo abierto, ocasionando graves impactos sobre la salud y el medio ambiente. Por otro lado, se estima que tan sólo se está recuperando un 10% de los residuos generados, de manera que se desperdicia una gran cantidad de valiosos recursos materiales y energéticos.

Adicionalmente, es importante destacar que cerca del 3% de las emisiones globales de gases efecto invernadero (GEI) en el sector de residuos proviene de los desechos sólidos y del tratamiento de aguas residuales. La contribución de gases de efecto invernadero en este sector es debida a la generación de metano (CH₄) a partir de la disposición final de los residuos (en un 44%), al tratamiento de aguas residuales (46%) y de otros gases (10%), como el dióxido de carbono (CO₂) y óxido nitroso (N₂O)¹²⁰.

Los países de la región han desarrollado nuevos instrumentos normativos e invertido en la mejora de sus modelos de gestión. No obstante, se observan todavía debilidades en la capacidad de los gobiernos nacionales y locales para implementar las políticas y marcos regulatorios, favorecer las inversiones y sostenibilidad económica del sector, y promover el desarrollo de sistemas de información y participación, que a su vez contribuyan al proceso de toma de decisiones efectivas.

¹²⁰ IPCC, 2014

La presente sección del informe se refiere a los proyectos de valorización de residuos, identificando los diferentes tipos de proyectos y describiendo el proceso de valorización de residuos y las respectivas tecnologías disponibles para, finalmente, identificar los beneficios y costos asociados con algunas referencias a costos aproximados de inversión obtenidos de bibliografía internacional y local.

A. Valorización de Residuos

1. Tipología de Residuos

La Metodología de Formulación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Valorización de Residuos Municipales del Sistema Nacional de Inversiones (SNI), establece la siguiente tipología de residuos:

- **Residuos peligrosos:** corresponde a aquellos residuos o mezcla de residuos que representan riesgo para la salud de las personas y/o efectos adversos al medio ambiente, ya sea directamente o debido a su manejo actual o previsto y como consecuencia de sus características de peligrosidad indicadas en el artículo 6° del Reglamento Sanitario sobre manejo de residuos peligrosos.
- **Residuos no peligrosos:** corresponde a aquellos residuos que no reviste las características de un residuo peligroso.
- **Residuos inertes:** corresponde a aquellos residuos no peligrosos o mezcla de residuos no peligrosos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas; no son solubles ni combustibles; no son biodegradables y no afectan negativamente otras materias con las cuales puedan entrar en contacto.

Los residuos sólidos domiciliarios (RSD) contienen una fracción significativa de papel, desechos alimenticios, madera y ramas de podas, algodón y cuero, metales y vidrios, como también derivados del petróleo como plásticos, gomas y telas sintéticas. No todos esos elementos tienen las características para ser parte del proceso de reciclaje, recuperación y/o generación energética. En virtud de ello, la Metodología del SNI antes mencionada, define una clasificación adicional que corresponde a **Residuos con Potencial de Valorización**, que son aquellos que tienen un valor económico y que pueden ser sometidos a un proceso de Reciclaje, Recuperación o Generación Energética.

2. Gestión de Residuos: Prevención y Tratamiento de Residuos

El trasfondo de las definiciones y normativas internacionales busca tanto la prevención como la valorización de los RSD, con el fin de disminuir los impactos ambientales negativos que genera la disposición final de residuos en RS mediante la reducción de la generación domiciliaria e industrial de residuos cuyo destino son los RS, a través de proyectos de valorización que permita la recuperación de productos, materias primas y energía.

Sobre la base de lo anterior, La Comisión Europea para el Medio Ambiente plantea la siguiente jerarquía en cuanto a la gestión de residuos:

- En primera instancia busca reducir la generación de residuos en el origen;
- Una vez generados los residuos, las comunidades deben tratar de reciclar y/o reutilizar la mayor cantidad posible.
- Sólo cuando los materiales no puedan ser reciclados, ya sea porque la población no los separa y clasifica en su hogar (clasificación en origen) o porque no existe un uso secundario para estos materiales, se considera como mejor opción alguna estrategia de recuperación de los residuos; y
- Finalmente, como opción menos deseada, la disposición final en RS.

La Figura N°56 establece la jerarquización del proceso de prevención y tratamiento de residuos.

Figura N°56. Jerarquía para la Prevención y Tratamiento de Residuos



Fuente: Conversión de Residuos Sólidos Urbanos en Energía, Memoria de Trabajo de Difusión Científica y Técnico, num. 10, Universidad de Montevideo, agosto 2012.

Por su parte, la Política Nacional de Residuos del Ministerio de Medio Ambiente define las jerarquías de residuos de manera similar¹²¹:

- 1) Prevención:** Conjunto de medidas adoptadas en la fase de concepción y diseño, de producción, de distribución y de consumo de una sustancia u objeto para reducir (i) la cantidad de residuo, incluso mediante la reutilización de los productos o el alargamiento de su vida útil, (ii) los impactos adversos sobre el medio ambiente y la salud humana de los residuos generados, incluyendo el ahorro en el uso de materiales o energía o (iii) el contenido de sustancias nocivas en materiales y productos.
- 2) Valorización:** Conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar un residuo, uno o varios de los materiales que lo componen y/o el poder calorífico de los mismos, sin poner en riesgo el medio ambiente. Se asocia a las acciones de: i) reutilización: acción mediante la cual productos o componentes de productos que no sean residuos se utilizan de nuevo con la misma finalidad para la que fueron concebidos; ii) reciclaje: empleo de un residuo como insumo o materia prima en un proceso productivo distinto del que lo generó, incluyendo el co – procesamiento y compostaje, pero excluyendo la valorización energética.

¹²¹ Metodología de Formulación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Valorización de Residuos Municipales”, División de Evaluación Social de Inversiones, MIDEPLAN, 2013 y Capítulo I, sección A, punto 1 del Estudio.

3) Valorización energética: empleo de un residuo como combustible en un proceso productivo.

4) Eliminación: Acciones que tienen por objeto disponer en forma definitiva los residuos o la destrucción total o parcial de los mismos en lugares autorizados.

Profundizando en los métodos de gestión de residuos existen diferentes alternativas y tecnologías para el reciclaje y recuperación de los residuos. Es así como en materia de reciclaje se puede encontrar:

- a) Separación en origen;
- b) Separación manual una vez recogido los residuos; y
- c) Separación mecánica.

En lo relativo al proceso de recuperación de residuos, las principales soluciones son:

- a) Digestión anaerobia; y
- b) Compostaje aerobio.

Las soluciones sólo son posible si los residuos orgánicos han sido separados en origen o adecuadamente sin contaminantes por la separación manual y mecánica.

En lo que respecta a las tecnologías para conversión de residuos en energía, se tiene:

- a) Incineración directa;
- b) Gasificación; y
- c) Combustión.

Por último, dentro de los métodos de disposición final se encuentran los RS que capturan el metano, y lo utilizan para generar energía eléctrica; luego aquellos rellenos que capturan metano, pero no generan energía a partir de él, sino que simplemente lo queman en una antorcha; y finalmente, como opción menos deseada, los vertederos a cielo abierto.

La composición de los RSD es un elemento fundamental para la selección de la mejor tecnología para la conversión y valorización de éstos; es por ello que el siguiente punto

se enfoca en la descripción de las tecnologías disponibles para estos fines, requisitos para su correcto funcionamiento, sus ventajas y desventajas.

3. Tecnologías de Valorización de RSD

3.1 Reciclaje

Las políticas de gestión de residuos en Chile, hasta hace un tiempo, han estado enfocadas en la disposición final, realizando inversiones en RS y cierre de vertederos; no obstante, en el último tiempo los esfuerzos por el desarrollo de proyectos de reciclaje han venido lentamente incorporándose dentro de la gestión municipal de residuos.

Si bien, la Metodología de Formulación Evaluación Socio Económica de Proyecto de Valorización de Residuos Municipales clasifica al Compostaje y Digestión Anaerobia como parte de la valorización de residuos a través de reciclaje, el presente apartado ha tomado estos métodos de valorización como tecnologías diferentes, ya que por una parte, los residuos que son reciclados forman parte de insumos para los mercados de reciclaje, en donde otras empresas se dedican a la transformación de los mismos en materias primas para las industrias productivas, y por otra, los residuos reciclados sirven como insumos para las distintas tecnologías de valorización que serán mencionadas en las siguientes secciones.

El reciclaje principalmente se basa en la separación de los residuos, en diferentes tipos (plásticos, papel y cartón, podas, orgánicos, PET, entre otros); una vez separados y, dependiendo de la existencia de un mercado comercial secundario, serán utilizados para la transformación de otros productos o en insumos para la valorización de residuos.

El sistema de reciclaje sigue un ciclo compuesto por varias etapas. Comienza cuando un producto es comprado por un usuario y luego de su uso tiene dos opciones; botarlo en un basurero o separarlo en origen.

La segunda opción se refiere a separar productos reciclables de los que no lo son, para luego ser depositados en: puntos de reciclaje como campanas, puntos limpios o puntos verdes, en campañas de recolección ocasionales y programas de recogida puerta a puerta.

Finalmente, cuando los puntos de reciclaje tienen un volumen importante de residuos clasificados, se venden a empresas recicladoras que transforman los residuos en materia prima para la venta a industrias manufactureras que elaboran nuevos productos, que

serán posteriormente lanzados al comercio para su venta y comercialización o sirven de insumos para otros tipos de valorización.

Entre las distintas alternativas para el manejo de los residuos reciclables se destacan las siguientes:

- a) *Sistema de Entrega ("Puntos Limpios")*: Separación de los materiales reciclables en origen, recogida en puntos establecidos, acopio y venta de materiales comercializables (esta alternativa no contempla transformación de los residuos, solo reducción de volumen).
- b) *Recolección diferenciada*: contempla la recolección segregada, puerta a puerta, de los materiales reciclables mixtos, para luego ser clasificados manualmente en una planta centralizada y/o acopio.

La recolección diferenciada de los materiales reciclables y transporte hasta los lugares de acopio intermedio están entre los elementos más costosos del sistema de reciclaje. Adicionalmente, presente los siguientes problemas:

- Falta de hábito de los usuarios
 - Mayor confusión con respecto a los días de retiro de los materiales
 - Problemas de espacio en el hogar para guardar múltiples contenedores
 - Errores de clasificación y excedentes (>30% de rechazo)
- c) *Tratamiento mecánico de RSD mixtos*: Clasificación mecánica y, posteriormente manual de los residuos mixtos (sin clasificación en origen).

El proceso es aplicable a la clasificación de RSD mixtos, de los materiales reciclables, embalajes y/o también para la producción de combustibles alternativos, que obtienen una pureza de producto final entre un 90 y 98% según el proveedor.

La capacidad de tratamiento de los RSD mixtos requerido para satisfacer las demandas del tratamiento mecánico se estiman en 250.000 ton/año; estas instalaciones deben estar emplazadas preferentemente en el sector rural (en el relleno sanitario) o, en la medida de encontrarse suficientemente

encapsuladas, en un sector industrial exclusivo (por ejemplo, una estación de transferencia).

3.2 Compostaje

El proceso de compostaje implica descomponer la materia orgánica a través de la generación de condiciones óptimas para la proliferación de microorganismos en presencia de oxígeno. El efecto en la disminución de los desechos orgánicos es sustancial, siendo esta disminución entre un 60% y 90% del material compostado.

Existen varios métodos de compostaje, los cuales dependen de la cantidad de tierra disponible, volumen de material orgánico a ser compostado, el presupuesto disponible y la capacidad técnica del personal.

Los principales métodos utilizados son:

- a) *Compostaje en hileras*: es uno de los métodos de compostaje más baratos y simples, donde los desechos orgánicos se colocan en una gran pila o fila (conocida como hilera) y se voltean periódicamente, con el objeto de introducir oxígeno en la pila para promover la actividad microbiana. Se pueden utilizar equipos especializados conocidos como volteadores de hilera, pero los tractores de carga frontal pueden ser suficientes. En los sistemas de hileras más sofisticados, se inserta una tubería perforada en el medio de la pila de compost, lo que aumenta el flujo de aireación a través de la pila, provocando una mayor actividad microbiana.

Figura N°57. Compostaje en Hileras



Fuente: <https://efc.syr.edu/wp-content/uploads/2016/08/Hileras-de-Viento.pdf>

- b) *Compostaje en recipientes o cerrado*: esta solución mecánica acelera drásticamente el proceso de descomposición natural al controlar de cerca la temperatura y los niveles de oxígeno en una cámara de compostaje. Estos sistemas generalmente incluyen un mecanismo para moler los desechos en pedazos más pequeños, así como para girar o agitar el material a intervalos periódicos para acelerar la descomposición de los desechos.

Una vez procesado el material orgánico, debe extraerse del recipiente para permitir que el proceso de descomposición finalice de manera natural. Este proceso de finalización puede llevar algunos días o semana, dependiendo del sistema.

El sistema de compostaje por recipiente es más costoso que el basado en hileras pero una de sus ventajas es que requieren menos espacio - terreno para su operación, puesto que el tiempo para obtener el producto final es significativamente más corto.

La Tabla N°146. resume las diferencias entre el método de compostaje en hileras y cerrado.

Tabla N°146. Comparación entre Compostaje en Hileras y Compostaje en Recipiente

Variable	Compostaje en Hileras	Compostaje Cerrado
Escala de la operación	Grande a nivel regional o comunal	Pequeño a nivel de barrio
Capacidad de procesamiento (toneladas por día)	1 – 1.000	20 - 350
Espacio / Terreno necesario	Alto	Bajo, puede incrementarse en el proceso final de maduración del compost.
Tiempo de producción	Varias semanas	Desde algunos días a semanas dependiendo de las especificaciones de la unidad. No obstante, el proceso final del compostaje dura entre 2 a 4 semanas
Olor	Significativo si no es aireado correctamente	El sistema de purificación confina el olor al contenedor
Producción de Lixiviado	Bajo	Mínimo
Sensibilidad al clima	Si la materia prima se congela, el proceso de descomposición se paraliza	Funcionamiento en todos los climas
Costo de capital (USD/ton)	40 – 60	300 - 500
Costo operacional (USD/ton)	12	130

Fuente: Decision Maker's Guides for Solid Waste Management Technologies, septiembre de 2018.

Cabe señalar que la calidad de la materia prima determina la calidad del compost y, por lo tanto, su capacidad para ser comercializado. Una sola línea de desechos orgánicos, como desechos de jardín, desechos orgánicos de mercados de productos agrícolas, en lugar de desechos sólidos municipales mixtos, crea compost de mayor calidad y reduce la probabilidad de contaminación por compuestos químicos. Para que el compost basado en RSD sea comercializable (de calidad), debe haber una fuerte separación en origen para minimizar los contaminantes y aumentar la confianza del consumidor.

Asimismo, si el material para compostaje tiene una relación 30:1 carbono – nitrógeno, el proceso ocurrirá más rápido. Esto implica que, para alcanzar esta relación, se debe equilibrar el material de desecho más húmedo y rico en nitrógeno, como pasto y desechos de alimentos, con el material rico en carbono como lo son las hojas, madera triturada, entre otros.

El criterio de localización de una planta de compostaje es un elemento crítico para considerar, ya que por una parte la descomposición de material orgánico genera olores y vectores, tanto para el compostaje en hilera como cerrado, y, por otra parte, no deben

ubicarse en áreas propensas a inundaciones por la generación de lixiviados, potencialmente peligrosos para el medio ambiente y la baja en calidad del compost final.

En el caso de los olores, existen sistemas de filtración para eliminar la mayoría de los olores generados por el sistema de compostaje. Para el manejo de aguas pluviales y lixiviados, las instalaciones de compostaje debieran considerar pisos pavimentados y un sistema de drenaje a un tanque de lixiviado o un sistema de tratamiento de aguas residuales, que reduzcan el problema; sin embargo, dichas medidas, podrían aumentar drásticamente los costos de capital del compostaje.

Otro aspecto crítico para considerar es la sensibilidad del compostaje a la temperatura. Un compostaje óptimo generará dentro de la pila, temperaturas que varían desde 30°C a 60°C. Las temperaturas del aire circundante no afectan el proceso de compostaje mientras se mantenga el rango ideal de temperatura interna. Las temperaturas menores a 30°C pueden ralentizar el proceso de descomposición, mientras que las temperaturas superiores a los 60°C pueden matar las bacterias que realizan el proceso de descomposición.

3.3 Digestión Anaerobia

La digestión anaerobia (DA) se refiere al proceso biológico de convertir alimentos y desechos verdes al aire libre en dos productos utilizables productivamente: **fertilizante semisólido y biogás**. El fertilizante se puede usar para paisajismo o fines agrícolas y el biogás (que consiste principalmente en metano) se puede usar para generar electricidad y/o calor.

DA es una tecnología probada que se ha utilizado durante muchos años para tratar los desechos animales y las aguas residuales municipales e industriales. Más recientemente, se está utilizando para convertir el contenido orgánico de los RSD en productos utilizables. Los países en desarrollo comúnmente usan DA para tratar los desechos de las granjas, mientras que en Europa, la tecnología se ha utilizado para tratar la fracción orgánica de los RSD durante más de 20 años. La tecnología puede descomponer cualquier materia biodegradable y es más rentable cuando los residuos no contaminados están disponibles.

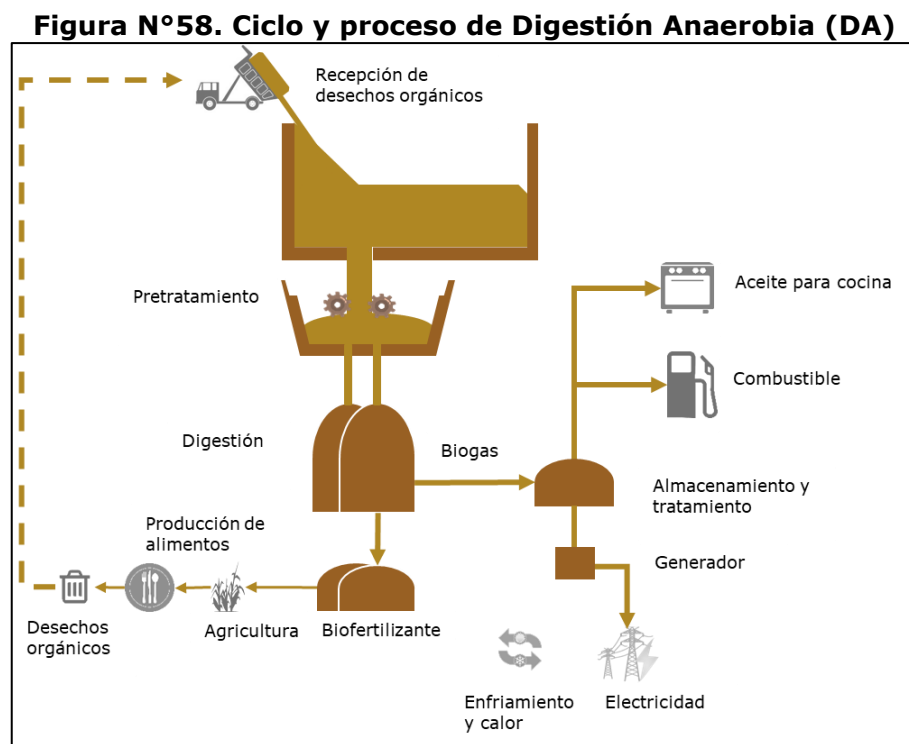
La DA ocurre cuando los microorganismos naturales descomponen los desechos en ausencia de oxígeno (a diferencia del compostaje que requiere oxígeno) y emiten gases que se capturan para generar electricidad y calor. El fertilizante producido a partir de la

DA es significativamente más húmedo que el compost. Se puede usar directamente o bien secar en una forma más sólida. Al igual que con el compostaje, el residuo sólido puede requerir algo de tiempo al aire libre en pilas para terminar el proceso de descomposición natural.

El proceso de DA generalmente disminuye el contenido de sólidos en un 50 a 60% mientras conserva los nutrientes para el suelo y mata hasta el 95% de los organismos que causan enfermedades. El fertilizante producido es un producto estable, de bajo olor y alto contenido de nutrientes que es adecuado para la aplicación en la tierra.

El biogás creado en este proceso se puede utilizar para generar electricidad o se puede refinar y suministrar a las empresas de gas natural. La cantidad típica de generación de biogás es entre 100 a 200 m³ de gas por tonelada de RSD orgánicos digeridos.

La Figura N°58 muestra gráficamente el ciclo y proceso de DA y el potencial de sus usos:



Fuente: Decision Maker's Guides for Solid Waste Management Technologies, septiembre de 2018.

Los modelos de DA pueden variar según: i) porcentaje del contenido sólido en los desechos (los desechos con bajo contenido de sólidos tienen menos del 20% de concentración de sólidos y los desechos con alto contenido de sólidos tienen más del

20% (idealmente entre el 20% y el 50%); ii) proceso por lotes o continuo, y iii) preferencia por un proceso de una o varias etapas.

El proceso por lotes (cargando todos los desechos orgánicos a la vez) es de menor costo, más simple de usar y requiere menos agua que un proceso continuo (cargando desechos continuamente según sea necesario). Más allá de esta diferencia, la comparación de los procesos de etapa simple y de etapas múltiples se muestra en la siguiente Tabla N°147:

Tabla N°147. Comparación entre DA por etapa simple y DA por etapas múltiples

Cpncepto	Etapas simples	Etapas múltiples
Bajo residuos	(i) Diseño y operación simple (ii) Menor costo de capital (iii) Proceso más largo (iv) Mayor sensibilidad	(i) Mayor tasa de carga de residuos (ii) Mayor producción de metano (iii) Mayor costo de capital (iv) Más estable
Altos residuos	(i) Tasa de generación de biogás comparable o mayor que los sistemas con bajo contenido de sólidos (ii) Pretratamiento mínimo (tolerante a contaminantes) (iii) Menor necesidad de agua (iv) Costo de capital alto	(i) Mayor tasa de carga de residuos (ii) Mayor producción de metano (iii) Pretratamiento mínimo (iv) Baja necesidad de agua (v) Equipamiento más costoso (vi) Costo de capital y operativo alto

Fuente: Decision Maker's Guides for Solid Waste Management Technologies, septiembre de 2018

En cuanto a la infraestructura, la DA tiene que ocurrir en un recipiente completamente sellado, para excluir el oxígeno y mantener niveles óptimos de humedad y temperatura.

Asimismo, los desechos recibidos deben ser un flujo de desechos puramente orgánicos o, si provienen de RSD, deben ser materiales orgánicos bien separados y libres de contaminantes.

Si el flujo contiene otros materiales (como plástico, metal y vidrio) que no se eliminan de antemano, entonces los digestores corren el riesgo de bloquearse y volverse ineficientes. Los contaminantes también reducirán la calidad del fertilizante. Por lo tanto, se requiere un programa eficaz de separación en origen si se consideran los desechos orgánicos domésticos.

Con relación a la producción de biogás, la materia prima debe ser completamente biodegradable, las condiciones en el digestor deben estar húmedas (a menudo logradas al agregar agua o aguas residuales) y, como se señaló, mantenerse a una temperatura suficientemente alta, ya que los microorganismos son muy sensibles a los cambios en estos parámetros.

La mayoría de las plantas de DA, incluso las unidades pequeñas, deben generar suficiente biogás para ser utilizado como combustible, ya sea para generar calor (por

ejemplo, para calentar o cocinar) o para generar electricidad utilizando un generador. El exceso de biogás debe almacenarse en un tanque de almacenamiento o globo, o quemarse.

Uno de los subproductos de la generación de biogás y la tecnología de DA, es sulfuro de hidrógeno que es un gas altamente corrosivo, el cual puede y debe ser eliminado mediante alguno de los siguientes métodos: (i) incorporando oxígeno directamente al digestor o tanque de almacenamiento y/o (ii) pasando el biogás a través de partículas de hierro. Es esencial realizar el mantenimiento y limpieza periódica de los digestores.

3.4 Incineración con Recuperación de Energía

La incineración con recuperación de energía se refiere a la combustión de residuos en condiciones controladas para generar electricidad y/o calor. Junto con producir energía y calor, reduce el volumen de los residuos que deben manejarse y destruye sustancias nocivas, siempre que el proceso incluya equipos de control de contaminación del aire (APC) altamente avanzados.

La energía generada se considera parcialmente renovable, debido al contenido biogénico (a base de plantas) de los desechos, como los alimentos y otros desechos orgánicos, cartón y madera. Los componentes de los desechos provenientes de combustibles fósiles (por ejemplo, materiales plásticos) no son renovables.

Aunque la tecnología de incineración ha madurado en las últimas décadas, sigue siendo relativamente costosa y, por lo tanto, se utiliza principalmente en países de altos ingresos. La incineración se ha implementado con éxito en jurisdicciones con escasez de tierra para instalar rellenos sanitarios, alta capacidad técnica, recursos financieros significativos, fuertes regulaciones ambientales y típicamente una fracción de desechos orgánicos baja o separada. Es ampliamente utilizado en Japón, donde durante el año 2015, el 80% de los RSD fue incinerado. En todo el mundo, aproximadamente el 11% se quema.

En relación al proceso de producción de energía de una planta de incineración, éste se inicia con: i) un área de almacenamiento para clasificar y almacenar los desechos entrantes; ii) una grúa para levantar los desechos del área de almacenamiento a la cámara de combustión; iii) un sistema de recuperación de calor que utiliza el calor de la incineración para producir vapor en una caldera para la generación de electricidad; iv) un sistema de manejo de cenizas para capturar cenizas de fondo no tóxicas y v) un

sistema de APC, que captura partículas tóxicas que se elevan con las emisiones gaseosas (cenizas volantes) y trata gases nocivos antes de su liberación a la atmósfera.

La capacidad operativa de las instalaciones de incineración puede variar de 5 a más de 1.000 toneladas por día de RSD; sin embargo, la mayoría de las instalaciones están en el rango de 200 a 700 toneladas por día.

La principal diferencia entre la incineración y la quema abierta o incontrolada es que la combustión en la incineración se produce a una temperatura muy alta en una planta contenida, lo que reduce la generación de contaminantes nocivos para el aire.

La combustión abierta ocurre a una temperatura mucho más baja y se expone a la atmósfera, por lo que es muy contaminante.

La Tabla N°148 resume las principales diferencias entre la incineración y la combustión abierta.

Tabla N°148. Diferencias entre la Incineración y Combustión Abierta

Concepto	Incineración	Combustión abierta
Control de la incineración	Controles estrictos sobre el volumen y tipo de residuos que se incorpora, así como, la temperatura del horno.	Sin control.
Recuperación de energía	Electricidad y/o calor.	Sin potencial.
Emisiones tóxicas y polución	Bajas dadas las altas temperaturas en la combustión, equipamiento avanzado APC y las estrictas regulaciones gubernamentales sobre las emisiones tóxicas y gases.	Puede llegar a ser 45 veces mayores a las emisiones generadas en la incineración. Las emisiones no son capturadas y son liberadas a la atmósfera.

Fuente: Decision Maker's Guides for Solid Waste Management Technologies, septiembre de 2018.

La capacidad productiva de la incineración para la generación de energía neta (electricidad o calor), es de aproximadamente 500 a 600 kWh/tonelada de RSD. En la Unión Europea, es común que se generen electricidad (500 kWh/tonelada) y calor (1.000 kWh/tonelada).

Para el correcto funcionamiento de una planta de incineración, el total de RSD debe contener una cantidad suficiente de residuos secos y combustibles (papel, plásticos no reciclables, etc.), y estar disponible en un volumen constante (variación menor a 20%) para permitir una combustión efectiva y un nivel mínimo de consumo de electricidad

y/o generación de calor. Los desechos con una fracción orgánica baja (<50%) son más fáciles para la combustión. La materia prima no necesita ser homogénea y puede incluir residuos municipales, médicos y peligrosos. Los desechos que deben evitarse incluyen aquellos con alto contenido de azufre o cloro, sales orgánicas o materiales radiactivos.

Cabe señalar que la incineración de residuos genera dos tipos de cenizas:

- a) *Cenizas de fondo no tóxicas*, que normalmente comprenden 10 – 25% en peso de los RSD procesados;
- b) *Cenizas volantes tóxicas*, (entre 3 y 5% en peso) que corresponden a materiales peligrosos debido al alto contenido de metales pesados. Estas últimas se puede desechar en un vertedero de residuos peligrosos (común en Europa) o se puede mezclar con cenizas de fondo (común en los EE. UU.) para ser desechadas en un RS o ser utilizadas como material de cobertura dentro del mismo.

Con el fin de controlar la emisión de cenizas al aire, un establecimiento de incineración debe disponer del sistema APC, que impide que las emisiones al aire se mantengan en niveles nocivos para el medio ambiente y la salud. El sistema APC normalmente comprende un sistema de filtro de bolsa en la chimenea para capturar las partículas finas de las cenizas volantes tóxicas y también un sistema basado en productos químicos para capturar otros compuestos gaseosos nocivos de combustión. Por lo general, las emisiones se monitorean continuamente para el cumplimiento normativo. Los datos de monitoreo a menudo se ponen a disposición del público para demostrar que las emisiones están por debajo de los límites dañinos.

Otro elemento crítico es la ubicación de la planta de incineración, ya que una ubicación cercana a un sector industrial o RS, ayudará a reducir los costos de transporte, con respecto a los residuos recibidos por el incinerador o bien por el traslado de las cenizas generadas por la incineración a un RS.

3.5 Identificación de Beneficios y Costos de Tecnologías de Valorización de RSD

3.5.1 Reciclaje

1) Beneficios

- a) *Reducción Explotación de Recursos Naturales*: hay un beneficio asociado a la reducción de la sobreexplotación de recursos naturales y la consiguiente contaminación del aire y agua (reducción de externalidad negativa).
- b) *Venta de insumos para la producción*: hay un beneficio económico por la venta de residuos reciclados al mercado del reciclaje, por tratarse de insumos para la generación de bienes económicos que tiene un precio positivo en el mercado.
- c) *Materia prima para la valorización*: bajo un contexto privado, en el cual hubiera plantas de valorización, los desechos reciclados podrán venderse a estas instituciones como materia prima, ya sea para la producción de fertilizantes y/o para la generación de energía.
- d) *Alargar vida útil de RS*: este beneficio no es fácilmente cuantificable, pero se disminuye la presión sobre los rellenos sanitarios, aumentando su vida útil y reduciendo la necesidad de habilitar otros nuevos.

2) Costos

Dependiendo del sistema de reciclaje, separación en origen, manual y/o mecánica, las plantas de reciclaje tendrán mayores o menores costos de inversión y operación. No obstante, independientemente de la alternativa, el elemento más relevante a considerar es el transporte de los RSD desde el usuario hasta los centros de acopio o centros de reciclaje y el transporte de cada uno de los materiales reciclables y desechables a las distintas plantas de tratamiento y disposición final.

En este sentido, la consideración del transporte como beneficio neto o como costo neto, depende de cada proyecto en particular no pudiendo generalizarse a priori. Por una parte, se ahorran costos de transporte hacia el RS (beneficio) pero, por la otra, se debe incurrir en costos de transporte hacia la planta reciclaje y hacia las distintas plantas de tratamiento y disposición final.

3.5.2 Compostaje

1) Beneficios

- a) *Venta del compost*: hay un beneficio económico por la venta de compost en un mercado que abarca a consumidores agrícolas, paisajistas y los municipios, ya que se puede utilizar el compost como fertilizante para la plantación agrícola, desarrollo de parques, escuelas y embellecimiento de áreas públicas.
- b) *Alargar vida útil de RS*: este beneficio no es fácilmente cuantificable; dado que el proceso de compostaje reduce el volumen de los desechos en un 60% a 90%, reduce significativamente la cantidad de RSD que se dirigen al RS, alargando, por tanto, su vida útil.
- c) *Tarifa por recepción de RS*: desde el punto de vista privado, las plantas de compostaje pueden cobrar una tarifa adicional por el acceso del sector privado a su instalación de compostaje. En algunas ciudades existe regulación respecto de los desechos orgánicos, en las cuales se establece que las empresas privadas que recolectan desechos de alimentos de hoteles u otros establecimientos comerciales deberán enviar estos desechos a una instalación de compostaje. La planta de compostaje por este servicio podrá cobrar una tarifa a estas empresas para el procesamiento de los desechos orgánicos. Desde el punto de vista social este cobro puede considerarse como una forma de valorizar el beneficio por aumento de la vida útil del RS.
- d) *Disminución de emisión GEI*: Dado que el compostaje disminuye la emisión de GEI del RS en la situación sin proyecto, ambientalmente se produce un beneficio social y privado que se cuantifica a través de la disminución del gas carbono emitido y se valoriza aplicando el precio social del gas carbono calculado por el SNI y, privadamente, a través de su precio de mercado obtenido de la transacción de bonos de carbono en el mercado de capitales¹²².

¹²² En Chile hay dos plataformas para transar bonos de carbono: i) Mecanismo de Desarrollo Limpio, regido por Naciones Unidas y ii) Bolsa de Clima de Santiago SCX.

Si bien, es importante generar un compost de alta calidad con el fin de asegurar la venta de la producción de la planta, se deben incurrir en gastos iniciales de marketing y control de calidad para asegurar la competitividad del producto en el mercado.

Se debe tener en cuenta las actitudes negativas hacia el compost producido a partir de residuos sólidos municipales porque es voluminoso y se percibe como material de desecho o porque los beneficios económicos para la agricultura y la gestión sostenible de la tierra no son bien conocidos. Muchos operadores ofrecen garantía de calidad del compost al tener un proveedor externo o un sistema de revisión que prueba la calidad del producto y lo certifica para generar confianza.

2) Costos

- a) *Inversión*: una planta de compostaje es una instalación que requiere de terrenos, obras civiles y equipamiento, “incluyendo la inversión total en la compra hasta su puesta en funcionamiento e incorporando las modificaciones y/o adaptaciones de infraestructura requeridas y las instalaciones complementarias.”¹²³
- b) *Operación y Mantenimiento*: Los costos que surgen por este tipo de proyectos son los usuales, principalmente asociados a mantenciones periódicas y rutinarias además de los costos de operación. Algunos ejemplos de partidas a considerar son: consumo de servicios básicos; personal de aseo y seguridad; conservación de los sistemas eléctricos, alcantarillado, etc.¹²⁴

3.5.3 Digestión Anaerobia (DA)

1) Beneficios

La estructura de beneficios es similar a la del compostaje, destacando:

- a) *Venta de energía y fertilizantes*: hay un beneficio económico por la venta de fertilizante y generación de energía (calor/eléctrica), por tratarse de bienes económicos que tiene un precio positivo en el mercado. El biogás generado por el proceso DA puede usarse para generar electricidad y/o

¹²³ Metodología de Formulación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Valorización de Residuos Municipales”, División de Evaluación Social de Inversiones, MIDEPLAN, 2013.

¹²⁴ Metodología de Formulación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Valorización de Residuos Municipales”, División de Evaluación Social de Inversiones, MIDEPLAN, 2013.

calor y puede venderse a industrias cercanas o a la red eléctrica, generando así ingresos adicionales. También podría usarse en el sitio para el autoconsumo eléctrico, reduciendo sus costos operativos.

- b) *Alargar vida útil de RS*: este beneficio no es fácilmente cuantificable; dado que el proceso reduce el volumen de los desechos en un 50% a 60%, alargando, por tanto, la vida útil de los RS y reduciendo el tamaño de los nuevos RS.
- c) *Tarifa por recepción de RS*: al igual que otras instalaciones de eliminación de desechos, las instalaciones de DA también cobran tarifas por tonelada de desechos recibidos, reportando un ingreso para el proyecto. Como se señaló anteriormente este ingreso puede ser considerado como un buen estimador del beneficio por aumento de la vida útil del RS.
- d) *Disminución de emisión GEI*: Dado que el compostaje, DA e incineración disminuyen la emisión de GEI de un RS en la situación sin proyecto, ambientalmente se produce un beneficio social y privado que se cuantifica a través de la disminución del gas carbono emitido y se valoriza aplicando el precio social del gas carbono calculado por el SNI y, privadamente, a través de su precio de mercado obtenido de la transacción de bonos de carbono en el mercado de capitales¹²⁵.

2) Costos

a) *Inversión*: la DA requiere de los siguientes componentes de inversión:

- Compra o arriendo de terreno y equipamiento.
- Costos de diseño y construcción del establecimiento y sistemas relacionados.
- Conexión con la red eléctrica (en caso de generación de electricidad).
- Permisos y licencias.

¹²⁵ En Chile existen 2 plataformas para transar bonos de carbono: i) Mecanismo de Desarrollo Limpio, regido por Naciones Unidas y ii) Bolsa de Clima de Santiago SCX.

- Entrenamiento de operadores.

Según la información contenida en el documento "*Decision Maker's Guides for Solid Waste Management Technologies, septiembre de 2018*", el costo de capital varía entre 2.800 a 6.400 USD por kW de capacidad instalada. Para las plantas de DA que aceptan desperdicio de alimentos, los mayores costos involucran la preparación y manejo de la materia prima de biomasa y el sistema convertidor (para convertir el gas en calor o electricidad).

- b) *Operación y Mantenimiento*: se estima que el 20% de los ingresos generados por una planta de DA serán suficientes para cubrir los costos operacionales de mantenimiento y reparaciones. Estos costos en general tienen un componente variable y otro fijo. Dentro de los costos fijos, se incluye la mano de obra, mantenimiento, reemplazo rutinario de equipos, entre otros. Usualmente estos costos se calculan como porcentaje del costo de capital, el cual varía entre un 2,1% y 7,0% del costo del sistema DA instalado.

Por su parte, los costos variables de operación incluyen combustible no biomasa, mantenimiento no planificado y reemplazo de equipos. Estos varían según la salida del sistema y generalmente se expresa como un valor por unidad de salida (por ejemplo, USD/kWh). En promedio este valor es de aproximadamente 4,2 USD/MWh.

La Tabla N°149, resume los costos de capital y operaciones expresado en dólares por tonelada:

**Tabla N°149. Costos de Inversión y Operación
de una Planta de Digestión Anaerobia**

	Digestión Anaeróbica	
	Costo de capital (USD/tonelada anual)	Costo de operacional (USD/tonelada anual)
Europa	345 - 600	31 - 57
Estados Unidos	220 - 660	22 - 55

Fuente: Decision Maker's Guides for Solid Waste Management Technologies, septiembre de 2018

3.5.4 Incineración

1) Beneficios

- a) *Venta de energía y calor:* dado que los residuos recibidos sirven de insumo para la generación de la electricidad y/o calor todo excedente que no es utilizado en el funcionamiento de la instalación de incineración, es posible venderla a industria cercanas, red eléctrica y/o sistemas de calefacción urbana generando un importante ingreso para el proyecto.
- b) *Alargar vida útil de RS:* Al igual que otras tecnologías de valorización, la incineración reduce el volumen de los desechos, alargando la vida útil de los RS.
- c) *Tarifa por recepción de RS:* Una fuente importante de los ingresos en una instalación de incineración son las tarifas de recepción de residuos, la cual se cobra por tonelada de residuos que se llevan a la instalación
- d) *Disminución de emisión GEI:* Dado que la Incineración disminuye la emisión de GEI del RS en la situación sin proyecto, ambientalmente se produce un beneficio social y privado que se cuantifica a través de la disminución del gas carbono emitido y se valoriza aplicando el precio social del gas carbono calculado por el SNI y, privadamente, a través de su precio de mercado obtenido de la transacción de bonos de carbono en el mercado de capitales.
- e) *Materiales reciclables recuperados:* en el proceso de incineración se realiza la separación de materiales reciclables antes de la combustión, particularmente metales de alto valor, lo que puede ser una fuente de ingresos para el proyecto de incineración.

2) Costos

- a) *Inversión:* las plantas de incineración requieren de importantes montos de inversión inicial. Sobre una base por tonelada, los costos de capital para las plantas de incineración oscilan entre los 190 a1000 USD por tonelada anual.
- b) *Operación y Mantenimiento:* los costos operativos oscilan entre 12 y 55 USD por tonelada anual.

La Tabla N°150 presenta algunos ejemplos de gastos operativos y gastos de capital para instalaciones de incineración (por tonelada de desechos procesados):

Tabla N°150. Costos de Capital y Operativos de Incineración

	Incineración	
	Costo de capital (USD/tonelada anual)	Costo de operacional (USD/tonelada anual)
Europa	600 - 1.000	25 - 30
Estados Unidos	600 - 830	44 - 55
China	190 - 400	12 - 22

Fuente: Decision Maker's Guides for Solid Waste Management Technologies, septiembre de 2018

Existen importantes economías de escala potenciales para la incineración, especialmente cuando se tiene en cuenta el costo de los equipos de APC. Por lo tanto, si existe una demanda suficiente para el tratamiento de residuos o si una planta puede servir a toda una región, puede haber un claro beneficio financiero.

En general, los costos de mantenimiento y otros costos de consumo se estiman en 3% y 1%, respectivamente, de los costos de capital.

En general los costos de capital requeridos por la incineración son superiores a los del compostaje y la DA. Sin embargo, son inferiores a la Pirólisis y la gasificación por KWH de energía producida, tal como se ilustra en la Tabla N°151.

Tabla N°151. Costo de Capital de Tecnologías de Recuperación Energética¹²⁶

Tecnología de recuperación de energía	Costos de capital USD/kW con 15 MW de salida
Incineración con recuperación de energía	7.000 - 10.000
Gasificación convencional	7.500 - 11.000
Gasificación plasma arc	8.000 - 11.500
Pyrolysis	8.000 - 11.500

Fuente: Decision Maker's Guides for Solid Waste Management Technologies, septiembre de 2018.

Desde una perspectiva financiera, los costos varían según la instalación de acuerdo con la tecnología de combustión elegida, ya que cada uno tiene características de diseño únicas, variaciones en los costos del equipo, capacidad, características de residuos específicas del sitio, requisitos de espacio y requisitos reglamentarios.

¹²⁶ Para la comparación de costos de capital de las tecnologías de recuperación de energía se ha considerado que las plantas tienen una salida de energía de 15 MW.

3.5.5 Resumen de Beneficios y Costos de Tecnologías de Valorización de RSD

Sobre la base de las secciones anteriores, la siguiente Tabla N°152 muestra un resumen de los beneficios y costos de cada tecnología de valorización.

Tabla N°152. Resumen de Beneficios y Costos de Tecnologías de Valorización

Teconología de Valorización	Beneficios	Costos
Reciclaje	(1) Reducción de explotación de Recursos Naturales. (2) Venta de insumos para producción. (3) Venta de materia prima para valorización. (4) Alarga vida útil del RS.	(1) Dependiendo del sistema de reciclaje, separación en origen, manual y/o mecánica, las plantas de reciclaje tendrán mayores o menores costos de inversión y operación. (2) Transporte de los RSD desde el usuario hasta los centros de acopio o centros de reciclaje. (3) Transporte de cada uno de los materiales reciclables y desechables a las distintas plantas de tratamiento y disposición final.
Compostaje	(1) Venta del compost. (2) Alarga vida útil de RS, el proceso de compostaje reduce el volumen de los desechos en un 60% a 90%. (3) Tarifa por recepción de RSD, cobros de una tarifa adicional por el acceso del sector privado a la instalación de compostaje. (4) Disminución de emisión GEI.	(1) Inversión: una planta de compostaje es una instalación que requiere de terrenos, obras civiles y equipamiento, "incluyendo la inversión total en la compra hasta su puesta en funcionamiento e incorporando las modificaciones y/o adaptaciones de infraestructura requeridas y las instalaciones complementarias." (2) Operación y Mantenimiento: Los costos que surgen por este tipo de proyectos son los usuales, principalmente asociados a mantenciones periódicas y rutinarias además de los costos de operación.
Digestión Anaerobia	(1) Venta de energía y fertilizantes: hay un beneficio económico por la venta de fertilizante y generación de energía (calor/eléctrica). (2) Alarga vida útil de RS, la DA reduce el volumen de los desechos en un 50% a 60%. (3) Tarifa por recepción de RSD, las instalaciones de DA cobran tarifas por tonelada de desechos recibidos. (4) Disminución de emisión GEI.	(1) Inversión: las plantas de DA requieren montos importantes de inversión inicial. Sobre una base por tonelada, los costo de capital varían, en promedio, entre 220 - 660 USD/tonelada anual. (2) Operación y Mantenimiento: se estima que el 20% de los ingresos generados por una planta de DA serán suficientes para cubrir los costos operacionales de mantenimiento y reparaciones. Los costos operacionales varían, en promedio, entre 22 - 57 USD/tonelada anual.
Incineración	(1) Venta de energía y calor. (2) Alarga vida útil de RS, puesto que reduce el volumen de los desechos. (3) Tarifa por recepción de RSD, una fuente importante de los ingresos en una instalación de incineración son las tarifas de recepción de residuos. (4) Disminución de emisión GEI, la Incineración disminuye la emisión de GEI del RS. (5) Materiales reciclables recuperado, en el proceso de incineración se realiza la separación de materiales reciclables antes de la combustión.	(1) Inversión: las plantas de incineración requieren de importantes montos de inversión inicial. Sobre una base por tonelada, los costos de capital para las plantas de incineración oscilan, en promedio, entre los 190 a 1000 USD por tonelada anual. (2) Operación y Mantenimiento: los costos operativos oscilan, en promedio, entre 12 y 55 USD por tonelada anual.

Fuente: Elaboración propia.

3.6 Valorización de Beneficios y Costos

Si bien en la literatura nacional e internacional revisada no figuran, salvo menciones parciales, metodologías para valorizar los beneficios sociales de proyectos de valorización, concentrándose sólo en su identificación, y el SNI dispone de una metodología incipiente e insuficiente para ello, se muestran a continuación algunos lineamientos por los cuales estos consultores estiman se puede avanzar en esta materia.

- a) *Venta de producto generado por el proyecto de valorización*: el ingreso generado por la venta de la producción sin IVA ($p \cdot q$), corregido por precios sociales si correspondiera, refleja adecuadamente el valor del beneficio social.
- b) *Alargar vida útil del RS*: un buen estimador de este beneficio social lo constituye la tarifa de recepción cobrada por las plantas de compostaje, de DA y de incineración por la disposición de los residuos sólidos, al igual como lo efectúa el RS, multiplicada por las toneladas dispuestas. Ello en virtud de que dicho tonelaje se desvía desde el RS alargando la vida útil de éste y representa el máximo beneficio atribuible al proyecto, pues representa el menor costo de disponer de dichos residuos sólidos frente al cobro del RS que representa su costo medio de largo plazo.
- c) *Menor emisión de GEI*: existen metodologías para cuantificar la emisión de gas carbono a partir del IPCC que indica cómo estimar las emisiones de GEI en las distintas tecnologías; adicionalmente existen estudios efectuados por la PUCV donde indican las fórmulas de estimación de emisión según tipo de tecnología. Para la valorización de las emisiones de gas carbono, desde el punto de vista social se dispone del precio social del carbono estimado y publicado en la página web del SNI y, para su valorización en términos privados, se dispone de precios privados a través del mercado de bonos de carbono.

VIII. Externalidades Rellenos Sanitarios

A. Concepto de Externalidad

En economía del bienestar se entiende por externalidad los efectos positivos o negativos que genera un proyecto sobre terceros y respecto de los cuales no hay compensación económica, es decir, el proyecto no recibe un ingreso por el efecto positivo y el proyecto no efectúa un pago compensatorio por los efectos negativos que produce.

Por tanto, al no estar internalizados estos efectos en el mercado, la evaluación privada no los considera en sus flujos de caja, ya que no implican beneficio o costo para el inversor.

Sin embargo, la evaluación social sí debe considerarlas, ya que constituyen un beneficio o costo del proyecto que afecta a terceros integrantes de la misma sociedad.

La forma de que el proyecto internalice las externalidades es pagándolas o cobrándolas según sea el caso, existiendo múltiples maneras de hacerlo, que se agrupan en dos grandes enfoques a nivel internacional:¹²⁷

- a) *el enfoque de comando y control*, que se apoya en la reglamentación directa, acompañada de fiscalización y sanción al no cumplimiento de las normas y estándares establecidos.
- b) *el enfoque de los instrumentos de mercado*, que busca alcanzar las metas ambientales sobre la base de incentivos y desincentivos (sistema de precios) a los agentes económicos.

El enfoque de comando y control ha sido el más adoptado a nivel mundial. Todavía es escasa la experiencia del segundo enfoque, aunque hoy la tendencia en los países más desarrollados va hacia allá. La experiencia de otros países indica que un adecuado manejo de los desechos sólidos urbanos requiere de una combinación de instrumentos económicos (de mercado) con instrumentos regulatorios tradicionales.

En el caso que nos preocupa, Relleno Sanitario, la forma elegida para internalizar las principales externalidades negativas que genera sigue la tendencia mundial y lo efectúa a través de la legislación ambiental y sanitaria que obliga al RS a adoptar y financiar un

¹²⁷ "De Lo Errázuriz a Til - Til: El Problema de la Disposición Final de los Residuos Sólidos Domiciliarios de Santiago", Sandra Lerda & Francisco Sabatini, Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, agosto 1996.

conjunto de medidas mitigadoras: instalación de chimeneas, cobertura desechos depositados en las zanjas, impermeabilización zanjas, restricciones a su localización, manejo del cierre del RS durante 20 años, entre muchas otras. De esta forma la externalidad negativa se transforma en un costo de inversión y/u operación para el RS, quedando incluida en los flujos de evaluación social y los correspondientes indicadores de rentabilidad social.

B. Rellenos Sanitarios y Externalidades

Paradójicamente, si bien se asigna a los RS un conjunto de impactos negativos sobre el medio ambiente (externalidades negativas), los RS son en sí un proyecto ambiental que reduce los impactos negativos del manejo de los residuos sólidos, especialmente orgánicos, de una comunidad respecto de otras soluciones.

En efecto, el generador de los impactos ambientales negativos son los residuos sólidos que producen las personas en su quehacer diario y que por constituir un desperdicio (bien con precio negativo) y dado su volumen y generación continua y permanente requieren ser retirados de los domicilios, comercio, industria y dispuestos en algún lugar de acumulación. Es por ello, que los esfuerzos están destinados a cambiar esta situación a través de proyectos de valorización que disminuyan los residuos sólidos que deban ser enviados a un centro de acumulación y transformar así un desperdicio en un bien económico, es decir, con precio positivo.

Inicialmente los centros de acumulación fueron botaderos, para luego evolucionar a vertederos y posteriormente a una solución ambientalmente superior: Relleno Sanitario.

En este sentido, cada vez que evaluamos socialmente un proyecto de RS (con proyecto) que reemplaza a un vertedero o a un botadero (sin proyecto) el proyecto RS tienen efectos ambientales positivos, ya que elimina o aminora las externalidades ambientales negativas de la situación sin proyecto. Esta es la razón en que se basa la actual metodología del Sistema Nacional de Inversiones para utilizar un análisis costo – efectividad en lugar de uno costo – beneficio, ya que supone que los RS son socialmente rentables dado sus significativos beneficios sociales asociados a la disminución de externalidades negativas.

No obstante las medidas de mitigación a que obliga la legislación ambiental, no logran eliminar la totalidad de las externalidades. La revisión bibliográfica permite identificar las siguientes externalidades asociadas a los RS:

- a) *Emanaciones de gas metano*: la legislación ambiental obliga a la construcción de un drenaje (o chimenea) “en el centro de ésta de 3 m de profundidad. En el tubo de HDPE antes del codo se instalará una válvula que permitirá realizar mediciones de las características de biogás y además tomar muestras”. “A partir del segundo año se monitorearán semanalmente durante la operación, las características del biogás en los drenajes. De acuerdo a los resultados de las mediciones se deberá evaluar la necesidad de captar dicho gas y proceder a su quema centralizada o implementar algún proyecto para su aprovechamiento.”¹²⁸
- b) *Líquidos percolados*: se impermeabilizan las zanjas con geomembrana textil, de tal suerte que en el caso de generarse se mantendrán al interior de la zanja, impidiendo la infiltración de éstos a los suelos adyacentes. Independiente de lo anterior, y con el fin de detectar posible infiltración de líquidos se considera la instalación de piezómetros, los que se ubicarán en el punto más bajo de cada corrida de zanjas. Estas medidas eliminan completamente dicha externalidad, salvo en alguna situación especial.
- c) *Malos olores*: no obstante las medidas que se adoptan, la generación de malos olores puede persistir. La RCA del RS de la comuna de Caldera establece que “el monitoreo de olores se realizará ocasionalmente en caso de manifestaciones molestas (máximo 3 veces al año), utilizando el método de “Sniff testing o panel de personas” basado en la Norma VDI “Determinación de Odorantes en el aire ambiente mediante evaluaciones de terreno” (NeR o Netherlands Emissions Guidelines), las que básicamente se recomienda para evaluar la extensión que alcanza un determinado foco y su intensidad.
- d) *Fauna nociva*: no obstante las medidas que se adoptan, la presencia de fauna nociva es algo difícil de eliminar completamente, tal como se constató en los cuatro RS analizados.
- e) *Congestión en vías de acceso al RS*: este impacto es función del número de camiones que diariamente acuden al RS y de su distribución horaria, lo que, en general, no debiera ser significativo.

Este conjunto de externalidades negativas de tipo ambiental, salvo la emisión de GEI, afectan directamente a la comunidad aledaña al RS, por lo que su valor se expresa

¹²⁸ RCA Proyecto Relleno Sanitario Comuna de Caldera, 14 de junio 2012.

económicamente en una significativa disminución de los precios de los terrenos y viviendas de la comunidad ubicada en el entorno del RS.

La emisión de GEI afecta a todo el país y la humanidad, por lo que su valor excede el precio de los terrenos aledaños; el mercado de los bonos de carbono es una buena posibilidad para su valorización.

Por estas razones la localización de todo nuevo RS (adicional a lo existente) es una tarea difícil producto de la resistencia de las comunidades ubicadas en su entorno. Esto ha llevado a partir de la experiencia de la instalación del RS en la comuna de Til – Til a efectuar compensaciones económicas a los habitantes de la comuna afectadas. En efecto, *“La prensa anunció que la empresa se comprometía a crear un parque industrial con cabida para 160 industrias en terrenos de su propiedad, adyacentes al futuro vertedero. Se pretendía utilizar el gas resultante de la descomposición de la basura para la fabricación de ladrillos, la deshidratación de frutas y otros usos industriales.*

Paralelamente, la municipalidad y el gobierno central negociaban, al parecer, la instalación de alcantarillados, pavimentos y alumbrado eléctrico en la comuna (el 90% de los caminos de Til – Til son de tierra y el 40% de la comuna no tiene luz eléctrica). La prensa señaló que el Servicio de Vivienda y Urbanización de la RM, a su vez, se había comprometido a comprar terrenos para la construcción de al menos 400 soluciones habitacionales para vecinos de la comuna”¹²⁹.

Todo esto entrega un procedimiento para valorar el monto de las externalidades ambientales asociadas a un RS y que afectan a las comunidades aledañas: El mayor valor entre el monto de las compensaciones y la sumatoria de la pérdida de valor de los terrenos y viviendas de las comunidades afectadas.

Finalmente, se reitera lo señalado al inicio de este capítulo, en el sentido que desde el punto de vista de la evaluación de proyectos se debe trabajar con el concepto de flujos diferenciales, con proyecto menos sin proyecto, lo que en muchos casos transforma costos absolutos en beneficios del proyecto, como es el caso de los RS.

¹²⁹ “De Lo Errázuriz a Til – Til: El Problema de la Disposición Final de los Residuos Sólidos Domiciliarios de Santiago”, Sandra Lerda & Francisco Sabatini, Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, agosto 1996.

IX. Integralidad de Proyectos

A. Concepto de Integralidad de Proyectos

Desde el punto de vista ambiental el enfoque integral corresponde a un conjunto de iniciativas de inversión que intervienen en el proceso de producción y gestión de los residuos y cuya finalidad es mejorar la eficiencia y eficacia del proceso de gestión de residuos minimizando sus impactos ambientales negativos.

Desde el punto de vista económico, la integralidad de proyectos está directamente asociada al concepto de complementariedad de proyectos de inversión, que, en síntesis, significa que existiendo una complementariedad significativa del conjunto de iniciativas de inversión, su evaluación económica debe ser realizada conjuntamente, ya que maximiza su rentabilidad. La complementariedad de proyectos se expresa operativamente como se muestra en la Fórmula N°2.

Fórmula N°2.

$$VAN_{(A)} + VAN_{(B)} < VAN_{(A+B)}$$

Es decir, el VAN de ejecutar sólo A más el VAN de ejecutar sólo B es menor que el VAN de realizar conjuntamente A y B.

Lo anterior es importante, ya que existe la tendencia en nuestra sociedad a plantear soluciones “integrales” a los problemas, es decir, un conjunto de proyectos simultáneos de diferente índole para enfrentar el problema. Ello es correcto si efectivamente son proyectos complementarios, de lo contrario no lo es.

El peligro radica en que sí los proyectos no son complementarios y se evalúan conjuntamente (integralmente), se aprueben proyectos no rentables económicamente, (VAN negativo), subsidiados por otros proyectos de la solución integral que sí son muy rentables, obteniendo finalmente una evaluación económica conjunta con VAN positivo.

En economía del bienestar la complementariedad significativa de proyectos es un bien escaso, ya que no es muy frecuente.

B. Enfoque de Evaluación de Proyectos Integrales de Gestión de Residuos Sólidos

En rigor, el caso que preocupa corresponde más bien a una decisión sobre “tamaño óptimo” antes que complementariedad de proyectos, ya que se busca establecer hasta que etapa de un proyecto conviene avanzar: sólo hasta RS o hasta proyecto de valorización que incluye un RS, aunque más pequeño. Igual situación se da en el caso de que exista un RS y se desea saber si conviene agregar un proyecto de valorización. Por tanto, constituye un proceso de evaluación de proyectos clásico, donde se deben definir dos situaciones:

- a) Situación sin proyecto: sólo proyecto relleno sanitario.
- b) Situación con proyecto: proyecto de relleno sanitario más algún componente adicional como puede ser una obra de valorización.

Al realizar un análisis diferencial entre ambas situaciones se puede dar:

- a) VANS positivo: en este caso la obra de valorización aporta valor, es rentable.
- b) VANS igual a 0: en este caso la obra de valorización no aporta valor, es indiferente.
- c) VANS negativo: en este caso la obra de valorización tiene un aporte de valor negativo, es no rentable.

El problema práctico es que el procedimiento anterior requiere de una metodología de evaluación beneficio – costo. El estado del arte en esta materia muestra que la metodología de evaluación de RS es costo – eficiencia, es decir, supone que el proyecto es socialmente rentable por su impacto ambiental positivo, por lo que se elige la solución de menor costo mediante el VAC.

En relación con los proyectos de valorización, existe desarrollada una incipiente metodología beneficio – costo para los proyectos de valorización con dos limitaciones severas:

- a) Dificultades para valorización del beneficio de prolongar la vida útil del RS que es una de las complementariedades positivas encontradas.¹³⁰
- b) Dificultades para valorizar uno de los principales beneficios del proyecto de valorización como es la disminución de la emisión de GEI.

Por lo señalado no es factible aplicar el procedimiento descrito anteriormente, ya que no se dispone de VAN ni para el proyecto de relleno sanitario ni para los proyectos de valorización.

Sin embargo, dado que el beneficio por disposición del RS se da en igual magnitud, tanto en el “con” y “sin” proyecto, pasa a constituir un valor irrelevante en el VAN diferencial anulándose, por lo que no se requiere valorizar, es decir, no se requiere disponer del VAN del sin proyecto, sino sólo de sus costos de inversión, operación y externalidades negativas valorizados.

Del proyecto de valorización propiamente tal se requiere disponer de la valorización de todos sus beneficios y de todos sus costos de inversión, operación y externalidades negativas, vale decir de una metodología costo – beneficio.

Como se señaló, siempre que se aplica el criterio de VAN Marginal, su carácter diferencial implica el riesgo de estar aprobando un proyecto no rentable en la medida que tanto con y sin proyecto tengan un VAN negativo, siendo más negativo el del sin proyecto. Sin embargo y dado que el VAN sólo RS (sin proyecto) se supone rentable socialmente, la regla de decisión señalada funciona adecuadamente, aunque no se conozca el VAN sólo RS (sin proyecto).

Alternativamente, la contraparte ha sugerido trabajar con el concepto costo – eficiencia, a través de incorporar en el proyecto integral los beneficios del proyecto valorización y los ahorros de externalidades en relación con el sin proyecto, como costos negativos (ahorros de costos), de tal suerte de igualar los beneficios de ambas opciones, pudiendo aplicarse la regla de decisión del VAC que exige iguales beneficios de las alternativas de proyectos:

- Si $VAC_{\text{proy. integral}} < VAC_{\text{sólo RS}}$: la obra de valorización aporta valor.

¹³⁰ “Notar sin embargo que las proyecciones requeridas respecto al uso potencial de terrenos para el desarrollo de nuevos rellenos sanitarios están sometidas a un nivel de incertidumbre muy alto, que impide estimar los ahorros generados por este concepto de manera confiable.” Metodología de Formulación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Valorización de Residuos Municipales”, División de Evaluación Social de Inversiones, MIDEPLAN, 2013.

- Si $VAC_{\text{proy. integral}} = VAC_{\text{sólo RS}}$: la obra de valorización no aporta valor.
- $VAC_{\text{proy. integral}} > VAC_{\text{sólo RS}}$: la obra de valorización tiene un aporte de valor negativo.

Al igual que el VAN diferencial, requiere necesariamente valorizar la totalidad de los beneficios del proyecto de valorización y la totalidad de las externalidades negativas del RS y del proyecto integral. En definitiva, al igual que en el caso del VAN, sólo se ahorra de valorizar el beneficio del RS por disposición de los RSD, pero requiere de la totalidad de los otros beneficios.

Su principal limitación es que sólo permite comparar proyectos integrales con el mismo RS como sin proyecto (iguales beneficios), limitación que la metodología costo – beneficio no tiene, ya que el VANS permite comparar proyectos integrales de diferentes tipologías de valorización y a lo largo de todo el país.

Por lo expuesto, se recomienda avanzar hacia una metodología beneficio – costo de los proyectos de valorización, requisito fundamental para el cálculo del VAN o el procedimiento alternativo descrito.

X. Plan de Difusión

Se contempla realizar dos talleres de difusión, uno dirigido a los analistas de inversiones sector Recursos Naturales y Medio Ambiente, subsector Medio Ambiente del Ministerio de Desarrollo Social y Familia, y otro a funcionarios de la Subsecretaría de Desarrollo Regional.

Ambos talleres estarán enfocados en mostrar los resultados y hallazgos del estudio, con el objetivo de retroalimentar la formulación y evaluación social de proyectos de gestión de residuos sólidos (evaluación ex – ante), fortaleciendo de esta manera la etapa de preinversión de próximos proyectos.

El taller dirigido a analistas de inversión del MDSF se realizará el día 27 de marzo de 2020, de 9:00 a 12:00 h, mediante videoconferencia en dependencias de dicho organismo. Asimismo, el taller enfocado en los funcionarios de la Subsecretaría de Desarrollo Regional se realizará el 23 de abril de 2020, en Edificio Bicentenario, salón Prevención del Delito (piso 5), hora por definir.

En archivo adjunto “Resultados Ex – Post RS.ppt” se acompaña el contenido a tratar en ambos talleres.

XI. Conclusiones y Recomendaciones

A. Marco Conceptual de la Gestión de Residuos Sólidos

- 1) Chile se encuentra en posiciones de liderazgo a nivel latinoamericano y con estándares mundiales en cobertura de recolección y disposición final de residuos. Sin embargo, en reciclaje y valorización el desarrollo es incipiente, existiendo una amplísima brecha respecto de la Unión Europea.
- 2) En relación con la formulación de la PGIRS y, luego la PNR 2018 – 2030, llama la atención que ellas no cuenten con un diagnóstico acabado y un respaldo técnico – económico, por lo que su contenido es sólo cualitativo, sin ningún tipo de medición y valorización de beneficios y costos de las acciones propuestas, así como de la fijación de metas.
- 3) La formulación de la PNR 2018 – 2030, no dispuso de una evaluación ex – post de su antecesora, la PGIRS, que diera cuenta de su ejecución, de manera de evaluar el nivel de cumplimiento de sus objetivos en términos de costos y de eficiencia. Esto es una carencia significativa, en la medida que la PNR 2018 – 2030 es la continuadora temporal de la PGIRS.
- 4) A pesar de los avances en institucionalidad alcanzados durante la implementación de la PGIRS, el país todavía no cuenta con un organismo centralizado que se encuentre 100% dedicado a la gestión de residuos sólidos. Este organismo debiera poder articular al sector y estar a cargo del desarrollo de todas las tareas relacionadas con la gestión de residuos del país, siguiendo el ejemplo de la comunidad autónoma de Cantabria en España donde crean la empresa pública MARE perteneciente al Gobierno de Cantabria y adscrita a la Consejería de Medio Ambiente, dedicada a la gestión de todas aquellas tareas de carácter medioambiental que le encomienda el Gobierno

El marco regulatorio en materia de gestión de residuos se ha venido fortaleciendo durante los últimos 15 años. Destaca la promulgación de la Ley N°20.920 (Ley REP) que entrega un mayor sustento legal a la implementación de una estrategia jerarquizada en el país. Otro aspecto relevante, es la existencia de 27 de cuerpos normativos entre leyes, resoluciones, normativas y reglamentos. Se sugiere disponer de uno a dos textos legales de tipo generales que aborden toda la

problemática de residuos sólidos y que se expresen operativamente vía resoluciones, normas y reglamentos que se requieran.

- 5) Si Chile quiere llegar a los niveles que exhiben países de la comunidad europea, la educación ambiental debe ser parte de los currículos formales desde la educación preescolar en adelante. Ello permitirá masificar el proceso educativo y lograr que las nuevas generaciones sean “amigas y protectoras” del medio ambiente.
- 6) Se requiere que el sistema de gestión de residuos domiciliarios cuente con un sistema tarifario eficiente, establecido con criterios técnicos y amparado bajo el principio “el que contamina paga” y que cuente con un nivel de fiscalización adecuado.

La exitosa experiencia europea muestra que la separación en origen es requisito fundamental para el reciclaje y proyectos de valorización y ello se ha logrado con la combinación virtuosa de una sólida educación ambiental y un conjunto de incentivos a nivel de los hogares (pagos y cobros) para que realicen una separación en origen.

- 7) El mercado de recolección de residuos domiciliarios es imperfecto y presenta muchas debilidades e irregularidades expresado en muchos casos judiciales abiertos. El actuar independiente y con total autonomía de cada municipio antes señalado, ha sido una de sus causas principales. Por tanto, se requiere incentivar el desarrollo de la oferta de servicios de recolección generando una sana competencia, unido a una mayor transparencia en los procesos de licitación desarrollados por los municipios, siendo clave la propuesta anterior, de un actuar conjunto de municipios y gobierno central.
- 8) Una de las grandes debilidades de la gestión de residuos en Chile es no disponer de sistemas de información. El ingreso del país a la OCDE y la creación del RETC ha permitido mejorar el levantamiento de información. La siguiente etapa por desarrollar, consiste en mejorar la calidad y estandarización de dicha información, haciendo más eficiente la toma de decisiones y la posibilidad de compararse con el resto del mundo.
- 9) Con el objetivo de avanzar en el aumento de la tasa de valorización del país, se sugiere realizar un estudio de prefactibilidad que permita determinar las tecnologías de valorización más eficientes y efectivas para la realidad nacional.

B. Evaluación Ex - Post

- 1) La principal conclusión que se desprende de este estudio es la ratificación y constatación de que el éxito de una evaluación ex – post, en términos del logro de sus objetivos, depende del cumplimiento de 2 requisitos fundamentales:
 - a) Disponer de información fidedigna y completa de los procesos de ejecución y operación del proyecto. Esto incluye toda la documentación formal asociada a ambos procesos (presupuestos, contratos, facturas, contabilidad, etc.) que soporte la información.
 - b) Que dicha información ex – post se organice y estructure de la misma forma que en el proceso de preinversión. Esto se traduce que en la Fase de Ejecución, se cuente con presupuestos que presenten las mismas partidas, itemizado y análisis de precios unitarios. Para la Fase de operación que cuente con el mismo plan de cuentas, centros de costos y elementos de costos, de tal suerte, de permitir una comparación detallada y no quedarse con comparaciones globales que pueden ocultar, por efecto compensación, errores significativos de estimación a nivel de subcuentas.
- 2) En relación con lo anterior, en los 3 proyectos analizados se dieron simultáneamente cumplimiento y no cumplimiento de dichos requisitos. En efecto, en la Fase de Inversión, en lo referente a Obras Civiles, se dispuso de un excelente nivel de información ex – post, organizada con las mismas partidas e itemizado que la información ex – ante. Contrariamente, en la Fase de Operación, por una parte, la información ex – post fue escasa, con un respaldo documental acotado y parcial, con muchas estimaciones del Administrador y con gastos incurridos sin un valor monetario asociado y, por la otra, organizado en un plan de cuentas y con elementos de costo diferente al utilizado ex – ante, dificultando la comparación y obligando a la utilización de supuestos para ello. Sólo lo relativo a dotación de personal y sus remuneraciones cuenta con un nivel de información adecuado.
- 3) La calidad y detalle de la evaluación ex – post realizada en cada caso es la mejor demostración de lo aseverado en el punto anterior. Efectivamente, para la inversión en construcción de los RS se pudo calcular las desviaciones a nivel de ítems y desagregar dichas desviaciones en sus efectos precio y cantidad, entregando valiosa información para mejorar las exigencias a futuras evaluaciones ex – ante en términos de la ingeniería que debe respaldar las estimaciones de cantidades

(cuantificación de costos) y la exigencias de cotizaciones de mercado actualizadas y adecuadas a la zona, para respaldar las estimaciones de precio (valorización de costos). Contrariamente en lo relativo a costos de operación y con la excepción de personal y remuneraciones, sólo se pueden extraer conclusiones a nivel de cuentas agregadas, poco útiles para los fines de la evaluación ex – post que son los de retroalimentar el proceso de evaluación ex – ante.

- 4) Los VACS ex – ante y ex – post presentan diferencias que se ubican dentro de un rango aceptable – Caldera-, aceptable con reparos – Huasco – y no aceptable – Arauco para un nivel de diseño: 3,3%, 8% y 11,1% respectivamente. Sin embargo, el análisis detallado a nivel de partidas e ítems muestra que los errores en las principales partidas se ubican en rangos no aceptables, muy por encima del 10% de desviación. Dado que los errores fueron en ambos sentidos, sobrevaloraciones y subvaloraciones, por efecto compensación se lograron buenos resultados a nivel de VACS globales, lo que no debe ocultar deficiencias en las estimaciones ex – ante, tanto de precios como de cantidades. En el caso de operaciones, dado los problemas de información ex – post, queda la duda si efectivamente se encuentran incluidos todos los gastos incurridos, por lo que las comparaciones son menos sólidas.
- 5) En las evaluaciones ex – ante se observaron deficiencias metodológicas, que dada la larga experiencia del SNI en la materia, no debieran ocurrir. Un par de ejemplos son, i) la no inclusión del valor del terreno en todas las evaluaciones revisadas, por haber sido comprado previamente y ii) confundir bien importable con bien importado, no aplicando el factor de corrección de la divisa y arancel de importación. El reforzamiento de la evaluación ex – ante y de su proceso de revisión y autorización por parte del MDS es una conclusión útil y significativa de este estudio.
- 6) Se recomienda que la elección de los proyectos sujetos a evaluación ex – post se realice tempranamente, durante las últimas etapas de la preinversión (factibilidad y/o diseño), de tal suerte de planificar y organizar la estructura y nivel de apertura de la información requerida, para las etapas de ejecución y operación, una vez que se desarrollen ambas etapas. Esta estructura debe ser idéntica a la utilizada en la evaluación ex – ante.
- 7) Relacionado con el punto anterior, se recomienda desarrollar un protocolo para la recopilación de información interinstitucional para la evaluación ex – post de proyectos de inversión pública, el que debiera ser incluido y exigido en las Normas

de Inversión Pública (NIP) y RIS respectivos de cada sector del SNI para la obtención de la recomendación favorable (RS). Este protocolo debiera ser firmado por las autoridades de la Entidad Técnica y Financiera del proyecto a financiar.

- 8) Los proyectos analizados realizaron inversiones (terrenos) antes de desarrollar su preinversión e ingresar al SNI, lo cual condiciona la evaluación económica de cada uno de ellos y posterior toma de decisiones, no asegurando un uso eficiente de los recursos públicos (eficiencia asignativa).
- 9) La evaluación de proyectos (social y privada) es una disciplina dinámica, por lo tanto, cuando la etapa de inversión de un proyecto presenta un desfase importante (más de 3 años) respecto de su etapa de preinversión, es fundamental actualizar esta última (parámetros, demanda, presupuestos, costos de operación e ingresos), garantizando de esta forma una toma de decisión óptima con la mejor información disponible. Un ejemplo negativo de lo anterior es el caso del RS de Arauco – Curanilahue cuya evaluación socioeconómica difiere en 8 años con la ejecución del proyecto, sin actualización alguna de por medio.

C. Análisis de Satisfacción Usuaría

- 1) Según los actores entrevistados, los RS en estudio funcionan bien y su infraestructura es adecuada para el trabajo realizado; se constituyen ambientes de trabajo agradables donde, en general, destaca el compañerismo y la colaboración entre trabajadores y jefaturas.
- 2) Se observan algunos espacios de mejora en los ítems preguntados, concentrándose principalmente en “instalaciones”, donde cada RS tiene necesidades específicas y, en la disponibilidad y mantención de “maquinarias”, siendo un factor crítico para la operación y en el cual se observan mayores desajustes.
- 3) En cuanto al proceso de disposición de residuos propiamente tal, éste es bastante estándar y cada trabajador sabe exactamente cuál es su función. En las entrevistas no aparece el “recurso humano” como un elemento deficitario, ni en cantidad ni en calidad (o cualificación).
- 4) En lo que refiere a la sostenibilidad de los RS, aparece en todas las entrevistas el tema de la separación de residuos o reciclaje como un proyecto que debe desarrollarse en paralelo al proyecto de RS.

- 5) Por último, si bien la satisfacción de la comunidad atendida es difícil de medir directamente (el servicio de los RS impacta y se conecta indirectamente con los hogares y las comunidades), sí se percibe un efecto positivo en ella, en la medida que los RS han sido una solución real y observable a la limpieza de espacios privados y públicos, respondiendo a problemas de salubridad (moscas, ratones y otros) y disminuyendo también la proliferación de basurales clandestinos

D. Evaluación Modelo de Gestión

- 1) De un total de 27 indicadores evaluados, el RS Arauco – Curanilahue muestra un 52% con desempeño bueno, un 34% con desempeño regular y un 8% con desempeño deficiente. Esto se traduce en una nota de 5,5 para la gestión del RS Arauco – Curanilahue (escala de 1 a 7), reflejando que el RS cumple adecuadamente, pero tiene espacio para desarrollar mejoras a su gestión.

Entre las debilidades detectadas (desempeño deficiente) destacan:

- a) La adquisición parcial (sólo un 45%) de los equipos y maquinarias planificadas para una correcta operación de este RS.
- b) La planificación de su estructura administrativa, ya que la dotación actual de personal supera en un 29% a la proyectada originalmente.
- c) El programa arquitectónico muestra errores de diseño, con un subdimensionamiento de las instalaciones administrativas, lo que obligó a realizar instalaciones adicionales a las programadas.

Entre sus fortalezas (desempeño bueno) destacan:

- a) Buena accesibilidad del RS, cercano a la Ruta 160 y accesibilidad bidireccional (se puede acceder desde el norte o desde el sur).
- b) Una tasa de correcta disposición de residuos de un 100%.
- c) Lavado de camiones recolectores en cada pasada (incluye el uso de aromatizantes y detergente).
- d) Impermeabilización de acuerdo a RCA.
- e) Óptimo manejo del biogás.

- 2) De un total de 27 indicadores evaluados, el RS de Caldera muestra un 70% con desempeño bueno; un 4% con desempeño regular y un 26% con desempeño deficiente. Esto se traduce en una nota de 5,5 para el RS de Caldera, lo que se traduce en desempeño adecuado, con posibilidad de mejoras.

Entre las debilidades detectadas (desempeño deficiente) destacan:

- a) 39% de mayor cantidad de residuos dispuestos en el RS en relación a lo planificado y 28% de capacidad aumentada, lo que sugiere una menor vida útil para el RS.
- b) Este RS opera en la actualidad con un 38% más de dotación, en relación a lo planificado.
- c) Este RS opera en la actualidad con un 23% más de superficie para instalaciones administrativas.

Entre las fortalezas detectadas (desempeño bueno) destacan:

- a) La gestión en la recolección de residuos, con una cobertura de 100% y una frecuencia de 3 veces por semana.
 - b) Su localización, dado que se encuentra a una distancia de 4 km de la ciudad de Caldera.
 - c) Excelente accesibilidad, con un camino en óptimas condiciones y a una distancia de 2 km aproximadamente de la Ruta 5.
 - d) El buen desempeño de su funcionamiento interno, con todos sus procesos calificados con buen desempeño, tales como, pesaje previa disposición, tiempo de recorrido de los camiones al interior del RS, tasa de residuos
- 3) De un total de 27 indicadores evaluados, el RS de la Provincia de Huasco muestra un 67% con desempeño bueno; un 7% con desempeño regular y un 26% con desempeño deficiente. Esto se traduce en una nota de 5,4 lo que refleja un desempeño adecuado, con posibilidad de mejoras.

Entre las debilidades detectadas (desempeño deficiente) destacan:

- a) La dotación inicial era de 9 funcionarios, pero en la práctica sólo hay 7 funcionarios, es decir, una desviación de un (-22%).

- b) Inicialmente se consideró un parque de 7 equipos y maquinarias; no obstante, en la actualidad opera sólo con 2, es decir, un 29% del parque de maquinarias planificado ex – ante.
- c) Los indicadores “Capacidad aumentada de disposición final” y “Ratio de utilización de las instalaciones de disposición final”, con desviaciones de 23% y 20% respectivamente, indicarían una posible disminución de su vida útil.

Entre las fortalezas detectadas (desempeño bueno) destacan:

- a) El buen cometido en el tópico “Estrategia de Gestión” con 5 de 6 indicadores con buen desempeño.
 - b) La cobertura en recolección que alcanza el 100% y la excelente frecuencia de recolección.
 - c) La calidad de las instalaciones del RS que se mantienen en buenas condiciones y cuyo dimensionamiento se encuentra de acuerdo a la planificación ex – ante.
 - d) Buena accesibilidad, a una distancia de 2 km de la Ruta 5 y con un camino de acceso que se encuentra en óptimas condiciones.
- 4) De los 22 indicadores que se pudieron medir dada la información disponible, el RS Provincial muestra un 63% con desempeño bueno, un 7% desempeño regular y un 11% desempeño deficiente. Dada la existencia de un 19% de indicadores que no se pudieron medir no fue posible establecer una nota global.

Entre las debilidades detectadas (desempeño deficiente) destacan:

- a) La gran distancia que se encuentra de algunas comunas que atiende, con casos sobre los 100 km. Se sugiere estudiar la factibilidad técnico – económica de instalar estaciones de transferencia en aquellas comunas con distancias mayores a los 30 km.
- b) Debilidad de sus controles ambientales, ya que en la actualidad tiene procesos de sanción y multas abiertos, lo que sugiere reforzar el cumplimiento ambiental de este RS, pues es fundamental para su correcto funcionamiento.

- c) Su estructura organizacional muestra una desviación del 130% al comparar los 10 funcionarios considerados en el ex – ante con los 23 existentes. Ello se habría originado en una solicitud de la I. Municipalidad de Puerto Montt, para que la recolección fuera realizada en horario vespertino, obligando al RS a contar con dos turnos.

Entre las fortalezas detectadas (desempeño bueno) destacan:

- a) Sus instalaciones, las que se ajustan en un 100% al dimensionamiento planificado ex – ante. Igualmente se debe destacar su calidad constructiva y los amplios espacios considerados, que permiten una adecuada ejecución de sus actividades diarias.
 - b) Los indicadores “Capacidad aumentada de la disposición final” y “Ratio de utilización de las instalaciones de disposición final”, se encuentran en línea respecto de su proyección ex – ante, lo que permite inferir que este RS podrá cumplir con su vida útil proyectada.
 - c) Los procesos de gestión internos cumplen de buena forma los estándares exigidos.
- 5) En términos comparativos las calificaciones obtenidas por el RS de Caldera y de la Provincia del Huasco son similares, destacando la gran cantidad de indicadores con desempeño bueno, 70% y 67% respectivamente, aunque, por otra parte, recibieron el mayor nivel de indicadores con desempeño deficiente, con un 26% en ambos casos. Por su parte, si bien el RS Arauco – Curanilahue tiene un porcentaje de sólo 52% de calificaciones con desempeño bueno, obtuvo la menor tasa de indicadores con desempeño deficiente (11%). Su mayor porcentaje de indicadores con desempeño regular, 37% versus 4% y 7% en Caldera y Huasco, evidencia un importante espacio para la realización de mejoras tendientes a optimizar sus procesos de gestión.

E. Criterios de Localización de Rellenos Sanitarios y Valor de Desecho

- 1) La normativa nacional es bastante completa y de gran similitud con la internacional, existiendo diferencias en 3 temas principales:
 - a) *Distanciamiento de viviendas más próximas*: la normativa chilena señala una zona de protección estableciendo una distancia de 300 m al interior del sitio donde no se puede construir edificaciones para uso habitacional o de servicios. La normativa internacional establece explícitamente una distancia mínima a la vivienda más próxima.
 - b) *Distancia de aeropuertos y aeródromos*: la normativa chilena no se refiere explícitamente a distancias mínimas respecto a aeropuertos y aeródromos. Contrariamente, la normativa internacional sí lo hace.
 - c) *Material de Cobertura*: la normativa nacional establece un punto más estricto que la normativa internacional en lo relativo a la existencia de material de cobertura suficiente a lo largo de toda su vida útil.
- 2) El Valor de Desecho o Valor Residual de un Relleno Sanitario es positivo y equivalente al precio de un terreno bien localizado cerca de centros urbanos y con buenas vías de comunicación neto de: i) castigo por la limitación en su uso final y ii) las inversiones que se deben realizar para su recuperación o reinserción.

Dicho valor se puede obtener, en principio, de 2 fuentes:

- a) Valores de venta efectivos de RS que terminaron su vida útil, estableciendo el castigo respecto de terrenos de similar localización y tamaño.
- b) A partir del precio de terrenos de similar tamaño y ubicación y un castigo por i) las limitaciones en su uso final y ii) la estimación de los costos de recuperación o reinserción, para hacerlos comparables a los terrenos cotizados.

F. Beneficios y Costos en Proyectos de Valorización de Residuos

- 1) En Europa las instalaciones de compostaje, digestión aeróbica (DA) e incineración para la valorización de los RSD son comunes y cada vez más atractivas económicamente debido a la separación en origen generalizada de los desechos, las altas tarifas de descarga de RS y los precios favorables de la energía.
- 2) Los beneficios de las diferentes tecnologías de valorización de residuos son similares en cuanto:
 - a) Generan un bien económico vendible en el mercado: Fácil de cuantificar y valorar dado que se pueden observar precios de mercado.
 - b) Aumentan la vida útil de los RS: de difícil cuantificación y valorización debido a que son estimaciones de largo plazo con alto nivel de incertidumbre. Sin embargo, el cobro de una tarifa por recepción en el recinto del proyecto de valorización, habitual en el mundo desarrollado, genera un ingreso que puede utilizarse como un estimador del beneficio por aumento de la vida útil del RS.
 - c) Disminuyen la generación de GEI de los RS (externalidad negativa): ambientalmente se produce un beneficio social y privado que se cuantifica a través de la disminución del gas carbono emitido y se valoriza aplicando el precio social del gas carbono calculado por el SNI y, privadamente, a través de su precio de mercado obtenido de la transacción de bonos de carbono en el mercado de capitales
- 3) Los costos de inversión y de operación y mantenimiento son los propios de cualquier actividad productiva siendo menores en el compostaje y DA en relación a la incineración.
- 4) En relación con los costos de transporte de residuos sólidos, su consideración como beneficio neto o costo neto, depende de cada proyecto en particular, no pudiendo generalizarse a priori pues hay, tanto ahorros de costos como generación de costos adicionales de transporte.

G. Externalidades Rellenos Sanitarios

- 1) Los proyectos de inversión en Rellenos Sanitarios son reductores de externalidades, ya que sustituyen a soluciones como vertederos, botaderos y otras formas de disposición de residuos domiciliarios (sin proyecto) que presentan muchas más externalidades negativas.
- 2) Entre las principales externalidades de un RS destacan:
 - a) Emanaciones de gas metano.
 - b) Líquidos percolados
 - c) Malos olores
 - d) Fauna nociva
 - e) Congestión en vías de acceso al RS
- 3) La valorización de estas externalidades se puede realizar a través del impacto sobre el precio de los terrenos y propiedades de las comunidades aledañas al RS, el valor monetario de las compensaciones que el Gobierno paga a las comunidades afectadas por dichas externalidades y, en el caso del gas metano, a través del precio de los bonos de carbono y su precio social estimado por el SNI.

H. Integralidad de Proyectos

- 1) Desde un punto de vista económico, el concepto de integralidad de proyectos está asociada al concepto de complementariedad de proyectos de inversión. Esto significa que de existir ésta, la evaluación económica de dichos proyectos complementarios debe ser realizada conjuntamente, ya que así se maximiza su rentabilidad.
- 2) En rigor, el caso que preocupa corresponde más bien a una decisión sobre “tamaño óptimo” antes que proyectos complementarios, ya que se busca establecer hasta que etapa de un proyecto conviene avanzar: sólo hasta RS o hasta proyecto de valorización que incluye un RS, aunque más pequeño. Igual situación se da en el caso de que exista un RS y se desea saber si conviene agregar un proyecto de valorización. Por tanto, constituye un proceso de evaluación de proyectos clásico, donde se deben definir dos situaciones:
 - Situación sin proyecto: sólo proyecto relleno sanitario.

- Situación con proyecto: proyecto de relleno sanitario más algún componente adicional como puede ser una obra de valorización.

Por tanto, es un típico cálculo del VAN que corresponde a los flujos diferenciales de las situaciones con y sin proyecto.

- 3) El procedimiento descrito anteriormente, requiere disponer de los flujos de beneficios y de costos de ambas situaciones, lo que actualmente no se dispone pues las metodologías del SNI son costo – eficiencia.

Sin embargo, dado que el beneficio por disposición del RS se da en igual magnitud, tanto en el “con” y “sin” proyecto, pasa a constituir un valor irrelevante en el VAN diferencial anulándose, por lo que no se requiere valorizar, es decir, no se requiere disponer del VAN del sin proyecto, sino sólo de sus costos de inversión, operación y externalidades negativas valorizados.

Del proyecto de valorización propiamente tal se requiere disponer de la valorización de todos sus beneficios y de todos sus costos de inversión, operación y externalidades negativas, vale decir de una metodología costo – beneficio.

Como se señaló, siempre que se aplica el criterio de VAN Marginal, su carácter diferencial implica el riesgo de estar aprobando un proyecto no rentable en la medida que tanto con y sin proyecto tienen VAN negativo, siendo más negativo el del sin proyecto. Sin embargo y dado que el VAN sólo RS (sin proyecto) se supone rentable socialmente, la regla de decisión señalada funciona adecuadamente, aunque no sea conocido el VAN sólo RS.

- 4) Alternativamente, la contraparte ha sugerido trabajar con el concepto costo - eficiencia, a través de incorporar en el proyecto integral los beneficios del proyecto valorización y los ahorros de externalidades en relación con el sin proyecto, como costos negativos (ahorros de costos), de tal suerte de igualar los beneficios de ambas opciones, pudiendo aplicarse la regla de decisión del VAC que exige iguales beneficios de las alternativas de proyectos.

Al igual que el VAN diferencial, requiere necesariamente valorizar la totalidad de los beneficios del proyecto de valorización y de valorizar la totalidad de las externalidades negativas del RS y del proyecto integral. En definitiva, al igual que en el caso del VAN, sólo se ahorra de valorizar el beneficio del RS por disposición de los RSD, pero requiere de la totalidad de los otros beneficios.

Su principal limitación es que sólo permite comparar proyectos integrales con el mismo RS como sin proyecto, limitación que la metodología costo beneficio no tiene, ya que el VANS permite comparar proyectos integrales de diferentes tipologías de valorización y a lo largo de todo el país.

- 5) Se recomienda elaborar una metodología beneficio – costo para la evaluación de proyectos de valorización.

XII. Bibliografía

- 1) D.F.L N°725. (1968). Código Sanitario, Ministerio de Salud Pública, Gobierno de Chile.
- 2) Convenio de MARPOL. (1973). Convenio para Prevenir la Contaminación por los Buques.
- 3) D.L N°3.063. (1979). Establece Normas Sobre Rentas Municipales, Ministerio del Interior, Gobierno de Chile.
- 4) Resolución N°02444. (1980). Normas Sanitarias Mínimas para la Operación de Basurales, Ministerio de Salud, Gobierno de Chile.
- 5) D.S N°685. (1992). "Convenio de Basilea", Ministerio de Relaciones Exteriores.
- 6) Ley N°19.300. (1994). Aprueba Ley Sobre Bases Generales del Medio Ambiente, Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Gobierno de Chile.
- 7) Integrated Solid Waste Management. (1994). G. Tchobanoglous, H. Theisen and S. Vigil. McGraw-Hill.
- 8) D.S N°1689. (1995). Promulga el Protocolo Relativo al Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques, 1973, Ministerio de Relaciones Exteriores, Gobierno de Chile.
- 9) D.S N°298. (1995). Reglamenta Transporte de Cargas Peligrosas por Calles y Caminos, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Gobierno de Chile.
- 10) Guía para la Preparación, Evaluación y Gestión de Proyectos de Residuos Sólidos Domiciliarios, p. 473 p. (1998). M. N. Szantó.
- 11) D.S N°594. (2000). Aprueba Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo, Ministerio de Salud, Gobierno de Chile.
- 12) Directiva 1999/31/CE y 1975/442/CE del Consejo de la Unión Europea, relativa al vertido de residuos.

- 13) EUR-Lex, E. U. L. (2000). Directiva 2000/53/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de septiembre de 2000, relativa a los vehículos al final de su vida útil. Retrieved April 12, 2019, from <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2000/53/oj>.
- 14) Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT.(2003). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno de México.
- 15) D.S N°148. (2004). Aprueba Reglamento Sanitario Sobre Manejo de Residuos Peligrosos, Ministerio de Salud, Gobierno de Chile.
- 16) Resolución 282 de Paraguay, por la cual se implementan los criterios para la selección de áreas para la disposición final de residuos sólidos en rellenos sanitarios. (2004).
- 17) Resolución Exenta N°0683. (2005). Constituye Comité Operativo "Secretaría Ejecutiva para la Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos", Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de Chile.
- 18) Evaluaciones del Desempeño Ambiental Chile, OCDE y CEPAL. (2005).
- 19) Ley N°20.033. (2005). Modifica la Ley N°17.235, Sobre Impuesto Territorial; el Decreto Ley N°3.063, Sobre Rentas Municipales; la Ley N°18.695, Orgánica Constitucional de Municipalidades, y Faculta a las Municipalidades para Otorgar Condonaciones que Indica, Ministerio del Interior y Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo.
- 20) Reglamento Específico para la Acreditación de Terceros en la Ejecución del Desembarco, Transporte, Tratamiento y Disposición Final de la Basura Orgánica de Naves Provenientes del Extranjero o Desde Puertos Nacionales Ubicados en Áreas Bajo Cuarentena Interna, Servicio Agrícola y Ganadero, Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. (2005).
- 21) D.F.L N°1. (2006). Fija el Texto Refundido, Coordinado y Sistematizado de la Ley N°18.695, Orgánica Constitucional de Municipalidades, Ministerio del Interior y Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo, Gobierno de Chile.
- 22) EUR-Lex, E. U. L. (2006). Directiva 2006/66/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de septiembre de 2006, relativa a las pilas y acumuladores y a los residuos de pilas y acumuladores y por la que se deroga la Directiva 91/157/CEE. Retrieved April 12, 2019, from <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2006/66/oj>.

- 23) D.S N°189. (2008). Aprueba Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y de Seguridad Básicas en los Rellenos Sanitarios, Ministerio de Salud, Gobierno de Chile.
- 24) EUR-Lex, E. U. L. (2008). Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas. Retrieved April 12, 2019, from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex:32008L0098>.
- 25) D.S N°4. (2009). Reglamento para el Manejo de Lodos Generados en Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas, Subsecretaría General de la Presidencia, Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Gobierno de Chile.
- 26) D.S N°6. (2009). Aprueba Reglamento Sobre Manejo de Residuos de Establecimientos de Atención de Salud (REAS), Subsecretaría de Salud Pública, Ministerio de Salud, Gobierno de Chile.
- 27) Primer Reporte del Manejo de Residuos Sólidos en Chile, basado en el proyecto "Levantamiento, Análisis, Generación y Publicación de Información Nacional sobre Residuos Sólidos de Chile". (2010). CONAMA, Gobierno de Chile.
- 28) Ley N°20.417. (2010). Crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente, Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Gobierno de Chile.
- 29) D.S N°136. (2012). Promulga el Protocolo de 1996 Relativo al Convenio Sobre la Prevención de la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y Otras Materias, 1972, Ministerio de Relaciones Exteriores, Gobierno de Chile.
- 30) D.S N°3. (2012). Aprueba Reglamento para el Manejo de Lodos Provenientes de Plantas de Tratamiento de Efluentes de la Industria Procesadora de Frutas y Hortalizas, Ministerio de Medio Ambiente.
- 31) EUR-Lex, E. U. L. (2012). Directiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 4 de julio de 2012, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Retrieved April 12, 2019, from <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2012/19/oj>.
- 32) Pautas Generales para la evaluación Ex-Post de proyectos de Inversión Pública. (2012). JICA-Agencia de Cooperación Internacional del Japón y MEF-Ministerio de Economía y Finanzas, Lima, Perú.

- 33) Conversión de Residuos Sólidos Urbanos en Energía. (2012). Memoria de Trabajo de Difusión Científica y Técnico, num. 10, Universidad de Montevideo, Uruguay.
- 34) Gestión y Valorización de Residuos Sólidos en la Región Metropolitana, SEREMI Región Metropolitana, Ministerio del Medio Ambiente, diciembre 2012.
- 35) Cómo Llegamos a Ser una Comunidad Educativa Sustentable: Educación para el Desarrollo Sustentable. (2013). Ministerio de Educación, Gobierno de Chile, http://sustentabilidad.umce.cl/wp-content/uploads/2016/10/MINEDUC-2013-comunidad_educativa_sustentable.pdf.
- 36) D.S N°1. (2013). Reglamento del Registro de Emisiones y Transferencias Contaminantes (RETC), Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de Chile.
- 37) D.S N°29. (2013). Establece Norma de Emisión para Incineración, Coincineración y Coprocesamiento y Deroga Decreto N°45, de 2007 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de Chile.
- 38) D.S N°40. (2013). Aprueba Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de Chile.
- 39) Cifrian, E. (2013). Desarrollo de un sistema de información ambiental para Cantabria basado en indicadores en el área de residuos. Universidad de Cantabria.
- 40) Metodología de Formulación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Valorización de Residuos Municipales. (2013). División de Evaluación Social de Inversiones, Ministerio de Desarrollo Social, Gobierno de Chile.
- 41) Ley N°20.879. (2015). Sanciona el Transporte de Desechos Hacia Vertederos Clandestinos, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Gobierno de Chile.
- 42) EC, E. C. (2015). Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2008/98/EC on waste (COM (2015) 595 final of 2 December 2015).
- 43) Valuing Waste, Transforming Cities. (2015). United Nations, ESCAP.
- 44) Evaluaciones del Desempeño Ambiental Chile, OCDE y CEPAL. (2016).

- 45) Programa Nacional de Producción y Consumo Sustentables. (2016). Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de Chile, https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/08/20160905_PNCPS.pdf.
- 46) Ley N°20.920. (2016). Establece Marco para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje, Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de Chile.
- 47) De las Cuevas, I. (2016). Gestión Ambiental de Residuos Domésticos en Cantabria: Pasado, Presente y Futuro. In Estrategias de Gestión hacia un Residuo Cero. Suances, Cantabria, España.
- 48) Tercer Reporte del Estado del Medio Ambiente. (2017). Ministerio del Medio Ambiente, Gobierno de Chile.
- 49) D.S N°7. (2017). Reglamento del Fondo para el Reciclaje, Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de Chile.
- 50) D.S N°8. (2017). Reglamento que Regula el Procedimiento de Elaboración de los Decretos Supremos Establecidos en la Ley N°20.920, Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de Chile.
- 51) EEA. (2017). Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2015 and inventory report 2017. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/publications/european-union-greenhouse-gas-inventory-2017/#parent-fieldname-title>.
- 52) Gobierno de Cantabria. (2017). Plan de residuos de la Comunidad Autónoma de Cantabria 2017 - 2023. Cantabria, España.
- 53) Gobierno de Cantabria. (2018). Plan de Ordenación Territorial. Documento Base. Retrieved from <http://www.territoriodecantabria.es/participacion-ciudadana/prot>.
- 54) La Vía Medioambiental: Desafíos y Proyecciones para un Chile Futuro. (2018). Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de Chile, <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/03/MMA11mar.pdf>
- 55) Estrategias Locales para la Minimización de Residuos: Diez Experiencias Municipales Exitosas. (2018). SEREMI de Medio Ambiente RM, Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de Chile.

- 56) Resolución Exenta N°9187. (2018). Guía Operativa del Programa Nacional de Residuos Sólidos, Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo.
- 57) Educación Ambiental: Una Mirada desde la Institucionalidad Ambiental Chilena. (2018). Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de Chile, https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/08/LIBRO-EDUCACION-AMBIENTAL-final_web.pdf
- 58) Diagnóstico de la situación por comuna y por región en materia de RSD y RSDyA. (2018). Subsecretaría de Desarrollo Regional (SUBDERE), Gobierno de Chile.
- 59) Informe Consolidado de Emisiones y Transferencias de Contaminantes 2005 – 2016. (2018). Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de Chile, http://www.retc.cl/wp-content/uploads/2018/12/UNDECIMO_REPORT-RETC-2005-2016.pdf
- 60) EEA, E. E. A. (2018). Municipal waste management across European countries. Retrieved March 23, 2019, from <https://www.eea.europa.eu/themes/waste/municipal-waste>.
- 61) Eur-Lex, E. U. L. (2018). Directiva (UE) 2018/850 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 1999/31/CE relativa al vertido de residuos. Retrieved April 12, 2019, from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32018L0850>.
- 62) EUR-Lex, E. U. L. (2018a). Directiva (UE) 2018/852 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 94/62/CE relativa a los envases y residuos de envases. Retrieved April 12, 2019, from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex:32018L0852>.
- 63) EUR-Lex, E. U. L. (2018b). Los envases y sus residuos. Retrieved March 23, 2019, from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=URISERV:I21207>.
- 64) RETEMA, R. T. de M. A. (2018). La Unión Europea aprueba formalmente las nuevas normas en materia de residuos y economía circular. Retrieved March 23, 2019, from <https://www.retema.es/noticia/la-union-europea-aprueba-formalmente-las-nuevas-normas-en-materia-de-residuos-y-econo-VCIE0>.
- 65) Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe. (2018). ONU Medio Ambiente.
- 66) Decision Maker's Guides for Solid Waste Management Technologies. (2018).

- 67) CEWEP, C. of E. W.-E. P. (2019). Municipal Waste Treatment 2016. Retrieved March 23, 2019, from <http://www.cewep.eu/2018/07/05/municipal-waste-treatment-2016/>.
- 68) Eurostat. (2019). Municipal waste statistics. Retrieved March 22, 2019, from https://ec.europa.eu/eurostat/statistics_explained/index.php/Municipal_waste_statistics#Municipal_waste_treatment.
- 69) ICANE, I. C. de E. (2019). Afiliados a último día de trimestre por régimen, sector de actividad y municipio de localización del establecimiento o de residencia del afiliado. Retrieved April 9, 2019, from <https://www.icane.es/data/social-security-affiliation-municipalities-activity-sectors-regimes/results#content>.
- 70) Selección de Tecnologías Waste-To-Energy Mediante Herramientas Multicriterio. (2019). VIII Simposio Latino Americano de Ingeniería de Residuos, Asunción, Paraguay.
- 71) Waste – to – Energy from Municipal Solid Waste. (2019). U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency & Renewable Energy.
- 72) Criterios para Rellenos Sanitarios Municipales. (Title 40: Protection of Environment -Part 258—Criteria for Municipal Solid Waste Landfills)
- 73) Solid Waste Disposal Facility Criteria Technical Manual.
- 74) Programa Santiago Recicla, SEREMI Región Metropolitana, Ministerio de Medio Ambiente, <http://www.santiagorecicla.cl/recicladores/hogar/el-reciclaje-domiciliario/>.