



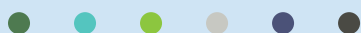
MINISTERIO
DE SALUD

GOBIERNO DE COSTA RICA

MANUAL BÁSICO DE TECNOLOGÍAS

PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS

VERSIÓN 1.0 · 2026



670.628.3

Ministerio de Salud. Agencia de cooperación japonesa en C. R.

Manual básico de tecnologías para el tratamiento de residuos sólidos. San José, Costa Rica.

41 p. 1.316 kb

ISBN 978-9977-62-373-3

1. Salud pública. 2. Manual básico. 3. Gestión integral. 4. Residuos. 5. Tecnologías. 6. Tratamiento. 7. Costa Rica.

Introducción

La gestión integral de residuos sólidos constituye uno de los principales desafíos ambientales y sanitarios para los gobiernos locales en Costa Rica. El aumento sostenido en la generación de residuos, los cambios en los patrones de consumo y las limitaciones en infraestructura de tratamiento y disposición final hacen necesario que las municipalidades evalúen alternativas tecnológicas que permitan mejorar la eficiencia de los sistemas de gestión, reducir la fracción enviada a disposición final y aprovechar el valor material y energético contenido en los residuos.

Propósito del manual

El presente manual tiene como objetivo servir como base técnica sobre tecnologías para el tratamiento de residuos sólidos, dirigida principalmente a los gobiernos locales de Costa Rica, así como a otras instituciones públicas, operadores de servicios y actores involucrados en la gestión integral de residuos.

El documento presenta, describe y compara diferentes opciones tecnológicas para el tratamiento de residuos sólidos, con el fin de proporcionar información técnica que permita a las municipalidades analizar su viabilidad técnica, operativa, ambiental y económica, considerando las condiciones particulares de cada cantón o región.

Este manual se elabora en concordancia con lo establecido en la Ley para la Gestión Integral de Residuos N.º 8839, específicamente con el principio de jerarquización en la gestión integral de residuos establecido en el artículo 4, el cual prioriza la prevención, reducción, reutilización, valorización y, como última opción, la disposición final ambientalmente adecuada.

En este sentido, el documento no sustituye los Planes Municipales de Gestión Integral de Residuos (PMGIR) ni los procesos de planificación local, sino que los complementa, brindando información técnica de diferentes opciones tecnológicas disponibles. No sustituye estudios de factibilidad ni diseños de ingeniería de detalle: orienta la fase temprana de análisis y priorización.

Alcance

El manual aborda de manera prioritaria las tecnologías aplicables a los residuos ordinarios de competencia municipal, y de forma complementaria describe las rutas de articulación para corrientes especiales que coinciden en el territorio cantonal. Las corrientes consideradas son:

- **Residuos ordinarios** no valorizables (fracción rechazo).

- **Residuos valorizables** de la fracción seca (reciclables).

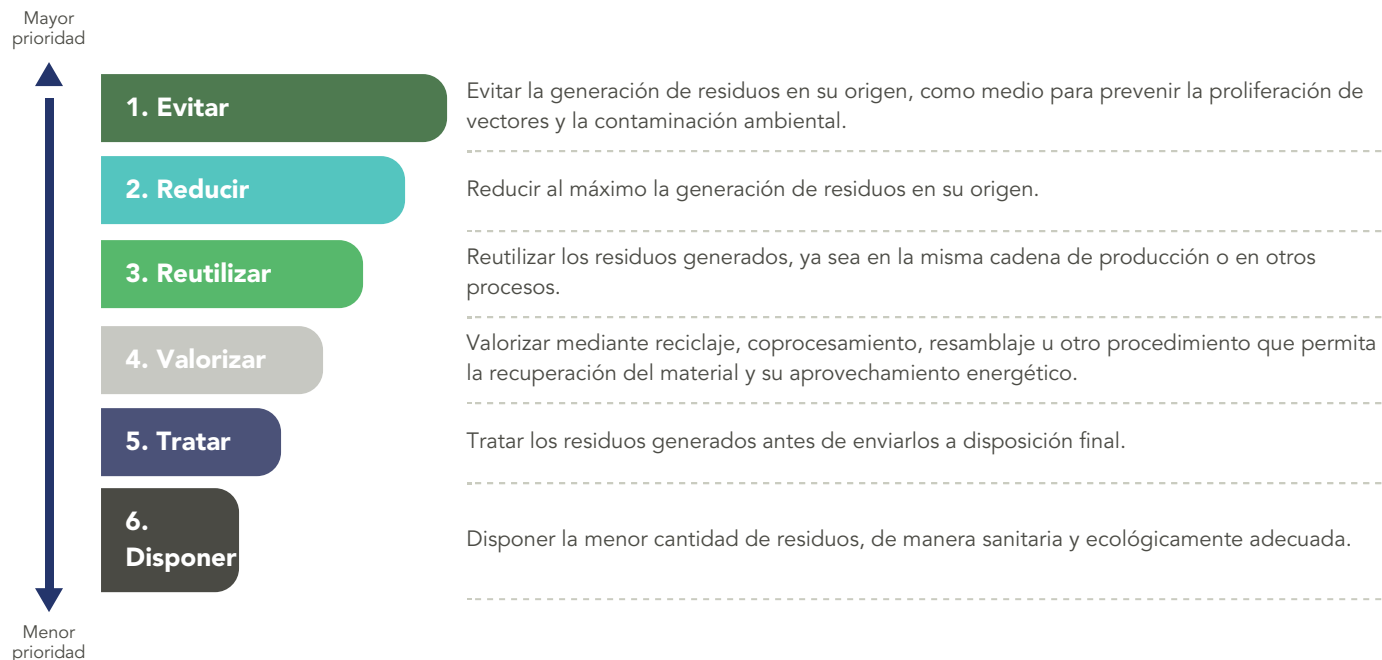
- **Residuos orgánicos** (fracción húmeda biodegradable).

- **Corrientes especiales:** residuos de manejo especial (RME), peligrosos (RP), bioinfecciosos (RB) y de construcción y demolición (RCD), tratados en el apartado F como rutas de articulación y derivación, no como tecnologías de operación municipal.

Marco conceptual para la selección de tecnología

Jerarquía establecida en el artículo 4 de la Ley 8839

La gestión integral de residuos debe realizarse conforme al siguiente orden jerárquico, que es de observancia obligatoria y constituye el primer filtro de cualquier decisión tecnológica:



Cuadro 1. Jerarquía de la gestión integral de residuos. Fuente: artículo 4 de la Ley N.º 8839.



Las tecnologías de tratamiento no sustituyen la prevención ni la separación en la fuente: actúan sobre fracciones específicas del residuo. Ninguna inversión tecnológica compensa la ausencia de separación en origen.

Requisitos habilitantes previos a cualquier inversión tecnológica

Con independencia de la tecnología seleccionada, la Ley 8839 impone requisitos que condicionan su implementación y que deben preverse desde la fase de prefactibilidad:

Requisito	Contenido	Fundamento
■ Evaluación de impacto ambiental	Toda actividad, obra o proyecto nuevo que procese, almacene, recupere, trate, elimine o disponga residuos ordinarios y peligrosos debe cumplir el trámite de evaluación de impacto ambiental ante la SETENA, previo a la obtención de permisos o licencias de construcción u operación.	Art. 36, Ley 8839
■ Registro de gestores	Toda persona física o jurídica, pública o privada, que se dedique a la gestión total o parcial de residuos debe registrarse ante el Ministerio de Salud y cumplir los requisitos reglamentarios. Aplica también a operadores contratados por la municipalidad.	Art. 37, Ley 8839
■ Garantías financieras en disposición final	Las instalaciones de disposición final deben contar con garantías financieras que aseguren los recursos para prevenir la contaminación y, de ser necesario, remediar el sitio.	Art. 50, Ley 8839
■ Tarifas que cubran el costo real	Las tasas por el servicio deben incluir los costos de una gestión integral y las inversiones futuras necesarias, garantizando el autofinanciamiento. Se autorizan tarifas diferenciadas e incentivos para quienes separen en la fuente.	Art. 8 inciso h), Ley 8839; Art. 74 Código Municipal
■ Registro del PMGIR	Los planes municipales deben presentarse ante el Ministerio de Salud para su registro, seguimiento y monitoreo, y someterse a audiencia pública.	Art. 12, Ley 8839

Cuadro 2. Requisitos habilitantes previos a la inversión tecnológica. Fuente: Ley N.º 8839, artículos 8, 12, 36, 37 y 50.

Definición armonizada de escalas

El dimensionamiento de una tecnología depende de la escala de generación del cantón. Dado que en la práctica se emplean bases de medición distintas (residuos totales frente a residuos orgánicos, y datos diarios frente a anuales), este manual establece una equivalencia única que debe utilizarse de forma consistente en todos los apartados y en los árboles de decisión.

Parámetro de referencia	Escala pequeña	Escala mediana	Escala grande
■ Residuos ordinarios totales generados	< 30 t/día	30 – 150 t/día	> 150 t/día
■ Orgánicos captados para tratamiento	< 5 t/día	5 – 20 t/día	> 20 t/día
■ Orgánicos captados (equivalente anual)	< 1.800 t/año	1.800 – 7.300 t/año	> 7.300 t/año
■ Denominación	Municipalidad de poca generación	Municipalidad de mediana generación	Gran generación o esquema regionalizado

Cuadro 3. Definición armonizada de escalas. Fuente: elaboración propia a partir de los estudios de prefactibilidad CCAD–MINAE–MINSa y de la composición típica nacional. Nota: los umbrales son orientativos y deben validarse con la caracterización de residuos de cada cantón; las escalas de orgánicos se calculan sobre el material efectivamente captado, no sobre el generado.

La cantidad de orgánicos efectivamente captados es siempre menor que la generada, porque depende de la tasa de separación en la fuente. Tomando la composición típica del país (orgánicos superiores al 50 % de los residuos ordinarios) y una tasa de captación realista del 25 % al 35 % en las etapas iniciales de un programa, un cantón que genera 30 t/día de residuos totales capta del orden de 5 t/día de orgánicos, y uno que genera 150 t/día capta del orden de 20 t/día.

Advertencia de uso. Las escalas deben calcularse sobre los orgánicos **efectivamente captados**, no sobre los generados. Dimensionar una planta con la cifra de generación y no con la de captación real es una de las causas más frecuentes de infrautilización de infraestructura de compostaje.

A) Prevención, reducción y separación en la fuente

Los tres primeros niveles de la jerarquía del artículo 4 —evitar, reducir y reutilizar—, junto con la separación en la fuente que los habilita, constituyen las intervenciones de mayor costo-efectividad del sistema. No requieren infraestructura compleja, pero sí continuidad, educación y medición de resultados. Para facilitar su lectura y su traslado al PMGIR, este apartado se presenta en tres bloques diferenciados por color:

- **A.1 Prevención:** medidas que evitan que el residuo llegue a generarse.
- **A.2 Reducción y reutilización:** medidas que disminuyen la cantidad generada o prolongan la vida útil de los productos.
- **A.3 Separación en la fuente:** medidas que clasifican el residuo en origen y habilitan toda la cadena de valorización posterior.

A.1 Prevención — evitar la generación en el origen

Estrategia	Descripción	Nivel de aplicación	Escala típica	Ventajas	Limitaciones	Actores responsables
■ Prevención del desperdicio de alimentos	Medidas para evitar que los alimentos se conviertan en residuo: planificación de compras, manejo de inventarios, porcionado, almacenamiento adecuado y aprovechamiento de sobrantes.	Hogares, comercio, institucional	Todas las escalas	Reduce la generación desde el origen; baja costos; disminuye presión sobre recolección y rellenos; reduce emisiones asociadas.	Requiere cambios de hábitos; necesita educación continua y medición de resultados.	Ciudadanía, comercios, comedores institucionales, municipalidades (campañas).
■ Donación y redistribución de alimentos aptos para consumo	Canalizar excedentes comestibles en buen estado hacia bancos de alimentos u organizaciones sociales, evitando su disposición como residuo.	Comercial, institucional	Mediana a gran escala	Disminuye el desperdicio; aporta a la seguridad alimentaria; mejora la responsabilidad social.	Requiere logística, trazabilidad e inocuidad; coordinación con organizaciones receptoras.	Supermercados, restaurantes, instituciones, ONG y bancos de alimentos.
■ Gestión de excedentes en ferias, mercados y centros de acopio agrícola	Programas para aprovechar productos no comercializados: redistribución para consumo, destino a alimentación animal donde aplique, o valorización posterior.	Comercial, comunitario	Pequeña a mediana	Reduce volúmenes concentrados de orgánicos; facilita acciones en puntos críticos del cantón.	Requiere coordinación diaria, almacenamiento temporal y rutas; control sanitario según destino.	Administraciones de mercados y ferias, municipalidades, organizaciones sociales, productores.

Prevención

Estrategia	Descripción	Nivel de aplicación	Escala típica	Ventajas	Limitaciones	Actores responsables
■ Compras sostenibles y manejo de inventarios en grandes generadores	Políticas de compra y rotación (PEPS/PVPS), adecuación de menús y porciones, control de caducidad y almacenamiento para minimizar mermas.	Institucional, comercio, industria	Mediana a gran escala	Reducción directa del residuo; ahorro económico; mejora la eficiencia operativa.	Requiere procedimientos internos, responsables y seguimiento; depende de la disciplina organizacional.	Instituciones, hoteles y restaurantes, industria, administradores de comedores.
■ Compras públicas sostenibles	Incorporación de criterios ambientales y de ciclo de vida en carteles de licitación y compra directa, con ponderación adicional a oferentes que acrediten gestión integral del residuo del producto.	Institucional (municipal y estatal)	Todas las escalas	Efecto multiplicador sobre el mercado; la Ley otorga un 20 % adicional en la valoración a ofertas que incorporen criterios de gestión integral.	Requiere capacitación de proveeduría y criterios verificables; art. 34 de la Ley 8839 (antes art. 29).	Proveedurías municipales e institucionales, Administración Pública.
■ Prevención en la compra y el consumo responsable	Reducir la generación desde el origen (empaques, desechables, textiles) mediante planificación de compras y preferencia por productos durables, recargables y con menor empaque.	Hogares, comercio, institucional	Todas las escalas	Alto impacto potencial; reduce costos de recolección y disposición.	Depende de hábitos y de la oferta del mercado; requiere educación continua.	Ciudadanía, comercios, instituciones, municipalidades (campañas).
■ Prevención en actividades de poda y jardinería	Gestión planificada de residuos verdes: reducción en origen mediante podas programadas, triturado y uso en sitio como cobertura (mulch), y separación para valorización.	Hogares, municipal, comercio	Pequeña a gran escala	Reduce volumen; facilita el compostaje; baja costos de transporte; mejora suelos.	Requiere equipos (trituradoras) o servicios; logística de recolección diferenciada de verdes.	Municipalidades, jardineros y contratistas, ciudadanía, gestores.
■ Eventos sostenibles (cero desechables)	Reglas para eventos: retornables, estaciones de separación, requisitos a proveedores, control en sitio y retiro diferenciado.	Eventos, municipal, privado	Pequeña a gran escala	Reducción rápida y visible; evita residuos mal gestionados y dispuestos en sitios no autorizados.	Requiere fiscalización y logística; condicionamiento de permisos municipales.	Organizadores, municipalidades, gestores.
■ Educación y sensibilización	Campañas y formación práctica: qué va en cada contenedor, cómo almacenar, frecuencias y horarios; enfoque por barrio, escuela o comercio.	Comunitario e institucional	Todas las escalas	Aumenta la participación y la calidad del material; reduce quejas por olores y vectores; sustenta la mejora continua.	Impacto gradual; requiere refuerzo periódico y materiales claros.	Municipalidades, centros educativos, ministerios y entidades públicas, líderes comunales.

Cuadro 4. Estrategias de prevención (A.1). Fuente: elaboración propia. Nota: las compras públicas sostenibles se fundamentan en el artículo 34 de la Ley N.º 8839, que otorga un 20 % adicional en la valoración de ofertas que incorporen criterios de gestión integral de residuos.

A.2 Reducción y reutilización — disminuir la cantidad y prolongar la vida útil

Reducción y reutilización

Estrategia	Descripción	Nivel de aplicación	Escala típica	Ventajas	Limitaciones	Actores responsables
■ Sustitución de desechables por reutilizables	Reemplazar artículos de un solo uso por alternativas reutilizables (vajilla, botellas, bolsas, empaques retornables).	Hogares, comercio, eventos, instituciones	Pequeña a gran escala	Reduce la fracción rechazo; mejora la imagen institucional.	Puede requerir inversión y logística de lavado e higiene.	Comercios, organizadores de eventos, instituciones públicas, ciudadanía.
■ Reutilización y segunda mano	Extender la vida útil de productos (ropa, muebles, juguetes, línea blanca) mediante donación, reventa y centros de reuso.	Hogares, municipal, ONG, privado	Pequeña a mediana	Reduce voluminosos; fortalece la economía circular; genera empleo local.	Requiere control de calidad e higiene y logística de acopio.	Municipalidades, ONG, ciudadanía, comercios.
■ Reparación y mantenimiento	Evitar el descarte prematuro promoviendo la reparación, los repuestos y los servicios técnicos (electrodomésticos, electrónicos, muebles).	Hogares, municipal, privado	Pequeña a mediana	Reduce RAEE y voluminosos; ahorro para los usuarios.	Disponibilidad de repuestos y mano de obra; cultura de reparación.	Sector privado, municipalidades (programas), ciudadanía.
■ Sistemas de retorno, depósito y reembolso de envases	Establecer la devolución de envases con incentivo económico y logística inversa (vidrio, PET/HDPE, latas según esquema).	Comercio, productores, municipal	Mediana a gran escala	Alta recuperación; reduce basura en vía pública; mejora la calidad del material recuperado.	Requiere marco institucional, trazabilidad y operación estable.	Productores e importadores, comercio, gestores, municipalidades.
■ Compostaje doméstico y comunitario como medida de reducción	Valorización in situ para evitar recolección y disposición: composteras domiciliarias, comunitarias y en centros educativos.	Hogares, comunidad, escuelas	Pequeña a mediana	Reduce la fracción orgánica recolectada; crea cultura; genera beneficios en suelos y áreas verdes.	Requiere acompañamiento técnico; control de vectores y olores si se maneja mal; no aplica a todo generador.	Municipalidades, centros educativos, comunidad, hogares, ONG.
■ Reducción de residuos en el comercio	Mejorar inventarios, rotación y prácticas para reducir mermas y residuos, incluido el cartón y el plástico de embalaje.	Comercio, cadenas, bodegas	Mediana a gran escala	Impacto alto en puntos de gran generación; ahorro económico.	Requiere procedimientos y metas internas.	Comercio, cámaras empresariales, municipalidades (acuerdos).
■ Reducción y reincorporación de RCD	Planificación adecuada de materiales para minimizar desperdicios y reincorporar materiales de demolición en procesos constructivos.	Comercio, industria, construcción	Pequeña a gran escala	Reduce voluminosos e inertes; fortalece la economía circular; disminuye la presión sobre el relleno.	Requiere control, logística y separación en obra; sujeto al DE 44843-S.	Comercio, cámaras empresariales, desarrolladores, municipalidades.
■ Incentivos y tarifas diferenciadas por generación	Mecanismos económicos para reducir la generación y aumentar la separación: tarifa diferenciada por volumen o peso, recargos e incentivos.	Municipal	Mediana a gran escala	Muy efectivo si se implementa bien; mejora la sostenibilidad financiera del servicio; expresamente facultado por ley.	Requiere medición, marco tarifario y control de evasión; art. 74 del Código Municipal, reformado por el artículo 63 de la Ley 8839.	Municipalidades, prestadores, entes reguladores según aplique.

Cuadro 5. Estrategias de reducción y reutilización (A.2). Fuente: elaboración propia. Nota: las tarifas diferenciadas y los incentivos por separación se fundamentan en el artículo 8 de la Ley N.º 8839 y en el artículo 74 del Código Municipal, que faculta expresamente las tarifas diferenciadas, los recargos y otros mecanismos de incentivo y sanción.

A.3 Separación en la fuente (habilitar la valorización)

La separación en la fuente no es en sí misma una medida de reducción, pero condiciona la viabilidad de todas las tecnologías descritas en los apartados B, C y D. El artículo 43 inciso b) de la Ley 8839 obliga a todo generador a separar los residuos desde la fuente, clasificarlos y entregarlos a un gestor autorizado o a un sistema municipal. El artículo 44 reitera esa obligación para los generadores de residuos ordinarios y añade el deber de cancelar oportunamente a la municipalidad la tasa de gestión integral de residuos.

Estrategia	Descripción	Nivel de aplicación	Escala típica	Ventajas	Limitaciones	Actores responsables
■ Separación en la fuente por corrientes	Separación de residuos por corrientes (reciclables, rechazo, RME, RP, RCD) en el punto de generación, para habilitar la valorización y el manejo seguro.	Hogares, comercio, institucional	Todas las escalas	Mejora la calidad del material; aumenta la recuperación; reduce el rechazo enviado al relleno.	Requiere contenedores, señalización, educación y rutas o destinos reales.	Municipalidad y prestador, ciudadanía, comercios, gestores autorizados.
■ Separación en la fuente de orgánicos	Clasificación de residuos orgánicos en el punto de generación (cocina, comedor, operación) para mantener el material limpio y facilitar el compostaje o la biodigestión.	Hogares, comercio, institucional	Todas las escalas	Mejora la calidad del material; reduce rechazo y olores; habilita la valorización; mejora la eficiencia de rutas y plantas.	Requiere contenedores y comunicación; depende de que exista recolección diferenciada y un destino real (gestor o planta).	Ciudadanía, municipalidades, comercios, instituciones, gestores autorizados.
■ Recolección selectiva diferenciada	Provisión del servicio de recolección en forma selectiva, accesible, periódica y eficiente para todos los habitantes, con rutas y frecuencias por corriente.	Municipal	Todas las escalas	Es una obligación legal municipal; da destino real a la separación domiciliar y sostiene la confianza ciudadana en el sistema.	Requiere flota, rutas, personal y costeo tarifario; art. 8 inciso d) de la Ley 8839.	Municipalidad, prestadores del servicio, gestores autorizados.
■ Reducción de contaminantes en el reciclaje	Disminuir la contaminación de residuos valorizables (orgánicos en reciclables, vidrio o metal en orgánicos, pañales, colillas) mediante guías claras, control en grandes generadores y preclasificación.	Hogares, comercio, institucional	Todas las escalas	Reduce el rechazo; mejora el valor comercial del material; disminuye riesgos laborales en la clasificación.	Requiere fiscalización operativa y comunicación constante.	Municipalidades, gestores, administradores de edificios y centros comerciales.
■ Puntos limpios y centros de entrega voluntaria	Instalaciones fijas o móviles donde la ciudadanía entrega de forma diferenciada reciclables, voluminosos, RAEE, pilas y otras corrientes especiales.	Municipal, comunitario	Pequeña a gran escala	Concentra corrientes de baja frecuencia; evita su mezcla con el residuo ordinario; facilita la fiscalización.	Requiere terreno, horarios, personal y convenios con gestores autorizados.	Municipalidades, gestores autorizados, comercios (puntos de recepción).
■ Gestión diferenciada de RME y RP en el hogar	Separación y entrega en puntos autorizados de RAEE, pilas, lámparas, medicamentos, jeringas, aceite usado, pinturas y solventes.	Hogares, municipal	Pequeña a mediana	Reduce riesgos sanitarios y ambientales; evita la mezcla con residuos ordinarios, sancionada como infracción gravísima.	Requiere gestores autorizados, campañas y logística; art. 53 inciso b) de la Ley 8839 (antes art. 48 inciso c).	Municipalidades, gestores, comercios (puntos), ciudadanía.

Cuadro 6. Estrategias de separación en la fuente (A.3). Fuente: elaboración propia. Nota: la obligación de separar, clasificar y entregar deriva de los artículos 43 inciso b) y 44 de la Ley N.º 8839; mezclar residuos ordinarios con peligrosos constituye infracción gravísima.

Propiedad de los residuos valorizables. Conforme al artículo 45 de la Ley 8839, los residuos valorizables recolectados en forma selectiva son propiedad y responsabilidad de la municipalidad desde el momento en que las personas usuarias los sitúan o entregan para su recolección separada. Previa autorización municipal pueden ser entregados o recolectados por un gestor autorizado o una empresa mixta, en cuyo caso la propiedad y la responsabilidad del manejo se trasladan a este. Esta disposición es determinante al estructurar convenios y contratos de operación.

B) Valorización material — Tecnologías para reciclables (fracción seca)

La fracción seca reciclable (papel, cartón, plásticos, metales y vidrio) se valoriza mediante procesos de recepción, clasificación y acondicionamiento que la devuelven a los circuitos industriales como materia prima secundaria. Conforme al artículo 4 inciso d) de la Ley 8839, la recuperación de materiales tiene prioridad sobre el aprovechamiento energético, por lo que estas tecnologías anteceden a las del apartado D en el orden de análisis. Su viabilidad depende críticamente de la calidad de la separación en origen: un material contaminado eleva el rechazo y los costos de operación.

Tecnología	Residuo objetivo	Proceso	Escala típica	Requisitos mínimos	Productos /destino	Ventajas	Desventajas / riesgos	¿Cuándo es más viable?
■ Centros de acopio / centros de recuperación de residuos valorizables (CRRV)	Reciclables separados en origen	Recepción, clasificación básica, acondicionamiento y almacenamiento temporal	Cantonal	Separación en fuente, convenios con recicladores, autorización sanitaria conforme al DE 41052-S, registro como gestor	Materiales reciclables limpios para la industria	Bajo costo de inversión; fortalece la economía local; genera empleo; base del sistema cantonal	Depende del mercado de materiales; requiere control de calidad y espacio de almacenamiento	Cualquier cantón; constituye la infraestructura básica de todo sistema de valorización
■ Plantas de separación y recuperación de materiales (MRF)	Reciclables mezclados o semiseparados	Clasificación mecánica y/o manual en línea, con separación por tipo de material y enfardado	Mediana / regional	Contratos estables, mercado asegurado, control de residuos contaminados, personal capacitado, evaluación de impacto ambiental	Papel, cartón, plásticos por tipo, metales ferrosos y no ferrosos, vidrio	Aumenta significativamente la recuperación; formaliza la cadena de valor; permite economías de escala	Altos CAPEX y OPEX; rechazo significativo si el material llega sucio; dependencia de precios internacionales	Cantones medianos o grandes, o esquemas de regionalización entre varios cantones
■ Trituración y compactación	Reciclables específicos (plásticos, vidrio, cartón, metales)	Reducción de volumen mediante triturado, molido o compactación en pacas	Cantonal – regional	Equipo adecuado, medidas de seguridad ocupacional, mercado receptor identificado	Pacas, material triturado o molido listo para transporte	Reduce sustancialmente los costos de transporte; mejora el precio de venta del material	Mercado variable; requiere mantenimiento del equipo; riesgo ocupacional si no hay protocolos	Cuando existe volumen suficiente y una salida comercial estable para el material

Cuadro 7. Tecnologías para la valorización de reciclables (fracción seca). Fuente: elaboración propia. Nota: los centros de recuperación se rigen por el Decreto Ejecutivo N.º 41052-S; toda instalación requiere registro de gestor (artículo 37) y viabilidad ambiental previa (artículo 36, Ley 8839).

Pretratamientos y tecnologías previas para mejorar la calidad del rechazo o separar fracciones

Cuando la separación en origen es insuficiente, existen tecnologías intermedias que recuperan materiales o acondicionan la fracción rechazo antes de su valorización energética o disposición final. Deben entenderse como soluciones de transición: su necesidad disminuye a medida que mejora la separación en la fuente.

Tecnología	Residuo objetivo	Proceso	Escala típica	Requisitos mínimos	Productos /destino	Ventajas	Desventajas / riesgos	¿Cuándo es más viable?
■ Tratamiento mecánico-biológico (TMB / MBT)	Residuos ordinarios mezclados	Separación mecánica de fracciones seguida de estabilización biológica de la fracción orgánica	Regional	Alta inversión, operadores especializados, mercado o uso definido para el CDR y el material estabilizado, evaluación de impacto ambiental	Reciclables recuperados, CDR/CSR y fracción orgánica estabilizada	Reduce el envío a relleno; mejora el control del flujo; recupera material de una corriente mezclada	Proceso complejo; el rechazo sigue siendo relevante; el material estabilizado tiene usos restringidos	Regiones con residuos ordinarios mezclados y necesidad de transición hacia la separación en fuente
■ Producción de CDR / CSR (RDF / SRF)	Fracción rechazo con poder calorífico	Trituración, secado, separación de impropios y homogeneización para obtener un combustible de especificación	Regional	Control de humedad, retiro de impropios y cloro, logística estable, receptor industrial identificado, especificación de calidad acordada	CDR/CSR para coprocesamiento en hornos cementeros o valorización energética	Abre una ruta de valorización para material que de otro modo iría a relleno; sustituye combustible fósil	Depende por completo de la existencia de un receptor y de un mercado; calidad exigente y variable	Donde existan cementeras, plantas de valorización energética o uso industrial del combustible

Cuadro 8. Pretratamientos y tecnologías de transición. Fuente: elaboración propia. Nota: la producción y el uso de CDR/CSR se articulan con los Decretos Ejecutivos N.º 40557-S (coprocesamiento) y N.º 39136-S-MINAE (coincineración); la norma EN 15359 es la referencia internacional de calidad del CSR.

Nota normativa. Los centros de recuperación de residuos valorizables se rigen por el Decreto Ejecutivo N.º 41052-S y toda instalación que recupere, trate o acondicione residuos debe registrarse como gestor ante el Ministerio de Salud (artículo 37 de la Ley 8839) y contar con viabilidad ambiental previa (artículo 36).

C) Valorización material — Tratamiento de orgánicos

La fracción orgánica es, en la mayoría de los cantones de Costa Rica, el componente más voluminoso de los residuos ordinarios, con una participación superior al 50 % de la composición típica. Su valorización mediante compostaje o digestión anaerobia es, por lo tanto, la intervención de mayor impacto sobre la reducción de residuos enviados a disposición final y sobre la disminución de emisiones de metano.

Marco de clasificación del compostaje: dos variables de diseño

En la literatura técnica y en los estudios de prefactibilidad conviven numerosas denominaciones para los sistemas de compostaje. Para evitar confusión, este manual organiza esas variantes en torno a dos variables independientes de diseño, de modo que cualquier denominación pueda ubicarse combinando ambas:

■ **Grado de control de la aireación** (cómo se oxigena la pila): volteo manual → volteo mecanizado → aireación forzada en pila estática → reactor cerrado o biocelda.

■ **Tipo de cobertura o confinamiento** (cómo se protege el proceso del ambiente): a cielo abierto → techado → invernadero → contenedor totalmente cerrado.

A mayor control de aireación y mayor confinamiento aumentan la velocidad del proceso, el control de olores y la inversión requerida, y disminuyen el área necesaria y la sensibilidad al clima. La elección óptima depende del volumen captado, el régimen de lluvias, la disponibilidad de terreno y la capacidad operativa del cantón.

Parámetros de control del proceso aerobio

Con independencia de la configuración elegida, el compostaje aerobio requiere mantener los siguientes parámetros dentro de rangos operativos. Su incumplimiento es la causa habitual de olores, vectores y productos fuera de especificación:

Parámetro	Rango operativo de referencia	Efecto de la desviación
■ Relación carbono/nitrógeno (C/N)	25 : 1 a 35 : 1 al inicio	C/N baja genera pérdida de nitrógeno como amoníaco y malos olores; C/N alta ralentiza la descomposición.
■ Humedad	50 % a 60 %	Por debajo del 40 % el proceso se detiene; por encima del 65 % se generan condiciones anaerobias y lixiviados.
■ Temperatura	55 °C a 65 °C en fase termofílica	Por debajo de 55 °C no se garantiza la higienización; por encima de 70 °C se inhibe la actividad microbiana.
■ Oxígeno en el intersticio	Superior al 10 %	La caída de oxígeno provoca fermentación anaerobia, metano y olores.
■ Tamaño de partícula	2 a 5 cm	Partículas muy finas compactan y bloquean la aireación; muy gruesas retardan la degradación.
■ pH	6,0 a 8,0	Valores extremos inhiben la actividad microbiana y favorecen la volatilización de amoníaco.

Cuadro 9. Parámetros de control del proceso aerobio. Fuente: Rynk et al. (1992), *On-Farm Composting Handbook*; US Composting Council. Nota: los rangos son valores de referencia internacional; el plan operativo de cada planta debe fijar sus propios puntos de control y llevar registro verificable de temperatura.

Higienización del producto. La permanencia sostenida en fase termofílica es el mecanismo que inactiva patógenos y semillas de malezas. En sistemas de pilas volteadas debe asegurarse que todo el material pase por el núcleo caliente mediante volteos sucesivos; en sistemas cerrados o de aireación forzada, el control se realiza por registro de temperatura. Sin higienización verificada, el producto no debe destinarse a cultivos de consumo directo.

Tabla de equivalencias con las denominaciones de los estudios de prefactibilidad

La siguiente tabla relaciona los términos empleados en los estudios de prefactibilidad del proyecto CCAD–MINAE–MINSA con las categorías y variables de diseño de este manual, para que ambos documentos sean legibles entre sí.

Denominación en los estudios	Control de aireación	Cobertura	Categoría equivalente en el manual
■ Compostaje aeróbico en pilas (manual) / Pilas volteadas manual	Volteo manual	Abierto	Sistema abierto de pequeña escala.
■ Pilas volteadas mecanizadas	Volteo mecánico	Abierto	Sistema abierto de mediana a gran escala.
■ Pilas semicontroladas	Volteo periódico parcial	Abierto	Sistema abierto de bajo control; menor intensidad operativa.
■ Pilas de alta carga	Volteo manual o mecánico	Abierto	Sistema abierto dimensionado para gran volumen puntual.
■ Pilas de bajo rechazo	Manual o mecánico	Abierto o techado	No es una tecnología: describe un sistema abierto alimentado con material bien separado en origen.
■ Pilas estáticas con aireación forzada	Aireación forzada (sopladores)	Abierto o techado	Sistema de aireación forzada; sin volteo, mayor control, menor mano de obra.
■ Compostaje bajo techo	Manual o mecánico	Techado	Sistema abierto techado; reduce lixiviados y protege de la lluvia.
■ Invernadero con revolver	Volteo mecánico (revolver)	Invernadero	Sistema confinado con control climático; variante intermedia hacia el cerrado.
■ Bioceldas (4 celdas)	Reactor con aireación controlada	Cerrado (modular)	Sistema cerrado modular; equivale a in-vessel de configuración por celdas.
■ In-vessel	Reactor cerrado	Cerrado	Sistema cerrado; máximo control, mínima área, mayor CAPEX.

Cuadro 10. Equivalencias de denominaciones de compostaje. Fuente: elaboración propia a partir de los estudios de prefactibilidad CCAD–MINAE–MINSA.

Advertencia sobre las cifras de referencia. Los rangos de costo, área, personal y tiempo de proceso que acompañan a estas denominaciones en los estudios de prefactibilidad provienen de fuentes internacionales generales y no están calibrados a las condiciones de Costa Rica. Deben tratarse como órdenes de magnitud orientativos y validarse con datos nacionales y cotizaciones locales antes de emplearse en la toma de decisiones o en procesos de contratación.

Tecnologías biológicas de tratamiento de orgánicos

Tecnología (orgánicos)	¿Qué es?	Materia prima	Productos	Escala típica	Requisitos clave	Ventajas	Riesgos / limitaciones	¿Cuándo es más viable?
■ Compostaje abierto o centralizado	Descomposición aerobia controlada en pilas o hileras, en patios de compostaje	Orgánicos separados: restos de comida, poda, mercados y ferias	Compost	1.800 – 7.300 t/año o más (mediana, grande y regionalizada)	Terreno, manejo de aguas y lixiviados, control de olores, equipos de volteo, separación en fuente, control de humedad y aireación	Inversión moderada; tecnología robusta y de operación conocida; compost utilizable localmente	Olores y vectores si hay mala operación; requiere espacio y gestión de lluvias	Cantones medianos o grandes, o consorcios regionales
■ Compostaje cerrado / pequeña escala	Compostaje en sistemas cerrados o métodos comunitarios y domiciliarios	Orgánicos separados de hogares y comercios	Compost	< 1.800 t/año (pequeña)	Inversión en equipo, energía, control operativo, capacitación y seguimiento comunitario	Más accesible; ideal para cantones pequeños y programas piloto; menor requerimiento de terreno	Menor capacidad; requiere disciplina de separación; variabilidad del producto	Cantones con poco terreno o zonas ambientalmente sensibles
■ Takakura	Compostaje acelerado comunitario mediante método de canasta con fermentación	Orgánicos domésticos	Compost	Domiciliar / comunitaria	Capacitación y acompañamiento, formación de usuarios, seguimiento, preparación del fermento base	Bajo costo; fomenta la participación ciudadana; alta apropiación comunitaria	Sensible a la mala segregación; requiere control de olores	Barrios, escuelas y mercados pequeños
■ Bokashi	Fermentación o compostaje rápido con inoculantes	Orgánicos seleccionados	Abono tipo Bokashi	Domiciliar / comunitaria (pequeña)	Insumos (inóculos, salvado, melaza), capacitación, control de humedad	Proceso rápido; útil en agricultura urbana y huertas	Requiere insumos de forma continua y capacitación; el producto necesita maduración antes de su uso	Proyectos con agricultura local o huertas comunitarias
■ Lombricompost	Uso de lombrices para estabilizar orgánicos previamente precompostados	Orgánicos precompostados o seleccionados	Humus de lombriz	Pequeña – mediana	Condiciones estables de temperatura y humedad, precompostaje previo, protección de lluvias, control de depredadores	Producto de alta calidad y alto valor comercial	Sensible a condiciones ambientales y a la contaminación de la materia prima; no admite carga directa de residuo fresco	Cantones con demanda agrícola y capacidad de manejo técnico
■ Composteras domiciliarias	Compostaje en hogares mediante cajas o tambores	Residuos de cocina y jardín	Compost	Domiciliar	Educación, segregación, control básico y acompañamiento municipal	Reduce la carga al sistema de recolección; bajo costo; genera cultura ambiental	Depende de la adopción ciudadana; riesgo de olores y vectores si se maneja mal	Cantones pequeños o medianos con programas comunitarios fuertes

Tecnología (orgánicos)	¿Qué es?	Materia prima	Productos	Escala típica	Requisitos clave	Ventajas	Riesgos / limitaciones	¿Cuándo es más viable?
■ Biodigestión anaerobia	Conversión sin oxígeno que genera biogás y digestato	Orgánicos biodegradables: comida, estiércol, lodos, residuos agrícolas y aguas residuales	Biogás (CH ₄ y CO ₂) y digestato	Mediana – grande / regionalizada (también pequeña en modelos simples)	Flujo estable, alimentación continua, operación especializada, control de pH y temperatura, manejo y destino del digestato, seguridad del biogás	Energía renovable; reduce emisiones de GEI; permite valorización energética con recuperación material del digestato	Mayor complejidad; olores si falla; requiere destino seguro y autorizado del digestato	Cantones grandes o esquemas regionales con uso energético claramente definido
■ Secado y trituración	Reducción de humedad y trituración para estabilizar o facilitar la manipulación	Orgánicos con alta humedad, según disponibilidad	Material seco triturado para usos permitidos	Variable (según equipo)	Equipo adecuado, control sanitario, almacenamiento, control de olores y lixiviados, definición del uso final autorizado	Facilita la logística; reduce humedad y volumen; permite acumular material para transporte	Requiere evaluar el uso final permitido; riesgo sanitario si no hay control	Cuando la humedad o el transporte constituye el principal cuello de botella

Cuadro 11. Tecnologías biológicas para el tratamiento de orgánicos. Fuente: elaboración propia. Nota: las escalas corresponden a la definición armonizada del Cuadro 3; el compost y el digestato solo son productos si cumplen especificaciones de calidad y cuentan con demanda identificada.

Destino del producto: condición de viabilidad, no un detalle posterior. El compost y el digestato son productos, no residuos, únicamente si cumplen especificaciones de calidad y tienen un uso real. La ausencia de una estrategia de colocación (agricultura, viveros municipales, reforestación, parques, recuperación de suelos degradados) convierte la planta en un almacén de material sin salida. La demanda debe estar identificada y, preferiblemente, comprometida antes de dimensionar la infraestructura.

D) Valorización energética (WtE)

Las tecnologías termoquímicas recuperan energía a partir de la fracción rechazo no valorizable materialmente. Requieren volumen continuo, alta inversión y controles ambientales estrictos, por lo que se ubican en los niveles inferiores de la jerarquía del artículo 4 y solo deben considerarse una vez agotadas la prevención, la reducción, la reutilización y la recuperación de materiales, a la que la ley otorga prioridad expresa.

Aclaración conceptual: procesos frente a marcos regulatorios

Es fundamental distinguir dos planos que con frecuencia se confunden. El primero es el del proceso termoquímico en sí (combustión, gasificación, pirólisis, arco de plasma), que se diferencia por la presencia de oxígeno, la temperatura y los productos generados. El segundo es el del marco regulatorio de la instalación, regido por el Decreto Ejecutivo N.º 39136-S-MINAE, que retoma las definiciones de la Unión Europea, y por el Decreto N.º 40557-S sobre coprocesamiento en hornos cementeros.

Comparación de procesos termoquímicos

Criterio	Cocineración (siempre que exista recuperación energética o de materiales)				
	Coprocesamiento	Gasificación	Incineración (WtE)	Pirólisis	Plasma
Tipo de proceso	Combustión de residuos como sustituto parcial de combustible en un proceso industrial existente (horno cementero)	Termoquímico con oxidación parcial	Termoquímico con combustión completa	Termoquímico en ausencia de oxígeno (descomposición térmica)	Termoquímico por arco de plasma eléctrico
Temperatura típica	1.400 – 2.000 °C en el horno de clínker	800 – 1.500 °C	850 – 1.200 °C	400 – 1100 °C	1.500 – 5.000 °C
Presencia de oxígeno	Exceso de oxígeno (combustión completa)	Bajo oxígeno (oxidación parcial)	Exceso de oxígeno	Sin oxígeno	No depende directamente del oxígeno; el aporte energético es eléctrico
Materia prima típica	CDR/CSR de alto poder calorífico, homogéneo, seco y con bajo contenido de cloro	RO pretratados, RDF/SRF, biomasa, plásticos seleccionados, lodos secos	RO con control de composición (mejor si hay pretratamiento), RDF/SRF	Plásticos, biomasa y residuos seleccionados relativamente homogéneos	Fracciones complejas o peligrosas, según diseño
Productos principales	Energía térmica para el proceso; las cenizas se incorporan al clínker y no generan escoria residual propia	Syngas (CO, H ₂ , CH ₄) más cenizas y escorias	Calor, vapor o electricidad, más cenizas de fondo y cenizas volantes	Piroaceite, gases combustibles y biochar	Syngas de alta pureza y escoria vitrificada inerte
Tiempo de proceso	Continuo, integrado al ciclo del horno	Minutos a horas	Continuo en operación estable	Minutos a horas	Muy rápido, según diseño
Complejidad operativa	Media-alta: control de alimentación, calidad del CDR y emisiones del horno	Alta: control de syngas, alquitranes y pretratamiento	Alta: control estricto de combustión y emisiones	Media-alta: calidad de productos y refinamiento posterior	Muy alta: alto consumo energético y equipos especializados
Ventajas clave	Aprovecha infraestructura industrial existente; sustituye combustibles fósiles; no requiere planta dedicada ni deja escoria propia; menor inversión pública	Mayor eficiencia potencial que la incineración; syngas versátil; menor formación de dioxinas y furanos si está bien controlado	Tecnología probada y ampliamente extendida; reduce el volumen hasta cerca del 90 %; recuperación energética estable	Menores emisiones directas; permite aprovechar plásticos y biomasa; genera productos líquidos y biochar	Destruye compuestos tóxicos; subproductos inertes; emisiones muy bajas si el diseño es adecuado

Cocineración (siempre que exista recuperación energética o de materiales)					
Criterio	Coprocesamiento	Gasificación	Incineración (WtE)	Pirólisis	Plasma
Desventajas clave	Depende de la existencia de una cementera receptora y de calidad estable del CDR; el residuo compite con el combustible del horno; sujeto a la demanda del sector cementero	Alta inversión; requiere residuos secos y homogéneos; pretratamiento y limpieza de syngas	Las emisiones atmosféricas requieren controles estrictos; manejo de cenizas con metales pesados; eficiencia energética menor que la gasificación	Menos consolidada a gran escala; los productos líquidos suelen requerir refinamiento	Muy costoso por su alta demanda energética; aplicación limitada a gran escala
Escala típica	Regional; determinada por la ubicación de la cementera	Regional / grandes volúmenes	Regional / grandes volúmenes	Piloto a mediana, según materia prima	Casos puntuales de alta especialización
Marco normativo aplicable	DE 40557-S (coprocesamiento en hornos cementeros); régimen de cocineración del DE 39136-S-MINAE	DE 39136-S-MINAE cuando el syngas resultante se incinera posteriormente	DE 39136-S-MINAE; límites de emisión y monitoreo de instalación de incineración	DE 39136-S-MINAE cuando los productos resultantes se incineran posteriormente	DE 39136-S-MINAE cuando las sustancias resultantes se incineran posteriormente
¿Cuándo es más viable?	Cuando existe una cementera cercana con capacidad de recepción y se garantiza CDR de calidad de forma sostenida	Si se garantiza RDF de calidad y operador especializado	Solo con masa crítica regional y control ambiental robusto	Para corrientes específicas bien segregadas, especialmente plásticos	Casos muy particulares; no constituye una solución cantonal típica

Cuadro 12. Comparación de procesos termoquímicos. Fuente: elaboración propia con base en los Decretos Ejecutivos N.º 39136-S-MINAE y N.º 40557-S, y en literatura técnica internacional (PNUMA/ISWA, 2015). Nota: la gasificación, la pirólisis y el plasma quedan sujetos al régimen de incineración cuando las sustancias resultantes se incineran posteriormente.

E) Disposición Final

Disposición final

La disposición final es el último eslabón de la jerarquía y actúa como respaldo indispensable del sistema para la fracción rechazo que no pudo prevenirse, valorizarse ni tratarse. Un sistema de gestión maduro busca minimizar, nunca eliminar, la dependencia de esta etapa. Conforme al artículo 50 de la Ley 8839, estas instalaciones deben contar con garantías financieras que aseguren la prevención de la contaminación y la eventual remediación del sitio.

Tecnología	Residuo objetivo	Proceso	Escala típica	Requisitos mínimos	Productos	Ventajas	Desventajas / riesgos
■ Parque ambiental con relleno sanitario / Parque ambiental con aprovechamiento energético del biogás	Fracción rechazo final/ Biogás generado en la masa de residuos	Disposición controlada en celdas, con compactación y cobertura diaria / Captación mediante pozos y red de conducción, con aprovechamiento energético o quema controlada en antorcha	Cantonal – regional/ Sitios grandes	Diseño de ingeniería, impermeabilización, captación y tratamiento de lixiviados, manejo de biogás, plan de operación y cierre técnico, garantías financieras, viabilidad ambiental	Biogás y lixiviados que deben ser tratados/ Electricidad, calor o quema controlada	Esencial como última opción; respaldo indispensable del sistema; costo unitario bajo	Impacto ambiental si la operación es deficiente; vida útil limitada; pasivo ambiental de largo plazo Requiere tamaño suficiente y mantenimiento constante; el rendimiento decae con la edad de la celda

Cuadro 13. Tecnologías de disposición final. Fuente: elaboración propia. Nota: las garantías financieras son exigidas por el artículo 50 de la Ley N.º 8839; el diseño y la operación de los parques ambientales se rigen por el Decreto Ejecutivo N.º 44421-S.



Clasificación de los rellenos sanitarios según su régimen de aireación

Esta distinción es especialmente relevante para Costa Rica por su efecto sobre las emisiones de metano y la calidad de los lixiviados.

Disposición final

Tipo	Principio de funcionamiento	Emisiones de metano	Estabilización	Lixiviados	Costo relativo	Consideraciones
■ Anaeróbico (convencional)	La masa de residuos permanece confinada y saturada; la degradación ocurre en ausencia de oxígeno. Es la configuración predominante en la región.	Altas: el biogás contiene entre 50 % y 60 % de metano	Lenta: décadas hasta alcanzar la estabilización	Alta carga orgánica; requieren tratamiento prolongado	Bajo	Exige captación activa de biogás para mitigar emisiones; genera pasivo ambiental de larga duración
■ Semiaeróbico (Método Fukuoka)	Las tuberías de lixiviados, de gran diámetro y abiertas a la atmósfera, permiten el ingreso natural de aire por convección, impulsada por la diferencia de temperatura entre la masa de residuos y el exterior. No requiere energía externa.	Reducción del orden del 50 % respecto del relleno anaeróbico	Acelerada: la estabilización se alcanza en un plazo sensiblemente menor	Mejora significativa de la calidad; menor DBO y DQO	Bajo – medio	reduce de manera relevante las emisiones de metano y mejora la calidad del lixiviado con un costo de construcción y operación cercano al del relleno convencional, sin requerir energía externa. Por su simplicidad constructiva resulta especialmente adecuado para cantones con capacidad técnica media y para la mejora de sitios existentes.
■ Aeróbico (aireación forzada)	Se inyecta aire de forma activa mediante sopladores en la masa de residuos, manteniendo condiciones aerobias en todo el perfil.	Muy bajas: la degradación aerobia genera principalmente CO ₂	Muy rápida: es la configuración de estabilización más veloz	Baja carga orgánica desde etapas tempranas	Alto	Alto consumo energético y de operación; se emplea sobre todo en remediación o recuperación de sitios y en rellenos de vida útil corta

Cuadro 14. Configuraciones del relleno sanitario según régimen de aireación. Fuente: Matsufuji, SWAN-Fukuoka y JICA (Método Fukuoka). Nota: la reducción de emisiones del relleno semiaeróbico depende de la correcta construcción y del mantenimiento de las tuberías de lixiviados abiertas a la atmósfera.

Cuadro comparativo general de tecnologías

La siguiente síntesis integra las tecnologías descritas según su tipo de gestión, sus costos relativos de inversión y operación, y su nivel de sostenibilidad ambiental. Es una guía de orientación estratégica que debe leerse junto con las tablas de detalle de cada apartado.

Tecnología	Tipo de gestión	Inversión	Operación	Sostenibilidad	Observaciones
■ Reciclaje	Valorización material	Media	Baja	Alta	Recuperación de materiales; prioritaria por mandato del art. 4 inciso d).
■ Sistemas de compostaje	Valorización material	Baja	Baja	Alta	Alta viabilidad y bajo impacto; prioritaria por la composición del país.
■ Digestión anaerobia	Valorización	Media	Media	Alta	Reduce GEI y aprovecha el biogás; recupera material vía digestato.
■ TMB / MBT	Valorización material	Media	Media	Media-Alta	Mayor contaminación del material por falta de separación en origen.
■ Coprocesamiento	Valorización energética	Media	Media	Media-Alta	Sustituye combustibles fósiles; aprovecha infraestructura existente.
■ Gasificación	Valorización energética	Alta	Alta	Media-Alta	Mayor eficiencia energética que la incineración básica.
■ Pirólisis	Valorización energética	Alta	Alta	Media-Alta	Adecuada para corrientes específicas; poco consolidada a gran escala.
■ Incineración (WtE)	Valorización energética	Alta	Alta	Media	Alta reducción de volumen, pero costos altos y control exigente.
■ Plasma	Valorización energética	Alta	Alta	Media	Alta reducción de volumen; costo y demanda energética muy elevados.
■ Relleno semiaeróbico	Disposición final	Baja	Baja	Media	Reduce metano y mejora lixiviados con costo similar al convencional.
■ Relleno sanitario convencional	Disposición final	Baja	Baja	Baja	Puede aprovechar metano. Alta dependencia por rechazos de otras tecnologías.

Cuadro 15. Comparación general de tecnologías. Fuente: elaboración propia. Nota: las categorías de inversión, operación y sostenibilidad son relativas entre tecnologías; no sustituyen los estudios de factibilidad ni las cotizaciones locales.

Las tecnologías de gestión de residuos se encuentran en constante evolución, por lo que los datos podrán variar en el tiempo. Se recomienda priorizar la implementación de tecnologías de menor complejidad técnica, menor costo y mayor sostenibilidad ambiental. Posteriormente, y en función de las condiciones territoriales, operativas y financieras, podrán incorporarse soluciones de mayor complejidad que permitan la reducción de volúmenes y el aprovechamiento de los residuos. Este enfoque favorece el fortalecimiento de la economía circular.

F) Corrientes especiales: responsabilidades y rutas de articulación

Los apartados anteriores se concentran en las corrientes que una municipalidad gestiona de forma ordinaria. En el territorio cantonal coexisten, además, corrientes cuyo manejo la normativa atribuye principalmente al generador y a gestores autorizados. Este apartado precisa ese reparto de responsabilidades, con el doble propósito de evitar que el gobierno local asuma obligaciones que la ley no le impone y de identificar con claridad aquellas que sí le corresponden.

Matriz de responsabilidades por corriente

El siguiente cuadro sintetiza, para cada corriente especial, el marco normativo aplicable, el responsable principal del manejo y el rol que corresponde a la municipalidad. Debe emplearse como referencia al elaborar o actualizar el PMGIR.

Corriente	Marco normativo aplicable	Responsable principal del manejo	Rol que corresponde a la municipalidad	Fundamento
■ Residuos ordinarios	Ley 8839; DE 36093-S (manejo de residuos sólidos ordinarios); reglamento municipal del cantón	Municipalidad, con obligación del generador de separar y entregar	Responsabilidad plena: recolección selectiva, valorización, tratamiento y disposición final; fijación de tasas; reglamentación cantonal	Arts. 8, 44 y 45, Ley 8839.
■ Residuos valorizables (fracción seca)	Ley 8839; DE 41052-S (centros de recuperación de residuos valorizables)	Municipalidad desde la entrega para recolección separada; gestor autorizado si media autorización municipal	Provisión de recolección selectiva y centros de recuperación; convenios con gestores y organizaciones; control de calidad	Arts. 8 incisos d) y g), y 45, Ley 8839.
■ Residuos de manejo especial (RME)	DE 38272-S (declaratoria de RME); Ley 8839	Productor o importador, mediante responsabilidad extendida; gestor autorizado	Deber expreso de promover y facilitar la infraestructura necesaria para su valorización, tratamiento y disposición final; habilitar puntos de entrega; establecer alianzas con productores	Arts. 46 y 47, Ley 8839.
■ Residuos peligrosos (RP)	DE 41527-S-MINAE; DE 27000, 27001 y 27002-MINAE	Generador, durante todo el ciclo de vida, incluso tras la entrega al gestor	No le corresponde tratarlos ni disponerlos. Debe impedir su ingreso a la recolección ordinaria, coadyuvar en la fiscalización de generadores y facilitar información sobre gestores autorizados	Arts. 48, 49, 53 y 58, Ley 8839.
■ Residuos bioinfecciosos (RB)	DE 30965-S (desechos infectocontagiosos en establecimientos de salud y afines); Ley 8839 como residuos peligrosos	Establecimiento de salud generador; gestor autorizado; los métodos de tratamiento requieren autorización del Ministerio de Salud	No le corresponde su manejo. Debe verificar que no se mezclen con la corriente ordinaria y coordinar con el Ministerio de Salud ante incumplimientos detectados	Art. 6 (definición), arts. 48 y 53, Ley 8839; DE 30965-S
■ Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	DE 35933-S (gestión integral de residuos electrónicos)	Productor o importador (responsabilidad extendida, por su condición de RME); gestor autorizado	Facilitar jornadas de recolección y puntos de entrega; promover la infraestructura conforme al art. 46 (antes 41); articular con los programas de cumplimiento de los productores	DE 35933-S; arts. 46 y 47, Ley 8839
■ Residuos de construcción y demolición (RCD)	DE 44843-S (gestión de residuos de la construcción y demolición de obras)	Generador de la obra (propietario, desarrollador o constructor)	Exigir el plan de manejo de RCD en los trámites de permiso de construcción; fiscalizar la disposición en sitios autorizados; prevenir y eliminar vertederos y acopios no autorizados en el cantón	DE 44843-S; art. 8 inciso f), Ley 8839

Cuadro 16. Matriz de responsabilidades por corriente especial. Fuente: Ley N.º 8839 y decretos ejecutivos citados.

Criterio general de actuación. Frente a las corrientes especiales, la función municipal es de facilitación, articulación y fiscalización, no de operación.

F.1 Residuos bioinfecciosos (RB)

Se generan en establecimientos que prestan atención a la salud y afines. El Decreto Ejecutivo N.º 30965-S considera infectocontagiosos los cultivos y cepas almacenadas de agentes infecciosos, los desechos patológicos, los residuos contaminados derivados de la atención del paciente y de los laboratorios, y los objetos punzocortantes. Requieren inactivación de su carga patógena antes de cualquier disposición, y los métodos de tratamiento deben ser autorizados por el Ministerio de Salud.

Tecnología	¿Qué es?	Ventajas	Consideraciones
■ Esterilización por autoclave	Inactivación por vapor saturado a alta presión y temperatura, seguida de trituración para impedir su reconocimiento y reutilización.	Tecnología probada; sin emisiones atmosféricas; el residuo tratado puede ir a relleno sanitario.	No apto para residuos anatómicos ni citotóxicos; requiere validación periódica del ciclo con indicadores biológicos.
■ Tratamiento por microondas	Desinfección por calor húmedo generado con energía de microondas sobre residuo previamente triturado y humidificado.	Proceso automatizado; menor consumo de agua que la autoclave.	Requiere trituración previa y control de humedad; no apto para residuos anatómicos.
■ Desinfección química	Aplicación de agentes desinfectantes sobre residuos previamente triturados.	Útil para residuos líquidos y ciertos sólidos.	Manejo y almacenamiento de reactivos; control de efluentes resultantes.
■ Incineración especializada	Combustión controlada en instalaciones dedicadas a residuos peligrosos, con control de emisiones.	Única vía admisible para residuos anatómicos y citotóxicos; máxima reducción de volumen.	Alto costo; controles de emisión estrictos; exclusivamente por gestores autorizados.

Cuadro 17. Tecnologías de tratamiento de residuos bioinfecciosos. Fuente: Decreto Ejecutivo N.º 30965-S. Nota: los métodos de tratamiento requieren autorización del Ministerio de Salud y son operados por el generador o por gestores autorizados, no por la municipalidad.

F.2 Residuos peligrosos (RP) y de manejo especial (RME)

Incluyen aceites usados, pinturas y solventes, baterías, lámparas, medicamentos vencidos y residuos industriales peligrosos. Su gestión corresponde al generador y a gestores autorizados. El rol municipal se centra en habilitar puntos de entrega, realizar campañas y coadyuvar en la fiscalización.

Corriente	Ruta de manejo conforme a la normativa	Rol de la municipalidad
■ Aceites usados	Acopio y entrega a gestor autorizado para rerefinoación o valorización energética.	Habilitar puntos de acopio; coadyuvar en la fiscalización de generadores (talleres, sodas, flotillas).
■ Pinturas, solventes y químicos	Entrega a gestor autorizado. Su vertido al alcantarillado o su mezcla con la corriente ordinaria constituye infracción.	Campañas de recolección diferenciada; información a la ciudadanía sobre gestores disponibles.
■ Baterías y pilas	Acopio diferenciado y envío a gestor autorizado; sujetas a responsabilidad extendida si están declaradas como RME.	Instalar y mantener contenedores específicos en puntos estratégicos; articular con los programas de los productores.
■ Lámparas y luminarias	Acopio diferenciado por contener mercurio; entrega a gestor autorizado.	Habilitar puntos de entrega; incorporar la corriente en campañas de RME.
■ Medicamentos vencidos	Devolución a farmacias o campañas específicas; tratamiento por gestor autorizado.	Coordinar campañas con el sector salud y las farmacias del cantón.
■ Residuos industriales peligrosos	Responsabilidad del generador durante todo el ciclo de vida; manejo exclusivo por gestor autorizado.	Coadyuvar en la fiscalización y en la verificación de la trazabilidad; no recibirlos en la recolección ordinaria.

Cuadro 18. Rutas de manejo de residuos peligrosos y de manejo especial. Fuente: Ley N.º 8839; Decreto Ejecutivo N.º 41527-S-MINAE.

F.3 Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)

Regulados por el Decreto Ejecutivo N.º 35933-S, los RAEE contienen tanto materiales valorizables como componentes peligrosos. Por su condición de residuos de manejo especial, les aplica la responsabilidad extendida del productor prevista en el artículo 47 de la Ley 8839. Además, los aparatos eléctricos y electrónicos figuran expresamente como producto prioritario en el artículo 26, por lo que sus productores quedan sujetos al régimen reforzado de los artículos 25 a 28 incorporado por la Ley N.º 10031. A la municipalidad le corresponde el deber de promoción de infraestructura del artículo 46.

Etapas	Descripción	Actores
■ Acopio diferenciado	Puntos de entrega y jornadas de recolección de línea blanca, marrón y gris.	Municipalidades, gestores autorizados, productores e importadores bajo responsabilidad extendida.
■ Desensamble y clasificación	Separación de componentes valorizables y peligrosos por gestor autorizado.	Gestores autorizados de RAEE registrados ante el Ministerio de Salud.
■ Valorización de materiales	Recuperación de metales y plásticos; manejo seguro de componentes peligrosos.	Industria de reciclaje; gestores especializados; exportación autorizada cuando no exista capacidad nacional.

Cuadro 19. Etapas de la gestión de RAEE. Fuente: Decreto Ejecutivo N.º 35933-S; artículos 46 y 47 de la Ley N.º 8839 y artículos 25 a 28, que declaran los aparatos eléctricos y electrónicos producto prioritario sujeto a responsabilidad extendida reforzada.



F.4 Residuos de construcción y demolición (RCD)

Regulados por el Decreto Ejecutivo N.º 44843-S, los RCD son voluminosos y en gran proporción inertes y valorizables. La responsabilidad recae sobre el generador de la obra; la municipalidad interviene a través del otorgamiento de permisos de construcción y de su obligación de prevenir y eliminar vertederos y acopios no autorizados en el cantón.

Tecnología / estrategia	¿Qué es?	Productos / destino	¿Cuándo es viable?
■ Separación en obra	Clasificación de RCD por tipo en el sitio de generación, conforme al plan de manejo exigible.	Fracciones limpias aptas para valorización	Obras medianas y grandes; exigible por reglamento.
■ Trituración de escombros	Reducción de concreto y mampostería a agregados reciclados.	Agregado reciclado para bases, sub-bases y rellenos	Donde hay volumen constante y demanda de agregados.
■ Recuperación de metales y madera	Segregación de acero, aluminio y madera para reciclaje o reuso.	Chatarra metálica; madera reutilizable	En todo proyecto de demolición.
■ Reincorporación en obra	Uso de materiales recuperados en nuevos procesos constructivos.	Material de relleno y sub-base	Con planificación adecuada desde el diseño.

Cuadro 20. Tecnologías y estrategias para RCD. Fuente: Decreto Ejecutivo N.º 44843-S (2024). Nota: el plan de manejo de RCD es exigible en los trámites de permiso de construcción; la municipalidad debe prevenir y eliminar vertederos y acopios no autorizados (artículo 8 inciso f, Ley 8839).

Análisis para municipalidades

Para orientar la decisión tecnológica, sin sustituir el PMGIR, se recomienda caracterizar al cantón según un conjunto de criterios prácticos. Cada criterio se clasifica en nivel bajo, medio o alto conforme a los rangos siguientes, coherentes con la definición armonizada de escalas presentada al inicio del manual.

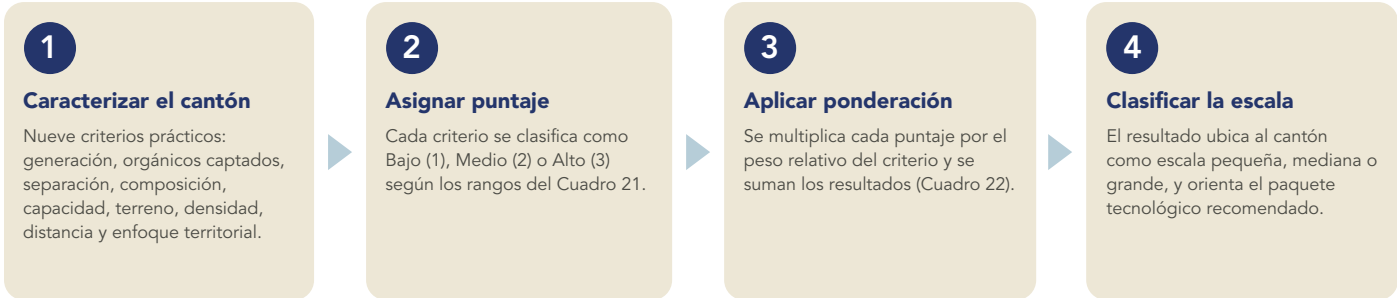


Figura 1. Ruta metodológica para la decisión tecnológica municipal: caracterizar, puntuar, ponderar y clasificar la escala. Fuente: elaboración propia.

Criterio	Bajo	Medio	Alto
■ Cantidad de residuos generados	< 30 t/día	30 – 150 t/día	> 150 t/día
■ Orgánicos captados para tratamiento	< 5 t/día	5 – 20 t/día	> 20 t/día
■ Nivel de separación de residuos	< 20 %	20 % – 50 %	> 50 %
■ Composición de orgánicos	< 40 %	40 % – 50 %	> 50 % (la más frecuente en el país)
■ Capacidad técnica y financiera	Poco personal; sin contratación externa	Equipo técnico y contratación de servicios	Gran capacidad operativa, con supervisión y control
■ Disponibilidad de terreno	< 1 ha	1 – 5 ha	> 5 ha
■ Densidad poblacional (hab/km²)	< 150 (rural)	150 – 1.000	> 1.000 (urbano)
■ Distancia a parques ambientales	Cercana (< 40 km)	Intermedia (40 – 80 km)	Lejana (> 80 km)
■ Enfoque territorial	Individual (solo cantón o distrito)	Mixto (algunas alianzas)	Regionalizado (esquema regional)

Cuadro 21. Criterios de caracterización del cantón. Fuente: elaboración propia.

Matriz de puntaje ponderado

A cada criterio se le asigna un valor numérico (Bajo = 1, Medio = 2, Alto = 3) y una ponderación según su peso relativo en la decisión. El resultado se obtiene como la sumatoria del producto de cada puntaje por su porcentaje.

Criterio	Peso	Bajo	Medio	Alto
■ Generación de residuos	20 %	1	2	3
■ Enfoque territorial	20 %	1	2	3
■ Composición de orgánicos	15 %	1	2	3
■ Capacidad técnica y financiera	15 %	1	2	3
■ Separación de residuos	10 %	1	2	3
■ Disponibilidad de terreno	10 %	1	2	3
■ Densidad poblacional	5 %	1	2	3
■ Distancia a parques ambientales	5 %	1	2	3

Cuadro 22. Matriz de puntaje ponderado. Fuente: elaboración propia.

Resultado = Σ (puntaje $\times$ ponderación)

1,0 a 1,5: escala pequeña o municipalidad de poca generación.

1,6 a 2,2: escala mediana o municipalidad de mediana generación.

2,3 a 3,0: escala grande, gran generación o esquemas regionalizados.

Estrategias recomendadas por escala

Municipalidades de poca y mediana generación

Estrategia recomendada: soluciones modulares, de baja a mediana complejidad, con fuerte componente de separación en la fuente y educación. Empezar con programas piloto (barrios, ferias, mercados) y escalar por etapas.

Tecnologías orgánicas prioritarias

- Compostaje cerrado o de pequeña escala: Takakura, Bokashi, lombricompost y composteras domiciliarias.
- Compostaje abierto pequeño si hay terreno y control (patio municipal u operador local).
- Biodigestores pequeños o medianos solo si hay capacidad de operación y destino claro del digestato.
- Secado y trituración cuando la humedad o la logística sea el cuello de botella, con control sanitario y uso final definido.

Paquete mínimo (lo que más funciona)

- Centros de acopio y rutas selectivas para reciclables.
- Orgánicos: composteras domiciliarias, Takakura, Bokashi o lombricompost.
- Si hay terreno y control: compostaje abierto o cerrado pequeño.
- Relleno sanitario propio o disposición en sitio regional autorizado para el rechazo.



Evitar como "primera opción"

Las tecnologías termoquímicas no deben analizarse como primera opción en este tipo de municipalidades, por su necesidad de volumen continuo, su alto CAPEX y su control operativo complejo. Deben quedar reservadas para etapas posteriores y únicamente bajo esquemas regionales.

Municipalidades de gran generación o esquemas regionalizados

Estrategia recomendada: soluciones centralizadas o regionalizadas, con control de calidad, trazabilidad y contratos de operación.

Tecnologías orgánicas prioritarias

- Compostaje abierto de mayor capacidad (1.800 – 7.300 t/año o más, según diseño y demanda).
- Biodigestión anaerobia cuando hay flujo estable de orgánicos o lodos y posibilidad de uso energético del biogás.
- Combinaciones: pretratamiento, biodigestión y compostaje del digestato, según objetivos y normativa aplicable.
- Secado y trituración como apoyo logístico o pretratamiento.

Tecnologías termoquímicas (para la fracción rechazo)

- Solo cuando exista volumen suficiente, pretratamiento y capacidad de control ambiental, y tras maximizar la prevención, el reciclaje y la valorización material.
- Evaluar a escala regional por costos, continuidad de la alimentación y controles.
- Valorar el coprocesamiento en hornos cementeros como alternativa que no requiere inversión en planta dedicada.

Enfoque recomendado: infraestructura centralizada, contratos de operación y trazabilidad.

Paquete robusto

- Planta de separación y recuperación de materiales (MRF) regional.
- Compostaje abierto de mayor capacidad y/o biodigestión anaerobia si hay uso energético claro.
- TMB y/o producción de CDR si hay alta mezcla y se requiere una etapa de transición.
- Para el rechazo residual: evaluar coprocesamiento, WtE o gasificación solo si hay masa crítica, pretratamiento y control ambiental.
- Para la disposición final: valorar la configuración semiaeróbica del relleno como medida de mitigación de metano.

Diagramas de decisión

(árboles para selección tecnológica)

Árbol para la fracción orgánica

La secuencia de decisión parte de una pregunta habilitante y se ramifica según el volumen captado, la demanda del producto y los objetivos energéticos. Los umbrales corresponden a la definición armonizada de escalas del manual.

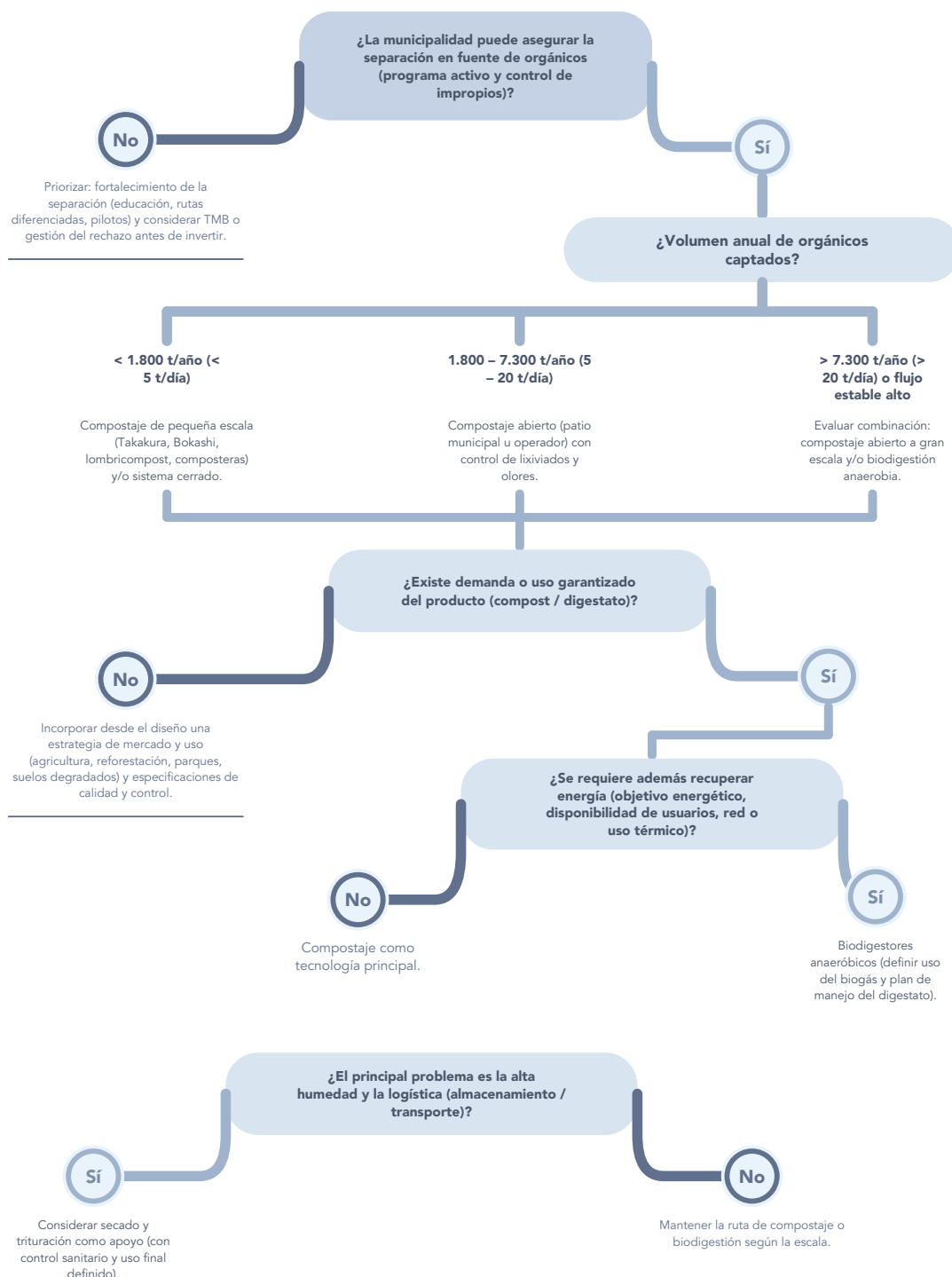


Figura 2. Árbol de decisión para la fracción orgánica. Fuente: elaboración propia.

Árbol para la fracción rechazo (no reciclable)

Para la fracción rechazo, la termoquímica es siempre una opción tardía y condicionada, en coherencia con la prioridad legal de la recuperación material sobre el aprovechamiento energético.

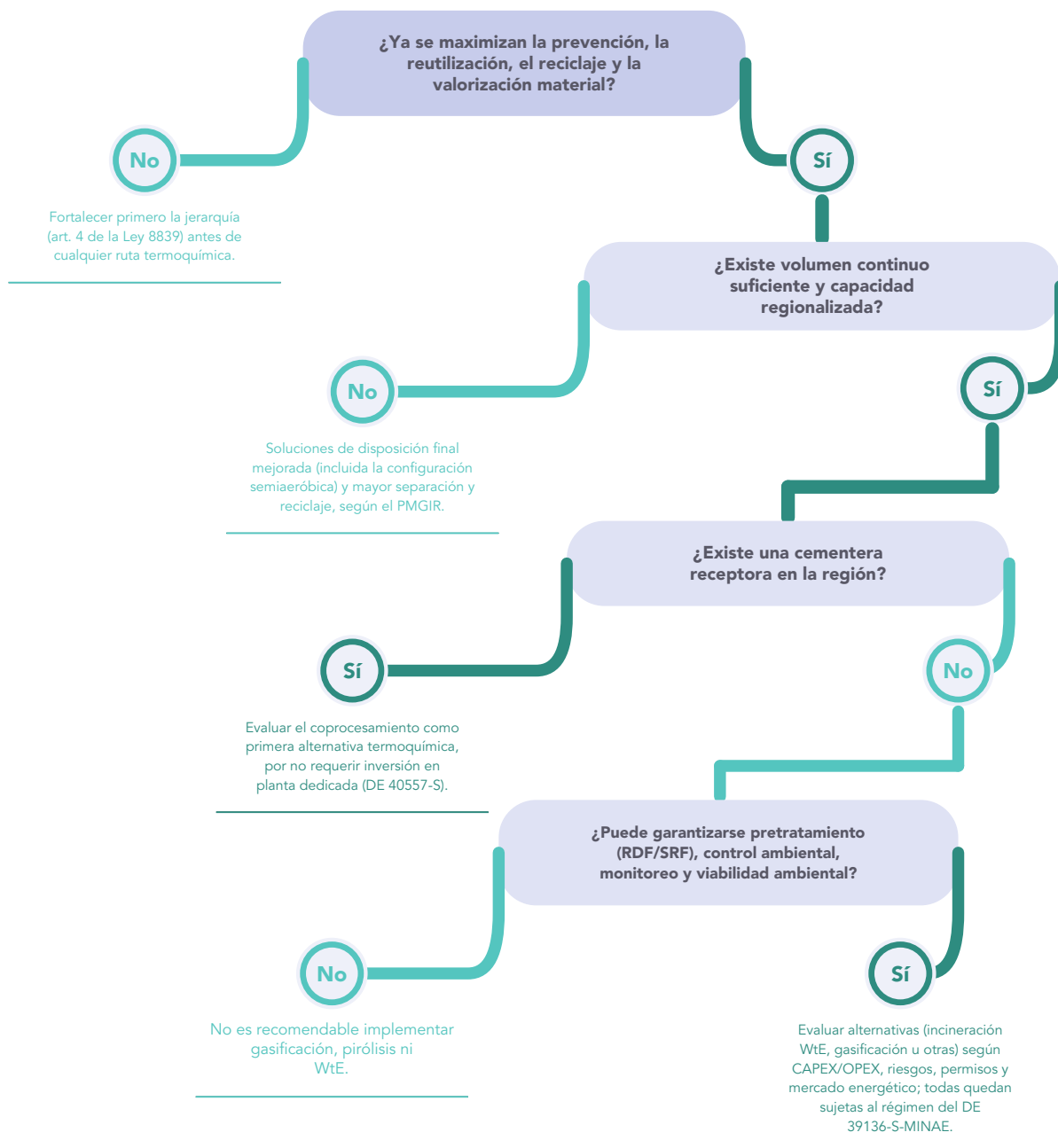


Figura 3. Árbol de decisión para la fracción rechazo (no reciclable). Fuente: elaboración propia con base en la Ley N.º 8839 y los Decretos Ejecutivos N.º 40557-S y N.º 39136-S-MINAE.

Principales instrumentos normativos en gestión de residuos (Costa Rica)

INSTRUMENTOS GENERALES

Constitución Política, artículo 50.

Ley N.° 8839, Ley para la Gestión Integral de Residuos, y sus reformas (leyes N.° 9703, 9825, 10031 y 10599).

Ley N.° 7794, Código Municipal (artículo 74, reformado por el artículo 63 de la Ley 8839; véase también el artículo 90 bis, al que remite el artículo 8 de la Ley 8839).

Ley N.° 7554, Ley Orgánica del Ambiente.

Ley N.° 9703 para la prohibición del poliestireno expandido y reforma de la Ley 8839.

Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos 2023–2033.

Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos 2023–2033.

Plan Nacional de Compostaje.

REGLAMENTOS Y DECRETOS EJECUTIVOS

Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos

DE 37567-S-MINAET-H

Reglamento sobre el manejo de residuos sólidos ordinarios

DE 36093-S

Reglamento de Centros de Recuperación de Residuos Valorizables

DE 41052-S

Reglamento para la gestión regionalizada de residuos sólidos, ordinarios y orgánicos en Costa Rica (incluida la reforma a sus artículos 9 y 10 y la adición del artículo 9 bis)

DE 44974-S

Reglamento de parques ambientales para la separación, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de residuos sólidos

DE 44421-S

Reglamento sobre condiciones de operación y control de emisiones de instalaciones para coincineración de residuos sólidos ordinarios

DE 39136-S-MINAE

Reglamento para el coprocesamiento y gestión de residuos en hornos cementeros

DE 40557-S

Reglamento para la Declaratoria de Residuos de Manejo Especial	DE 38272-S
Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos Electrónicos	DE 35933-S
Reglamento general para la clasificación y manejo de residuos peligrosos	DE 41527-S-MINAE
Reglamento sobre la gestión de los desechos infectocontagiosos que se generan en establecimientos que prestan atención a la salud y afines	DE 30965-S
Reglamento sobre las características y listado de los desechos peligrosos industriales	DE 27000-MINAE
Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales	DE 27001-MINAE
Reglamento sobre el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar constituyentes que hacen un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente	DE 27002-MINAE
Reglamento para el transporte terrestre de productos peligrosos	DE 24715-MOPT-MEIC-S
Reglamento para la gestión de los residuos de la construcción y de la demolición de obras	DE 44843-S
Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental	DE 43898-MINAE-S-MOPT-MAG-MEIC
Reglamento sobre Higiene Industrial	DE 11492-SPPS
Reglamento para la operación de hornos crematorios	DE 39087-S
Reglamento a la ley para combatir la contaminación por plástico y proteger el ambiente (Ley N.º 9786)	DE 43985-S

Abreviaturas y siglas

Las siguientes abreviaturas se emplean a lo largo del manual. Se han corregido y completado respecto de versiones previas del documento.

CAPEX	Inversión inicial de capital (capital expenditure).
CCAD	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo.
CCSS	Caja Costarricense de Seguro Social.
CDR	Combustible derivado de residuos: fuente de energía alternativa producida a partir de residuos no peligrosos.
CRRV	Centro de recuperación de residuos valorizables (DE 41052-S).
CSR	Combustible sólido recuperado: material no peligroso procesado para producir combustible de alta calidad, con bajo contenido de humedad y alto valor calorífico.
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno; parámetro de carga orgánica en lixiviados y efluentes.
DE	Decreto Ejecutivo.
DQO	Demanda química de oxígeno; parámetro de carga orgánica en lixiviados y efluentes.
EIA	Evaluación de impacto ambiental (art. 36 de la Ley 8839, antes art. 31).
GEI	Gases de efecto invernadero.
GIR	Gestión integral de residuos.
HDPE	Polietileno de alta densidad (plástico reciclable, código 2).
IFAM	Instituto de Fomento y Asesoría Municipal.
JICA	Agencia de Cooperación Internacional del Japón.
LDPE	Polietileno de baja densidad (plástico reciclable, código 4).
MBT	Mechanical Biological Treatment; equivalente en inglés de TMB.
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía.
MINSA	Ministerio de Salud.
MRF	Material Recovery Facility: planta de separación y recuperación de materiales reciclables.
OPEX	Gastos de operación y mantenimiento (operational expenditure).
PEPS	Primero en entrar, primero en salir; criterio de priorización de productos o materia prima.

PET	Polietileno tereftalato (plástico reciclable, código 1).
PMGIR	Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos.
PNGIR	Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos.
PP	Polipropileno (plástico reciclable, código 5).
PS	Poliestireno (plástico, código 6).
PVPS	Primero en vencer, primero en salir; criterio de priorización por fecha de vencimiento.
PVC	Policloruro de vinilo (plástico, código 3).
RAEE	Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.
RB	Residuos bioinfecciosos; conforme al art. 6 de la Ley 8839 constituyen una subcategoría de los residuos peligrosos.
RCD	Residuos de construcción y demolición.
RDF	Refuse-Derived Fuel: denominación en inglés equivalente al CDR, de uso extendido en la literatura técnica y en los pliegos de contratación internacional.
REP	Responsabilidad extendida del productor; art. 5 inciso d) de la Ley 8839. Se concreta en el art. 47 para los residuos de manejo especial y en los arts. 24 a 28 para los productos prioritarios (aceites lubricantes, AEE, baterías, neumáticos y pilas).
RME	Residuos de manejo especial.
RO	Residuos ordinarios.
RP	Residuos peligrosos.
SETENA	Secretaría Técnica Nacional Ambiental.
SRF	Solid Recovered Fuel: denominación en inglés equivalente al CSR, con especificaciones de calidad normalizadas (norma EN 15359).
TAA	Tribunal Ambiental Administrativo.
TMB	Tratamiento mecánico-biológico: combinación de separación mecánica y estabilización biológica del residuo mezclado.
WtE	Waste-to-Energy: valorización energética de residuos.

Cuadro 23. Abreviaturas y siglas. Fuente: elaboración propia con base en la normativa y la literatura técnica citadas en el manual.

Glosario de términos técnicos

Definiciones operativas de los términos empleados en las descripciones tecnológicas del manual. Las definiciones legales de residuo, generador, gestor, valorización, reciclaje y separación se encuentran en el artículo 6 de la Ley 8839.

Aireación forzada	Suministro mecánico de aire a la masa en compostaje mediante sopladores, que sustituye al volteo como mecanismo de oxigenación.
Biochar	Material carbonoso sólido obtenido de la pirólisis de biomasa, con potencial uso como enmienda de suelos.
Biocelda	Módulo cerrado de compostaje con control de aireación y captación de gases, que opera por lotes.
Biogás	Mezcla de gases, principalmente metano y dióxido de carbono, generada por la degradación anaerobia de materia orgánica.
Bokashi	Método de fermentación acelerada de residuos orgánicos mediante la adición de inoculantes microbianos y sustratos como salvado y melaza.
Clínker	Producto intermedio de la fabricación de cemento, obtenido en el horno rotatorio, en cuya matriz se integran las cenizas del coprocesamiento.
Compost	Producto estabilizado e higienizado resultante de la descomposición aerobia controlada de materia orgánica, apto para su uso como mejorador de suelos.
Coprocesamiento	Aprovechamiento de residuos como sustituto de combustible o materia prima en un proceso industrial existente, típicamente en hornos cementeros.
Digestato	Material residual, sólido o líquido, obtenido tras la digestión anaerobia; requiere tratamiento o estabilización previa a su uso.
Economía circular	Modelo en el que los materiales permanecen en uso el mayor tiempo posible, minimizando la extracción de recursos y la generación de residuos.
Fase termofílica	Etapa del compostaje en la que la temperatura se sitúa entre 55 y 65 °C, responsable de la higienización del material.
Higienización	Reducción de organismos patógenos y semillas viables a niveles que permiten el uso seguro del producto.

In-vessel	Compostaje en reactor cerrado, con control de aireación, temperatura y captación de olores.
Lixiviado	Líquido resultante de la percolación de agua a través de la masa de residuos, que arrastra materia orgánica y contaminantes disueltos.
Método Fukuoka	Configuración semiaeróbica de relleno sanitario que permite el ingreso natural de aire mediante tuberías de lixiviados de gran diámetro abiertas a la atmósfera.
Mulch	Capa protectora de material orgánico aplicada alrededor de las plantas para retener humedad e imitar la cobertura del suelo forestal.
Poder calorífico	Energía liberada por unidad de masa durante la combustión; determina la aptitud de un residuo para la valorización energética.
Rechazo	Fracción de los residuos que, tras los procesos de separación y valorización, no puede aprovecharse y se destina a disposición final.
Relleno semiaeróbico	Relleno sanitario en el que la entrada pasiva de aire genera zonas aerobias, reduciendo la formación de metano y mejorando la calidad del lixiviado.
Syngas	Gas de síntesis compuesto principalmente por monóxido de carbono, hidrógeno y metano, producido en procesos de gasificación o pirólisis.
Takakura	Método de compostaje doméstico y comunitario de origen japonés, basado en un fermento microbiano preparado a partir de insumos locales.
Vitrificación	Proceso por el cual la fracción mineral se funde y solidifica en una matriz vítrea inerte, característico del tratamiento por plasma.
Volteo	Remoción periódica de la pila de compostaje para restituir la porosidad, homogeneizar el material y garantizar que todo pase por el núcleo caliente.

Cuadro 24. Glosario de términos técnicos. Fuente: elaboración propia. Nota: las definiciones legales de residuo, generador, gestor, valorización, reciclaje y separación prevalecen conforme al artículo 6 de la Ley N.º 8839.

Bibliografía y fuentes de referencia

Las siguientes referencias respaldan los conceptos técnicos del manual. Las fuentes normativas nacionales se detallan en el apartado correspondiente.

Normativa y política nacional

Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (2010). Ley N.º 8839, Ley para la Gestión Integral de Residuos. La Gaceta N.º 135, 13 de julio de 2010. Texto consolidado con las reformas de las leyes N.º 9703 del 15 de julio de 2019, N.º 9825 del 9 de julio de 2020, N.º 10031 del 4 de octubre de 2021 —que renumeró la ley— y N.º 10599 del 11 de noviembre de 2024; versión 7 de 7 consultada en SINALEVI el 24 de julio de 2026.

Ministerio de Salud de Costa Rica. (2002). Decreto Ejecutivo N.º 30965-S, Reglamento sobre la gestión de los desechos infecto-contagiosos que se generan en establecimientos que prestan atención a la salud y afines.

Ministerio de Salud de Costa Rica. (2023). Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos 2023–2033. San José, Costa Rica.

Ministerio de Salud de Costa Rica. (2023). Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos 2023–2033. San José, Costa Rica.

Ministerio de Salud de Costa Rica. Plan Nacional de Compostaje. Dirección de Salud Ambiental.

Referencias técnicas internacionales

Matsufuji, Y., SWAN-Fukuoka y JICA. Un camino hacia el relleno sanitario semiaeróbico mediante el Método Fukuoka: concepto y prácticas para la transferencia tecnológica a países en desarrollo.

Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). Design and Maintenance of Semi Aerobic Landfill Site (Fukuoka Method). Programa de cocreación de conocimientos, Kyushu, Japón.

Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS). Manual para la gestión integral de residuos sólidos municipales. Washington, D. C.

Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P. y Van Woerden, F. (2018). What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Banco Mundial, Urban Development Series. Washington, D. C.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) e ISWA. (2015). Global Waste Management Outlook.

Comisión Europea. Directiva 2010/75/UE sobre las emisiones industriales y Directiva (UE) 2018/850, referencia de las definiciones de incineración y co-incineración retomadas por el DE 39136-S-MINAE.

Rynk, R. et al. (1992). On-Farm Composting Handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, NRAES-54. Ithaca, Nueva York.

US Composting Council. Field Guide to Compost Use y parámetros de control del proceso aerobio.

Comité Europeo de Normalización. Norma EN 15359: Solid Recovered Fuels — Specifications and Classes.

Instituto de Fomento y Asesoría Municipal (IFAM) y Ministerio de Salud. Lineamientos para la elaboración de Planes Municipales de Gestión Integral de Residuos.

Créditos

Elaboración

Ing. Lourdes Sánchez Delgado

Dirección de Salud Ambiental, UGSA, Ministerio de Salud de Costa Rica.

Ing. Paula Solano Gamboa

Dirección de Salud Ambiental, UNSA, Ministerio de Salud de Costa Rica.

Institución responsable

Dirección de Salud Ambiental. Ministerio de Salud, Gobierno de Costa Rica.

Apoyo técnico y cooperación

Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

Revisores

Ing. Ricardo Morales Vargas

Ingeniero químico, Jefe de la Unidad de Normalización en Salud Ambiental.

Geógrafa Olga Segura Cárdenas

Unidad de Normalización en Salud Ambiental.

Ing. Carolina Hernández Chanto

Ingeniera agrónoma, Instituto Costarricense de Electricidad.

Versión: 1.0 · **Fecha:** 2026

Este manual fue elaborado por la Dirección de Salud Ambiental del Ministerio de Salud de Costa Rica. Su contenido tiene carácter técnico-orientador y no sustituye los Planes Municipales de Gestión Integral de Residuos (PMGIR), los estudios de factibilidad, los diseños de ingeniería de detalle ni los trámites de evaluación de impacto ambiental exigidos por el artículo 36 de la Ley 8839.

