

Sandec
Sanitation, Water and
Solid Waste for Development

Planificar el "Cero Residuos" en las escuelas

- Una caja de herramientas



eawag
aquatic research

Impressum

Editor:	Eawag - Instituto Federal Suizo de la Ciencia y Tecnología del Agua, Departamento de Saneamiento, Agua y Residuos Sólidos para el Desarrollo (Sandec), Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf, Suiza
Portada:	Ciudad Saludable
Diseño:	Nur Alam Shanto
Traducción:	DeepL
Revisión lingüística:	Adeline Mertenat
Colaboradores y socios:	Alexander Garcia Kapeller, Anali Ochoa, Anjali Sherpa, Kiran Kalampadan, Marc Karoui, Mingma Sherpa, Miriam Bergqvist, 500B solutions, Ciudad Saludable, Escuela Budhanilkantha (Nepal), Escuela Cristo Redentor (Perú).
Publicación:	2025
DOI:	10.55408/eawag:33934
Referencia bibliográfica:	Mertenat A., Zurbrügg C. (2025) Planificar el “Cero Residuos” en las escuelas – Una caja de herramientas. Eawag: Instituto Federal Suizo de Ciencia y Tecnología del Agua, Dübendorf, Suiza.



El contenido de este documento está bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional

PLANIFICAR EL “CERO RESIDUOS” EN LAS ESCUELAS

- *UNA CAJA DE HERRAMIENTAS*

Adeline Mertenat

Christian Zurbrügg

Redactado y publicado con el apoyo financiero de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

**Swiss Agency for Development
and Cooperation SDC**

Contenido

Introducción	8
Cómo utilizar estas herramientas	9
Ámbito de aplicación y público destinatario	9
Navegación por esta guía	9
Parte 1 Conceptos clave	10
Cero Residuos en la escuela	11
Planificación estratégica - Decisiones basadas en datos y enfoques participativos	13
Cambio de comportamiento	14
Aprender haciendo - Educación para el Desarrollo Sostenible	15
Gestión Integrada y Sostenible de los Residuos (GISR)	17
Parte 2 Pasos de la planificación - Hacia una escuela Cero Residuos	18
PASO 1. Movilizar	20
(A) Reunir a su equipo	20
(B) Acordar los principios y el proceso	20
(C) Confirmar el compromiso de la escuela	21
(D) Identificar a las partes interesadas	21
PASO 2. Línea de base	22
(A) Establecer una línea de base	22
(B) Identificar los problemas claves	29
(C) Validar la línea de base	30
PASO 3. Prioridades y principios de planificación	34
(A) Acordar el orden de prioridad de Cero Residuos	34
(B) Fijar objetivos y metas	35
(C) Determinar las prioridades basadas en problemas clave de cada cluster	35
PASO 4. Identificar y evaluar opciones	36
(A) Identificar y evaluar opciones	36
(B) Debatar y acordar las opciones	39
(C) Revisar objetivos y metas	39
PASO 5. Desarrollar un Plan de Acción	40
(A) Desarrollar un Plan de Acción	40
(B) Determinar funciones, responsabilidades y fijar objetivos específicos	42
PASO 6. Aplicar el Plan de Acción	43
(A) Iniciar el proceso de aplicación del Plan de Acción	43
(B) Comunicar las prioridades, objetivos y metas a todas las partes interesadas	43
PASO 7. Supervisar y evaluar	44
(A) Supervisar y evaluar los progresos realizados en relación con los objetivos fijados	44
(B) Identificar oportunidades de mejora	44
(C) Actualizar el Plan de Acción en consecuencia	44

Parte 3	Recursos técnicos sobre gestión de residuos sólidos	45
(A)	Gestión de residuos sólidos - Hechos y cifras	47
(B)	Fracciones de residuos sólidos	52
(C)	Reducción y reutilización de residuos	60
(D)	Separación de residuos	60
(E)	Recolección de los residuos	62
(F)	Valorización de los residuos	63
(G)	Disposición final de los residuos	71
Parte 4	Herramientas	73
T 1.B	Principios y proceso del Cero Residuos	74
T 2.A1	Estudio de caracterización	75
T 2.A2	WABIs para escuelas	76
T 2.A3	Evaluación del agua, saneamiento y energía	77
T 2.A4	Revisión del currículo	78
T 2.A5	Análisis de las partes interesadas	79
T 2.B1	Análisis del árbol de problemas	80
T 3.C1	Identificación de prioridades por cluster	81
T 4.A1	Evaluación de las opciones de mejora	82
T 4.A2	Evaluación del mercado del reciclaje	83
T 5.A1	Contenido del Plan de Acción	84
Parte 5	Fichas técnicas	85
O.1	Alimentación Animal Directa	86
O.2	Compostaje	88
O.3	Vermicompostaje	91
O.4	Producción de Biogás	93
R.1	Instalación de Recuperación de Materiales (MRF)	96
P.1	Ecobricks	98
P.2	Adoquines	100
P.3	Trituración	102
P.4	Extrusión	104
HC.1	Ganchillo de Película de Plástico	106
D.1	Fosa de Residuos	107
	Recursos adicionales & Referencias	109
	Recursos para las escuelas	109
	Cursos en línea sobre gestión de residuos sólidos	109
	Referencias citadas	110

Lista de Figuras

Figura 1: ODS relacionados con la GRS [4]	8
Figura 2: Enfoque Cero Residuos - Resumen esquemático	11
Figura 3: Jerarquía de gestión de residuos [5]	12
Figura 4: Principio de economía circular [3]	12
Figura 5: Etapas de planificación - Hacia un centro escolar Cero Residuos, adaptado de [4]	13
Figura 6: Factores directores del cambio de comportamiento (RANAS, [16])	14
Figura 7: El enfoque institucional integral [1]	15
Figura 8: Marco integrado de gestión sostenible de residuos (GISR) (adaptado de [23])	17
Figura 9: Etapas de planificación - Resumen (adaptado de [4])	19
Figura 10: Ejemplos de árbol de problemas para la escuela primaria [2]	30
Figura 11: Ejemplo de diagrama de flujo de masas para la visualización del estudio de caracterización de los residuos [7]	32
Figura 12: Ejemplo de diagrama de flujo de masas combinado con información de composición [27]	32
Figura 13: Ejemplo de resumen de resultados de WABIs	33
Figura 14: Orden de prioridad Cero Residuos	34
Figura 15: Componentes clave de un Plan de Acción, adaptado de [4]	40
Figura 16: Definición de los indicadores SMART, adaptada de [4]	42
Figura 17: Ciclo PDCA, adaptado de [2]	44
Figura 18: Cifras clave de la GRS	47
Figura 19: Ratios del plástico	48
Figura 20: Impacto de la mala gestión de los residuos [6] adaptado de [8]	48
Figura 21: Características principales del carbón negro, infografía en inglés [28]	49
Figura 22: Tasas de generación de residuos y niveles de renta, infografía en inglés [5]	50
Figura 23: Patrones de composición de residuos por nivel de ingresos (peso húmedo), infografía en inglés [5]	51
Figura 24: Descomposición de los residuos ©Ciudad Saludable	55
Figura 25: Tipos de plástico ©WalterPack en https://www.walterpack.com/6-tipos-de-plasticos-y-sus-caracteristicas/	57
Figura 26: Origen del plástico y biodegradabilidad. Información en inglés [41]	59
Figura 27: Ejemplos de contenedores de cartón ©Ciudad Saludable	61
Figura 28: Segregación de residuos ©Ciudad Saludable	61
Figura 29: Formas de recolección de residuos - de [43]	62
Figura 30: Valor de los materiales reciclables, complejidad técnica, frecuencia y escala de los procesos de reciclado	65
Figura 31: Cadena de reciclaje [9]	66
Figura 32: Definición y características de las principales prácticas de disposición final de los residuos	71

Lista de tablas

Tabla 1: Resumen del enfoque medioambiental - Perúmedioambiental - Perú	28
Tabla 2: Ejemplo de matriz de prioridad de clustersmatrix	35
Tabla 3: Definición de la generación y composición de los residuos	50
Tabla 4: Categoría de residuos sólidos - Adaptado de ONU-Hábitat [9], imágenes de [9]	52
Tabla 6: Impactos potenciales de los residuos orgánicos no gestionados, adaptado de [31]	56
Tabla 5: Segregación y clasificación de residuos	60
Tabla 7: Elementos técnicos, económicos, sociales y jurídicos y tomar en cuenta	64
Tabla 8: Escenarios para vincular las escuelas con el sistema (in)formal de reciclaje existente pros y contras	67
Tabla 9: Pasos del pretratamiento para aumentar el valor de los reciclables, adaptado de Wasteaid [39]	67
Tabla 10: Resumen de las opciones de valorización de plásticos de baja tecnología para las escuelas	69
Tabla 11: Opción de tratamiento de residuos orgánicos para escuelas	70

Lista de Recuadros

Recuadro 1: Jerarquía de gestión de residuos	12
Recuadro 2: Principio de economía circular	12
Recuadro 3: Pasos de la planificación - Hacia un programa Cero Residuos en las escuelas (adaptado de [4])	13
Recuadro 4: Factores determinantes del comportamiento según el enfoque RANAS	14
Recuadro 5: Elementos clave del enfoque institucional integral [12]	16
Recuadro 6: Enfoques pedagógicos clave de la EDS [12]	16
Recuadro 7: Lista de posibles partes interesadas	21
Recuadro 8: Resumen de las opciones para el estudio de caracterización	23
Recuadro 9: Indicadores de referencia de Wasteaware [24] adaptado para un centro escolar	24
Recuadro 10: Información necesaria sobre agua, saneamiento y energía	27
Recuadro 11: Evaluación de los planes de estudios	28
Recuadro 12: Estrategia nacional de educación - Ejemplo de Perú	28
Recuadro 13: Matriz de las partes interesadas	29
Recuadro 14: Análisis del árbol de problemas	30
Recuadro 15: Visualización de datos	31
Recuadro 16: Orden de prioridad Cero Residuos	34
Recuadro 17: Matriz de prioridades de los clusters	35
Recuadro 18: Evaluación de opciones - principios 5A	36
Recuadro 19: Opciones de mejora específicas por fracción principal de residuos	38
Recuadro 20: Tipo de actividades y acciones	41
Recuadro 21: Barreras típicas para el éxito a largo plazo y medidas paliativas	42
Recuadro 22: Indicadores SMART	42
Recuadro 23: Carbón negro [28]	49
Recuadro 24: Impactos de la degradación incontrolada de residuos orgánicos	56
Recuadro 25: Tipo de plástico y especificidades	57
Recuadro 26: Métodos de identificación de plásticos	58
Recuadro 27: Plástico biodegradable, plástico de base biológica, plásticos oxodegradables	59
Recuadro 28: Segregación de residuos y cambio de comportamiento	61
Recuadro 29: Elementos clave para seleccionar la opción de valorización adecuada	64
Recuadro 30: Definiciones de reciclaje, upcycling y downcycling	64
Recuadro 31: Panorama de los procesos de reciclado	65

Introducción

La gestión de residuos sólidos (GRS) es un problema universal que afecta a todos los habitantes del planeta: en todas partes se afrontan enormes retos para hacer frente a las crecientes cantidades de residuos que se producen a diario, como consecuencia del crecimiento demográfico y urbanístico. Aunque una buena gestión de los residuos es fundamental para proteger el medio ambiente y la salud humana, en la actualidad 2.000 millones de personas siguen sin tener acceso a un servicio de recolección de residuos sólidos, mientras que 3.000 millones carecen de acceso a instalaciones de disposición final controlada [9]. El resultado es que enormes cantidades de residuos se arrojan a la basura, se vierten o se queman abiertamente, contaminando el agua, las aguas subterráneas y los océanos del planeta. Estas prácticas provocan inundaciones al obstruir los sistemas de drenaje, atraen plagas, roedores y otros vectores de enfermedades, aumentan los problemas respiratorios, las emisiones de gases de efecto invernadero, potencian el cambio climático, al tiempo que repercuten negativamente en la biodiversidad y aumentan el agotamiento de los recursos.

La gestión sostenible de los residuos sólidos es clave para alcanzar la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. De hecho, entre los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) adoptados por todos los Estados Miembros de las Naciones Unidas en 2015, 4 están directamente relacionados con la gestión de residuos (Objetivo 1, 6, 11, 12) y 8 indirectamente (Objetivo 2, 3, 7, 8, 9, 13, 14, 17), como se muestra en la Figura 1 con trazo y línea de puntos respectivamente.

Se necesitan medidas urgentes a todos los niveles de la sociedad [5, 10], para abordar lo que puede considerarse “uno de los mayores retos del mundo urbano” [11]. Dado que la gestión de residuos sólidos está estrechamente vinculada a las personas y a su comportamiento, es necesario un cambio de paradigma para considerar los residuos sólidos como un recurso potencial y no como basura. Este cambio en la sociedad requiere concienciación, enfoques pragmáticos y acciones concretas que, creemos, pueden transmitirse mejor a través de la educación.



Figura 1: ODS relacionados con la GRS [4]

Desde hace tiempo se reconoce que la educación es un factor crítico para abordar los problemas medioambientales y de sostenibilidad y garantizar el bienestar humano y de la naturaleza [12]. Siguiendo la recomendación de la UNESCO para la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), la educación debe tener como objetivo “capacitar y equipar a las generaciones actuales y futuras para satisfacer sus necesidades utilizando un enfoque equilibrado e integrado de las dimensiones económica, social y medioambiental del desarrollo sostenible” [12]. Estos son los mismos preceptos de esta caja de herramientas, cuyo objetivo es desarrollar soluciones innovadoras que maximicen las sinergias entre el agua, el saneamiento, la gestión de residuos, la producción de alimentos, la salud, el medio ambiente y la generación de energía en las escuelas. Al utilizar las escuelas como unidad modelo, se centra en el aprendizaje, la aplicación y la práctica para que los estudiantes se conviertan en agentes del cambio y embajadores de un comportamiento sostenible y de un mundo más limpio en el marco de una economía circular.

Estamos todos juntos en esto, así que depende de cada uno de nosotros ser más responsables con lo que botamos y cómo se gestionan nuestros residuos.

Cómo utilizar estas herramientas

El objetivo de esta caja de herramientas es ofrecer orientaciones paso a paso, acompañadas de herramientas, para elaborar y aplicar “Planes de Acción” destinados a cerrar el círculo del material y los recursos en cualquier nivel escolar, considerando un enfoque sistémico y centrándose en opciones de baja tecnología que podrían aplicarse en cualquier entorno de renta baja y media.

Esta caja de herramientas se basó en metodologías ya probadas en el sector del saneamiento y la gestión de residuos sólidos (ver Parte 1 - Conceptos clave). Se utilizaron y adaptaron en escuelas de Nepal y Perú entre 2018 y 2022 a través de proyectos piloto.

Ámbito de aplicación y público destinatario

Esta caja de herramientas está dirigida a particulares u organizaciones, como:

- **Miembros de la comunidad escolar** (docentes, alumnos, personal no docente, etc.) que deseen mejorar la gestión de los residuos sólidos en su propia institución;
- **Organizaciones no gubernamentales (ONG) y organizaciones** de la sociedad civil que deseen apoyar a los centros educativos en la aplicación de un planteamiento de “Cero Residuos”.

Navegación por esta guía

Esta caja de herramientas está estructurada de la siguiente manera:

Parte 1: Introduce los conceptos clave y los principios rectores de la metodología desarrollada que se presenta en la presente guía.

Parte 2: Describe cada uno de los pasos del planteamiento de planificación hacia el Cero Residuos en las escuelas, con actividades detalladas:

- Paso 1: Movilización
- Paso 2: Línea de base
- Paso 3: Prioridades y principios de planificación
- Paso 4: Identificar y evaluar las opciones
- Paso 5: Desarrollar un Plan de Acción
- Paso 6: Aplicar el Plan de Acción
- Paso 7: Supervisar y evaluar

Parte 3: Presenta recursos técnicos que cubren todos los aspectos de la gestión de residuos sólidos.

Parte 4: Contiene las herramientas.

Parte 5: Contiene las fichas técnicas informativas.

Al final del documento figuran recursos y referencias adicionales.

A lo largo del texto, encontrará los siguientes iconos que indican hitos, herramientas, recursos técnicos y fichas informativas, así como el acceso a otros recursos.



Hitos



Principales interesados



Herramientas



Recursos técnicos y fichas técnicas



Literatura adicional



Recursos de vídeo



Recursos de la página web

Los temas y conceptos clave se destacan en recuadros de color numerados.

Parte 1 -

Conceptos clave



PLANIFICAR EL "CERO RESIDUOS" EN LAS ESCUELAS - UNA CAJA DE HERRAMIENTAS

Cero Residuos en la escuela

El concepto de Cero Residuos es un planteamiento basado en dos principios clave:

- **Jerarquía de la gestión de los residuos**, ya que su objetivo es reducir la cantidad de residuos producidos y enviados a disposición final (ver el Recuadro 1);
- **Principio de economía circular**, ya que pretende cerrar los círculos de materiales y recursos lo más cerca posible de la fuente de producción (ver el Recuadro 2);

Aplicado a nivel escolar, un enfoque de Cero Residuos permitirá así planificar y aplicar estrategias eficientes para reducir, reutilizar, reciclar y valorizar los residuos, al tiempo que se sensibiliza y se fomentan las buenas prácticas de los miembros de la comunidad escolar; se dirige al aprendizaje, la aplicación y la práctica, de modo que los alumnos se conviertan en agentes del cambio y embajadores de un comportamiento sostenible y de un mundo más limpio en el marco de una economía circular.

La figura 2 representa visualmente el concepto de Cero Residuos, en el que todos los materiales y sustancias generados dentro de los centros escolares, como los residuos sólidos, el agua, las aguas residuales, las aguas grises o los lodos fecales, se reutilizan, y los materiales que salen del centro escolar se reducen al mínimo, al tiempo que todo ello se integra en un componente de educación ambiental.



Figura 2: Enfoque Cero Residuos - Resumen esquemático

Recuadro 1: Jerarquía de gestión de residuos

La jerarquía de gestión de residuos establece un orden de prioridades generalizado para las opciones de gestión de residuos y los enfoques técnicos. La máxima prioridad debe establecerse en la prevención de los residuos y, a continuación, "fomentar las opciones de tratamiento que ofrezcan el mejor resultado medioambiental global, teniendo en cuenta el concepto de ciclo de vida" [5].

Aplicando este concepto a nivel escolar, esto se traduce en políticas escolares innovadoras en relación con el uso y consumo de materiales en la escuela (por ejemplo, limitando/prohibiendo el uso de artículos de un solo uso, reduciendo el desperdicio de alimentos, etc.), asegurándose de poner fin a las prácticas perjudiciales para el medio ambiente (por ejemplo, dejar de tirar o quemar al aire libre, dejar el uso de botaderos a cielo abierto, etc.), al tiempo que se fomentan las prácticas de reciclaje.



Figura 3: Jerarquía de gestión de residuos [5]



Wilson, D.C., 2015. *Global Waste Management Outlook* [5].

Recuadro 2: Principio de economía circular

Desde la revolución industrial, nuestras economías han seguido un crecimiento lineal en el uso de los recursos naturales, consistente en tomar - hacer - usar - desechar, basado en la falsa premisa de que los recursos están infinitamente disponibles y accesibles. El sistema terrestre no puede sostener este modelo: las fuentes de materiales son limitadas y la resistencia de los ecosistemas terrestres es limitada debido a la degradación de los hábitats y a la contaminación por diversas sustancias químicas peligrosas.

La naturaleza, por su parte, sigue una lógica circular, en la que cada elemento producido/ creado sirve al siguiente. La economía circular prevé un sistema similar, en el que, tras las etapas de fabricación y uso, los materiales se recuperan y se transfieren a un nuevo ciclo de producción y uso.

La aplicación de este concepto a nivel escolar pondría de relieve la necesidad de gestionar los residuos como recursos y de potenciar las actividades de reciclaje dentro y fuera de la escuela.

DIAGRAMA DEL SISTEMA DE ECONOMÍA CIRCULAR

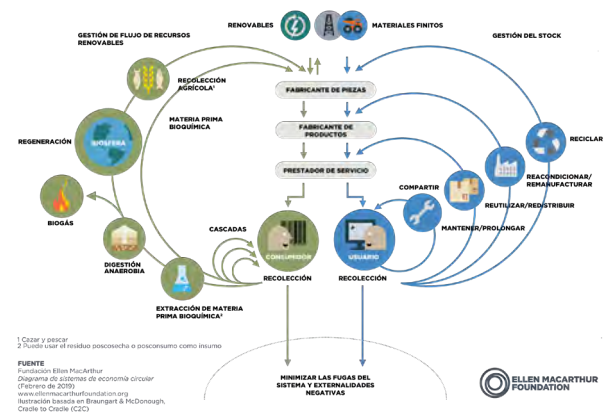


Figura 4: Principio de economía circular [3]



Fundación Ellen MacArthur (2013) [3]



Youtube video – [Explaining Circular Economy and How Society Can Re-Think Progress](#) (Fondation Ellen MacArthur)



Fundación [Ellen MacArthur](#)

Planificación estratégica - Decisiones basadas en datos y enfoques participativos

Esta caja de herramientas sigue el principio de las decisiones basadas en datos y los enfoques participativos, que son dos fundamentos de la planificación estratégica. Su estructura se inspira en el enfoque de planificación participativa CLUES [13] y en los siete pasos del Plan Estratégico Urbano mencionados en el curso en línea de ONU-Hábitat “De los datos al impacto tangible: Consecución de los ODS sobre residuos para 2030” [4].

La planificación estratégica sirve para mejorar la eficiencia y eficacia de los servicios adoptando una visión más amplia y abordando los problemas en función de la fijación de prioridades. Los planes suelen ser mejores si se basan en evidencia, es decir, si se han utilizado datos para tomar decisiones. Un enfoque estructurado, paso a paso, permite comprender la situación actual, generar datos e información clave y planificar opciones de mejora en consecuencia.

Garantizar la participación de las partes interesadas a lo largo de todo el proceso de planificación estratégica garantiza que la planificación refleje las prioridades y los intereses de las partes interesadas, además de generar confianza y apropiación, lo que a su vez fomenta su compromiso, papel y responsabilidad a la hora de traducir la planificación en acciones.

Los principios de toma de decisiones y participación basados en la evidencia ya están bien establecidos en la planificación del saneamiento y la gestión de residuos sólidos y se adaptaron al contexto escolar en la presente caja de herramientas.

Recuadro 3: Pasos de la planificación - Hacia un programa Cero Residuos en las escuelas (adaptado de [4])

Los pasos de planificación sugeridos en esta caja de herramientas son:

- 1) Movilizar ->** Reunir a su equipo, acordar los principios y el proceso, confirmar el compromiso de la escuela, identificar a las partes interesadas ;
- 2) Línea de base ->** Establecer una línea de base sobre la situación actual, identificar los problemas clave y validar la línea de base;
- 3) Prioridades y principios de planificación ->** Acordar el orden de prioridad de los principios, fijar objetivos y metas, identificar prioridades basadas en problemas clave;
- 4) Identificar y evaluar opciones ->** Identificar y evaluar opciones, debatir y acordar opciones, revisar objetivos y metas;
- 5) Desarrollar un Plan de Acción ->** Desarrollar un Plan de Acción, determinar funciones, responsabilidades y fijar objetivos;
- 6) Aplicar el Plan de Acción ->** Iniciar el proceso de aplicación, comunicar las prioridades, objetivos y metas a todas las partes interesadas;
- 7) Supervisar y evaluar ->** Supervisar y evaluar los progresos realizados en relación con los objetivos fijados, identificar las oportunidades de mejora y actualizar el Plan de Acción en consecuencia.

Durante cada uno de estos pasos, implicar a las partes interesadas es una tarea de alta prioridad.



Lüthi et al., 2011. Community-Led Urban Environmental Sanitation Planning: CLUES [13]



Wilson et al., 2001. Strategic Planning Guide for Municipal Solid Waste Management [14]



Online course – [From Data to Tangible Impact: Achieving Waste SDGs by 2030](#) (UN-Habitat) [4]

Cambio de comportamiento

La mayoría de las mejoras en la gestión de residuos sólidos requieren un cambio de prácticas por parte de los diferentes actores: los generadores de residuos, que deben dejar de tirar basura, empezar a segregar los residuos en origen o utilizar un servicio de recolección, y también los gestores de residuos, que deben aumentar la eficiencia del servicio prestado, o la autoridad local, que debe priorizar los problemas de gestión de residuos y asignar suficientes recursos humanos y financieros a las mejoras en la gestión de residuos. Sin embargo, es importante recordar que, aunque pueda parecer trivial sobre el papel, pedir que se cambien las prácticas actuales es pedir un cambio de comportamiento.

Existen varios métodos para incitar y promover el cambio de comportamiento. Más que promover un método u otro, esta guía pretende concienciar sobre la multitud de factores que afectan al comportamiento y al cambio de comportamiento. El enfoque RANAS de Cambio Sistemático de Conducta desarrollado en el Eawag (ver Recuadro 4) ayuda a entender mejor los posibles factores que dirigen el comportamiento.

Recuadro 4: Factores determinantes del comportamiento según el enfoque RANAS

Los factores determinantes del comportamiento RANAS (sigla en inglés para Risk, Attitude, Ability, Norm y Self-regulation) son [15]:

- **Riesgo:** Conocimiento y concienciación de la persona sobre el riesgo para la salud
- **Actitud:** Postura positiva o negativa de una persona ante un comportamiento
- **Normas:** Presión social percibida hacia un comportamiento
- **Habilidad:** Confianza de la persona en su capacidad para practicar una conducta
- **Autorregulación:** Intentos de la persona de planificar y autocontrolar una conducta y de gestionar objetivos contradictorios y señales de distracción

Se pueden utilizar diferentes técnicas de cambio de comportamiento para activar específicamente el factor en cuestión. Los factores RANAS y las técnicas de cambio de comportamiento relacionadas se presentan en la Figura 6.

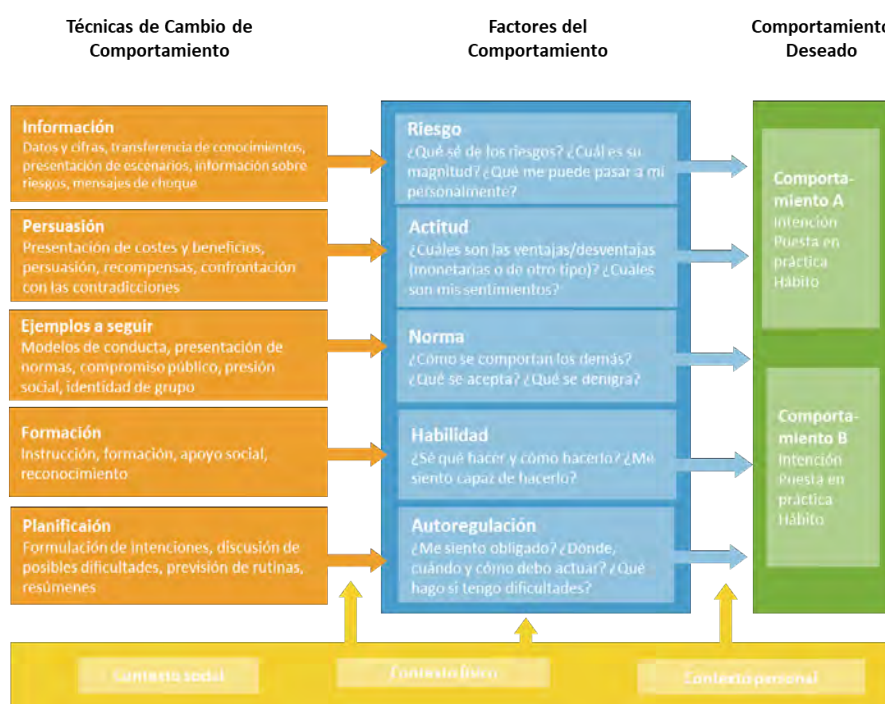


Figura 6: Factores directores del cambio de comportamiento (RANAS, [16])

Aunque las intervenciones típicas de cambio de comportamiento relacionadas con la gestión de residuos sólidos suelen centrarse en el factor de Riesgo (proporcionando información sobre por qué realizar un determinado comportamiento es bueno o malo para el medio ambiente), es importante darse cuenta de que las técnicas alternativas e innovadoras de cambio de comportamiento, que se centran en otros factores que dirigen el comportamiento, podrían ser más eficaces.

Si el tiempo y los recursos lo permiten, se recomienda investigar los factores de comportamiento claves antes de poner en marcha una intervención para el cambio de comportamiento, de modo que se pudiera realizar una campaña específica. Para más información sobre RANAS, consulte los recursos que se enumeran a continuación.

-  Mosler Contzen, 2016. *Systematic behavior change in water, sanitation and hygiene. A practical guide using the RANAS approach* [15]
-  Cavin, 2017. *Behavior Change Manual* [17]
-  Ranamosler.com
-  MOOC module – [Triggering Community Participation with the RANAS approach](#) (Eawag/Sandec)

Aprender haciendo - Educación para el Desarrollo Sostenible

Como se menciona en la introducción, esta caja de herramientas está en consonancia con el principio de la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) de la UNESCO, que se entiende comúnmente como “la educación que fomenta cambios en los conocimientos, las aptitudes, los valores y las actitudes para posibilitar una sociedad más sostenible y justa para todos.” [12].

Como tal, la EDS es reconocida por la UNESCO en el corazón de la agenda 2030 para el desarrollo sostenible. Según la UNESCO, las escuelas deben “verse a sí mismas como lugares de aprendizaje experimental para el desarrollo sostenible” y la “propia institución [debe] funcionar como modelo para los alumnos.” [1]. Siguiendo el lema “vivir lo que se aprende”, la UNESCO promueve el denominado “enfoque institucional integral” (ver la Figura 7), en el que la gobernanza, la política y el desarrollo de capacidades, junto con la comunidad, la asociación y las relaciones, el plan de estudios, la enseñanza y el aprendizaje y las instalaciones y el funcionamiento de la escuela convergen hacia el desarrollo sostenible. Los elementos clave del “enfoque institucional integral” se resumen en el Recuadro 5.

Según la UNESCO, la EDS consiste en “capacitar y motivar a los alumnos para que sean más activos y críticos” y, como tal, se requiere una pedagogía transformadora orientada a la acción. Los enfoques pedagógicos clave de la EDS que promueven el “aprender haciendo” se resumen en el Recuadro 6.

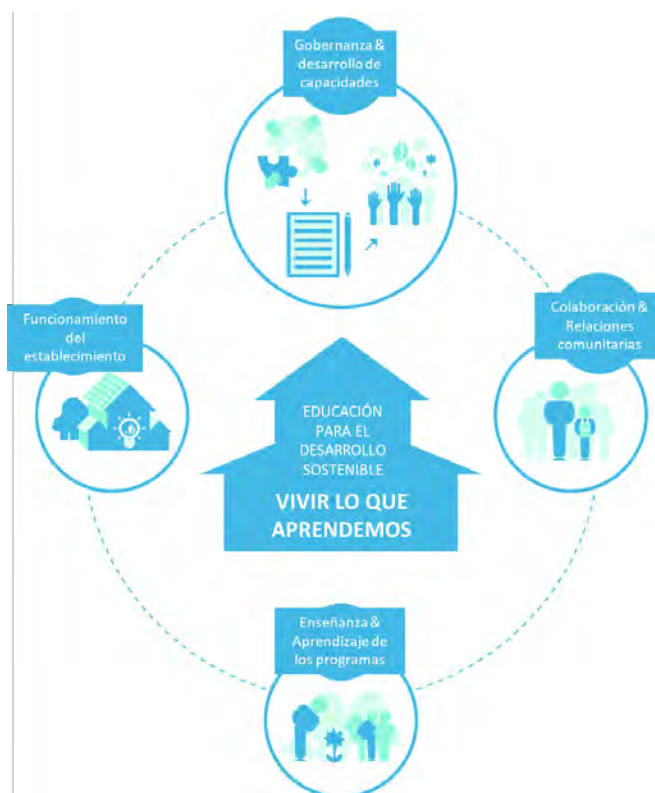


Figura 7: El enfoque institucional integral [1]

Recuadro 5: Elementos clave del enfoque institucional integral [12]

1. Se organiza un proceso institucional que permita a todas las partes interesadas -directivos, docentes, alumnos, administración- elaborar conjuntamente una visión y un plan para aplicar la EDS en toda la institución.
2. Se proporciona apoyo técnico y, cuando es posible y apropiado, financiero a la institución para apoyar su reorientación. Esto puede incluir el suministro de ejemplos de buenas prácticas pertinentes, formación para el liderazgo y la administración, el desarrollo de directrices, así como la investigación asociada.
3. Se movilizan y potencian las redes interinstitucionales pertinentes existentes para facilitar el apoyo mutuo, como el aprendizaje entre iguales sobre un enfoque de toda la institución, y aumentar la visibilidad del enfoque para promoverlo como modelo de adaptación.

Recuadro 6: Enfoques pedagógicos clave de la EDS [12]

Un enfoque centrado en el alumno

La pedagogía centrada en el alumno considera a los estudiantes como aprendices autónomos y hace hincapié en el desarrollo activo del conocimiento en lugar de su mera transferencia y/o experiencias pasivas de aprendizaje. Los conocimientos previos de los alumnos, así como sus experiencias en el contexto social, son los puntos de partida para estimular procesos de aprendizaje en los que los alumnos construyen su propia base de conocimientos. Los enfoques centrados en el alumno exigen que éste reflexione sobre sus propios conocimientos y procesos de aprendizaje para poder gestionarlos y controlarlos. Los educadores deben estimular y apoyar esas reflexiones. Los enfoques centrados en el alumno cambian el papel del educador, que pasa de ser un experto que transfiere conocimientos estructurados a ser un facilitador de los procesos de aprendizaje [18].

Aprendizaje orientado a la acción

En el aprendizaje orientado a la acción, los alumnos pasan a la acción y reflexionan sobre sus experiencias en relación con el proceso de aprendizaje previsto y el desarrollo personal. La experiencia puede provenir de un proyecto (por ejemplo, aprendizaje en el puesto de trabajo), unas prácticas, la facilitación de un taller, la puesta en marcha de una campaña, etc. El aprendizaje en la acción se basa en el ciclo de aprendizaje experimental de Kolb, que consta de las siguientes etapas: (i) tener una experiencia concreta, (ii) observación y reflexión, (iii) formación de conceptos abstractos para la generalización y (iv) aplicación en situaciones nuevas [19]. El aprendizaje en la acción aumenta la adquisición de conocimientos, el desarrollo de competencias y la clarificación de valores al vincular conceptos más bien abstractos con la experiencia personal y la vida de los alumnos. El papel del educador consiste en crear un entorno de aprendizaje que propicie las experiencias y los procesos de pensamiento reflexivo de los alumnos.

Aprendizaje transformador

El aprendizaje transformador puede definirse principalmente por sus objetivos y principios, no por una estrategia concreta de enseñanza o aprendizaje. Su objetivo es capacitar a los alumnos para que cuestionen y cambien su forma de ver y pensar el mundo, con el fin de desarrollar su comprensión del mismo. [20, 21]. El educador actúa como un facilitador que capacita y reta a los alumnos a cambiar su visión del mundo. El concepto relacionado de aprendizaje transgresor [22] va un paso más allá: afirma que el aprendizaje en la EDS tiene que superar el statu quo y preparar al educando para el pensamiento disruptivo y la cocreación de nuevos conocimientos.



UNESCO, 2014. *Shaping the Future We Want* [1]



UNESCO, 2018. *Issues and trends in Education for Sustainable Development* [12]

Gestión Integrada y Sostenible de los Residuos (GISR)

El marco de Gestión Integrada y Sostenible de Residuos (GISR) es un marco que ayuda a visualizar y comprender todos los elementos importantes para una gestión sostenible e integrada de los residuos sólidos.

Como se muestra en la figura 8, el marco de GISR se compone de dos elementos principales:

- **Componentes físicos:** Vinculados a la cadena de gestión de residuos, como la generación, recolección, tratamiento y disposición final de los residuos y las 3R de Reducir, Reutilizar, Reciclar, describiendo lo que ocurre con los residuos;
- **Aspectos de gobernanza:** Vinculados al aspecto informático de la gestión de residuos, como la inclusión de las partes interesadas, la sostenibilidad financiera y las instituciones y políticas, abordan cómo se hacen las cosas a nivel de gobernanza.

Tener en cuenta todos estos elementos es clave para que un sistema de gestión de residuos sostenible y próspero disminuya las amenazas para el medio ambiente y la salud.

Saber cómo funciona cada uno de estos elementos o en qué grado están incluidos en la gestión de residuos sólidos puede evaluarse utilizando los “indicadores de referencia Wasteaware” (WABIs, de la sigla en inglés para Waste Aware Benchmark Indicators). Los WABIs comprenden indicadores cuantitativos y cualitativos utilizados para evaluar los componentes físicos y los aspectos de gobernanza de un sistema de gestión de residuos sólidos.

Esta guía adapta los WABIs al entorno escolar. Se pueden encontrar en el Paso 2 (A) y en la herramienta T 2.A2.

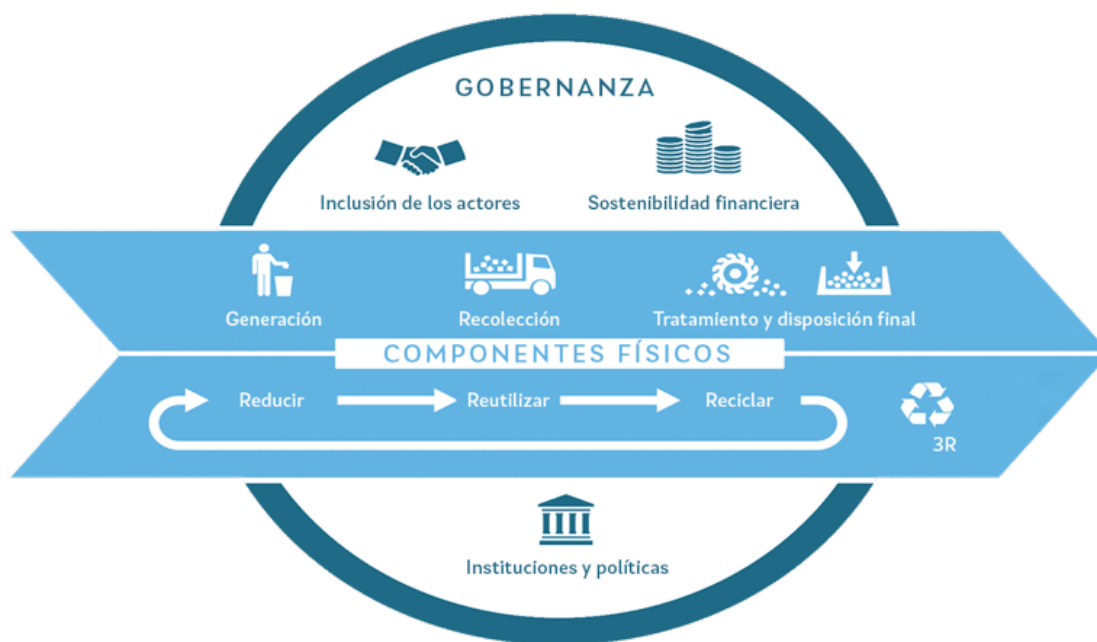


Figura 8: Marco integrado de gestión sostenible de residuos (GISR) (adaptado de [23])



Wilson, et al., 2015 “Wasteaware’ benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities” [24]



MOOC module – [Comparing cities’ performance](#) (Eawag/Sandec)

Parte 2 -

Pasos de la planificación - Hacia una escuela Cero Residuos



Visión general de las 7 etapas

4) Identificar y evaluar opciones

- Identificar y evaluar opciones
- Debatir y acordar las opciones
- Revisar los objetivos y metas

3) Prioridades y principios de planificación

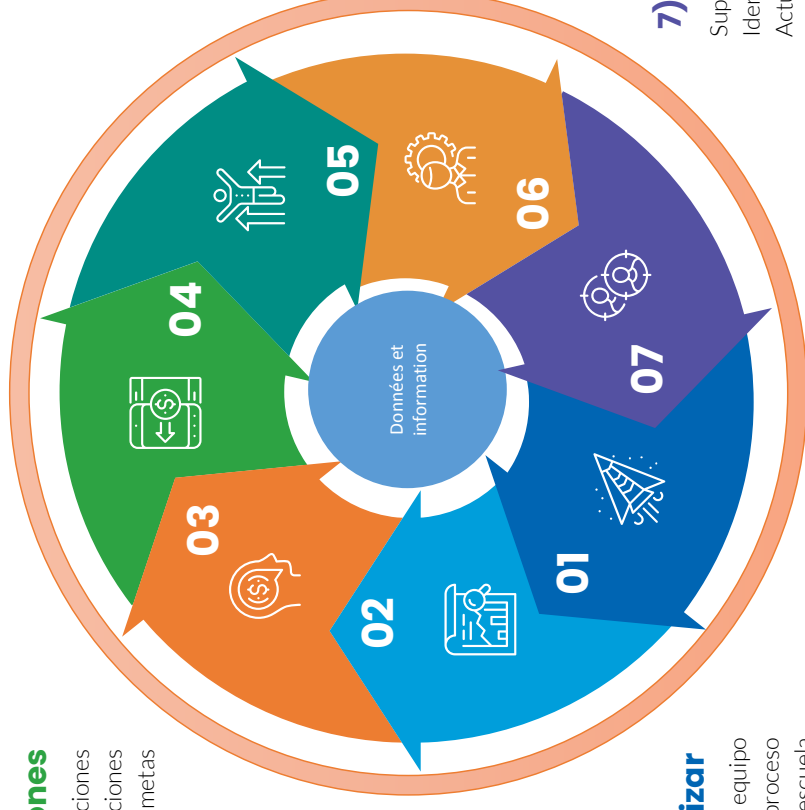
- Acordar el orden de prioridad
- Fijar objetivos y metas
- Determinar las prioridades

2) Línea de base

- Establecer una línea de base
- Identificar los problemas claves
- Validar la línea base

1) Movilizar

- Reunir a su equipo
- Acordar los principios y el proceso
- Confirmar el compromiso de la escuela
- Identificar a las partes interesadas



5) Desarrollar un Plan de Acción

- Desarrollar un Plan de Acción
- Determinar funciones, responsabilidades y objetivos

6) Aplicar le Plan de Acción

- Iniciar el proceso de aplicación del Plan de Acción
- Comunicar las prioridades, objetivos y metas

7) Supervisar y evaluar

- Supervisar y evaluar los progresos
- Identificar oportunidades de mejora
- Actualizar el Plan de Acción en consecuencia

Figura 9. Etapas de planificación - Resumen (adaptado de [4])



Hitos 	Principales interesados 	Herramientas y recursos 
A. Reunir a su equipo B. Acordar principios y procesos C. Confirmar el compromiso de la escuela D. Identificar a las partes interesadas	• Comité Cero Residuos (CGC) • Funcionarios escolares	• T 1.B - Principios y proceso del Cero Residuos • Recursos técnicos sobre GRS

(A) Reunir a su equipo

En primer lugar, reúna a su equipo, que se denominará “Comité Cero Residuos” (CGC) a lo largo de este manual. Para garantizar una mayor aceptación entre la comunidad escolar, recomendamos incluir a una gran variedad de partes interesadas del centro y contar con un representante de cada grupo/ constitución de partes interesadas del centro.

Como el éxito de los proyectos depende a menudo de los “campeones” [25], es importante asegurarse de contar con personas altamente motivadas y comprometidas en el equipo.

Los grupos típicos de interesados en la escuela y los posibles miembros interesados son:

- Docentes (por ejemplo, de ciencias)
- Personal no docente (por ejemplo, personal administrativo, personal de limpieza, personal de cocina)
- Estudiantes (por ejemplo, miembros de clubes ecologistas, representantes de los estudiantes)
- Funcionarios de la escuela (por ejemplo, representante del director)
- Padres de alumnos (por ejemplo, representante de la asociación de padres de alumnos)

El interés y la participación de las partes interesadas de la escuela pueden suscitarse mediante carteles, publicaciones en las redes sociales y concretarse en una reunión inicial.

(B) Acordar los principios y el proceso

Como se presenta en Parte 1 - Conceptos clave, los principios fundamentales en los que se basa el planteamiento de “cero residuos” en las escuelas son:

Jerarquía de residuos, donde la atención se centra en prevenir la generación de residuos en el centro escolar para reducir la cantidad de residuos generados;

Economía circular, cuyo objetivo es cerrar los circuitos de materiales y recursos lo más cerca posible de la fuente de producción para que se puedan reciclar más materiales y recursos dentro y/o fuera de la escuela;

Cambio de comportamiento y aprendizaje mediante la práctica, cuyo objetivo es que toda la comunidad escolar pueda experimentar prácticas sostenibles y que se anime a los alumnos a adoptarlas en su vida cotidiana;

¹ Los campeones se definen como individuos específicos altamente comprometidos, bien vinculados con las otras partes interesadas, por lo general con buena experiencia en el tema y respetados por las otras partes interesadas.25. Zurbrugg, C., Assessment methods for methods for waste management decision-support in developing countries, F.d.I. Università degli Studi die Brescia, Editor. 2013.

Planificación estratégica participativa, cuyo objetivo es implicar a una amplia variedad de partes interesadas de la escuela para elaborar un Plan de Acción hacia Cero Residuos, adaptado al contexto escolar, y que sigue un enfoque estructurado que permite tomar decisiones basadas en datos.

Estos principios deben explicarse al CGC y deben presentarse los principales pasos y actividades del proyecto. Puede utilizar los recursos de T 1.B como material de apoyo.

 T 1.B - Principios y proceso del Cero Residuos

(C) Confirmar el compromiso de la escuela

Para que cualquier proyecto tenga éxito a nivel escolar, es esencial contar con el apoyo político del director de la escuela y el compromiso de ésta, ya que ello permitirá llevar a cabo el proceso sin problemas y acceder a los recursos financieros y humanos de la escuela.

La experiencia ha demostrado que los proyectos gestionados a nivel escolar suelen ser más sostenibles si se recurre a la financiación propia de la escuela, ya que ello indica un mayor compromiso de las partes interesadas de la escuela y la apropiación del proyecto. Además, garantiza que las inversiones sigan siendo razonables para la escuela y no comprometan los beneficios a largo plazo cuando haya que reparar o sustituir las instalaciones o los equipos.

Llevar a cabo una “investigación” y tratar de entender cuáles son los temas clave relacionados con la gestión de residuos sólidos que siente toda la comunidad escolar puede ayudar a aumentar el compromiso de la escuela. Además, puede comprobar si existe alguna estrategia, política u objetivo nacional sobre gestión de residuos sólidos establecido por el Ministerio de Medio Ambiente, o alguna estrategia de educación medioambiental desarrollada por el Ministerio de Educación que pueda apoyar la aplicación del enfoque de Cero Residuos. También puede utilizar los datos y cifras globales sobre gestión de residuos sólidos disponibles en Parte 3 - Recursos técnicos para destacar la importancia de abordar los problemas de los residuos sólidos.

En esta fase se recomienda presentar los recursos de la herramienta T 1.B al director de la escuela, para que se puedan acordar los principios clave y los pasos principales.

 T 1.B - Principios y proceso de residuo cero

 Recursos técnicos Gestión de residuos sólidos - Hechos y cifras

(D) Identificar a las partes interesadas

Junto con el CGC, haga una lista de todos los actores dentro y fuera de la escuela que están vinculados directa o indirectamente con la gestión de residuos sólidos. Esto le permitirá tener más claridad sobre los actores clave a ser incluidos más adelante (ver Paso 2 (A.5)).

Una lista no exhaustiva de las posibles partes interesadas puede encontrarse en el Recuadro 7.

Recuadro 7: Lista de posibles partes interesadas

Generadores de residuos	Gestores de residuos	Otros
— Estudiantes — Docentes — Administración — Personal de cocina	— Personal de limpieza — Personal de cocina — Servicio municipal de recolección (si existe) — Recicladores (in)formales de residuos* (si los hay)	— Funcionarios escolares — Administración escolar — Asociaciones de estudiantes — Padres de alumnos

**Ver Parte 3 - Recursos técnicos Sistema de reciclado existente*



PASO 2. Línea de base

Hitos 	Principales interesados 	Herramientas y recursos 
A. Establecer una línea de base B. Identificar las cuestiones clave C. Validar la línea de base	CGC en colaboración con: • Generadores de residuos • Personal de limpieza • Funcionarios escolares • Empresa pública/privada de GRS (si existe) + Apoyo externo (en su caso)	• T 2.A1 – Estudio de caracterización • T 2.A2 - WABIs para escuelas • T 2.A3 - Evaluación del agua, saneamiento y energía • T 2.A4 - Revisión del currículo • T 2.A5 - Análisis de las partes interesadas • T 2.B1 - Análisis del árbol de problema

El segundo paso consiste en establecer una línea de base e identificar las cuestiones clave. Es un paso muy importante, la mayoría de las veces pasado por alto, pero crucial para garantizar que se van a tomar decisiones significativas. Si queremos cambiar el sistema, tenemos que entenderlo.

(A) Establecer una línea de base

Establecer una línea de base requerirá tiempo y esfuerzo. Se hará en cinco etapas:

1. Determinación de las cantidades y la composición de los residuos
2. Revisión de las operaciones de gestión de residuos
3. Revisión de las operaciones de agua, saneamiento y energía
4. Revisión de los planes de estudios
5. Análisis de las partes interesadas

A continuación se describen cada una de estas actividades.

A.1) Determinación de las cantidades y la composición de los residuos

Saber cuántos residuos, de qué tipo y dónde se producen es clave para mejorar la gestión de los residuos sólidos. Esto se determinará realizando un estudio de caracterización.

Un estudio de caracterización de los residuos consiste en recoger los residuos diariamente, a lo largo de una semana, y cada día: pesar los residuos, caracterizar los residuos (es decir, separar los residuos recogidos en diferentes fracciones de residuos, pesar cada fracción por separado) e informar de la información recogida en un documento. Al final de la semana, se puede obtener una media de la producción de residuos por día. Utilizando el número de personas del centro escolar, también se puede calcular una media de producción de residuos per cápita.

En función del objetivo que se quiera alcanzar y para qué se quieran utilizar los datos, el estudio de caracterización puede realizarse a distintos niveles (de general a específico):

1. Si sólo desea conocer las cantidades globales y los tipos de residuos generados, puede reunir todos los cubos de basura, pesarlos y caracterizarlos;
2. Si desea proponer acciones concretas para los distintos generadores de residuos, puede agrupar a los generadores de residuos escolares por su actividad y caracterizarlos por separado (por ejemplo, comedor/cocina escolar; aulas; oficinas; etc.);

3. Si quiere crear una “conciencia de grupo” y permitir que se fomente la “competición” dentro de la escuela para motivar a los alumnos a adoptar mejores prácticas de gestión de residuos, puede realizar estudios de caracterización de residuos por aula.
4. Si quieres concienciar a los alumnos sobre su propia generación de residuos, puedes pedirles que metan todos sus residuos en una bolsa específica y pedirles que realicen un estudio de caracterización de residuos basado en sus propios residuos.

El recuadro 8 resume las diferentes opciones mencionadas anteriormente, lo que hay que hacer, así como los pros y los contras de cada una.

La herramienta T 2.A1 explica cómo realizar un estudio de caracterización paso a paso. No olvide tener en cuenta las variaciones estacionales en el tipo y la cantidad de residuos generados.

Recuadro 8: Resumen de las opciones para el estudio de caracterización

Propósito	Qué hacer	Ventajas e inconvenientes
1) Cantidades generales - Para diseñar la infraestructura (centro de compostaje, contenedores, vertedero, etc.)	Recoger todos los los contenedores de basura, pesar y caracterizar los residuos en diferentes fracciones.	⊕ Requiere menos logística ⊖ No des información sobre la fuente de generación
2) Agrupación por fuente de generación - Plantear acciones concretas a realizar en diferentes lugares de la escuela.	Recoger todos los residuos de la misma fuente de generación (por ejemplo, aulas, oficinas administrativas, cafetería, etc.), pesarlos y caracterizarlos en diferentes fracciones para cada fuente de generación por separado.	⊕ Permite planificar acciones específicas para cada fuente de generación de residuos escolares ⊖ Requiere un poco de logística
3) Agrupación por aulas - Crear “conciencia de grupo” y hacer una “competición” dentro de la escuela para motivar a las aulas a realizar esfuerzos colectivos para reducir la generación de residuos.	Recoger los residuos de cada aula por separado, pesarlos y caracterizarlos en diferentes fracciones para cada aula por separado.	⊕ Motiva los esfuerzos colectivos de cada aula ⊖ Requiere más logística y apoyo de cada aula
4) Cantidades por alumno - Concienciar a los alumnos sobre su propia generación de residuos.	Pedir a cada alumno que meta todos sus residuos en una bolsa específica y, a continuación, pedirles que realicen el estudio de caracterización de residuos.	⊕ Sensibilizar a los estudiantes a nivel individual ⊖ Menos relevante para planificar acciones concretas a nivel escolar

Recomendamos la Opción 2 si desea desarrollar un Plan de Acción específico para cada fuente de generación de residuos. Las opciones 3 y 4 pueden ser utilizadas por los docentes con fines didácticos y de sensibilización.

 T 2.A1 – Estudio de caracterización

Recursos adicionales:

-  UN-Habitat, 2021. *Waste Wise Cities Tool (Step 2)* [4]
-  Wasteaid, 2017. *Making waste work: A toolkit – How to measure your waste* [26]
-  MOOC module – [Conducting a Waste Generation and Characterization Study](#) (Eawag/Sandec)

A.2) Revisión de las operaciones de gestión de residuos

La planificación hacia una escuela con cero residuos requiere un buen conocimiento del sistema actual de gestión de residuos sólidos, sus componentes físicos y los aspectos de gobernanza (ver Parte 1 - Conceptos clave).

Para ayudarle a evaluar todos los aspectos relevantes del sistema de gestión de residuos, hemos adaptado a los centros escolares los indicadores de referencia Wasteaware (WABIs), un conjunto de indicadores desarrollados por expertos para comparar los servicios de gestión de residuos de distintas ciudades de todo el mundo. Utiliza un conjunto de indicadores cuantitativos y cualitativos que cubren los aspectos de:

- **Recolección de residuos** - Porcentaje de residuos recogidos y calidad de la recolección de residuos
- **Tratamiento y disposición final de residuos** - Porcentaje de residuos tratados y depositados in situ y calidad de la protección medioambiental de los métodos de tratamiento y disposición final.
- **Gestión de recursos** - Índices de reciclaje y calidad de las 3R - Reducir, Reutilizar, Reciclar
- **Inclusión de las partes interesadas** - ¿Hasta qué punto participan las partes interesadas en la gestión del agua?
- **Sostenibilidad financiera** - ¿Hasta qué punto la GRS es sostenible financieramente?
- **Instituciones y políticas sólidas** - Capacidad institucional escolar para una gestión adecuada de los residuos sólidos

La lista completa de indicadores figura en Recuadro 9.

Puede recopilar la información mediante observación, estimación y entrevistas. Cada indicador se puntúa en una escala de 1 a 5, de muy bajo a muy alto. Mediante un sistema de colores en forma de “semáforo”, permite visualizar dónde se necesitan mejoras. En la página .

En la herramienta T 2.A2 se ofrecen directrices sobre cómo evaluar y puntuar cada indicador.

Recuadro 9: Indicadores de referencia de Wasteaware [24] adaptado para un centro escolar

#	Nombre del indicador	Descripción
1C	Colección	
1.1	Residuos capturados por el sistema de gestión de residuos sólidos (%)	Porcentaje de residuos generados en la escuela que son realmente tratados por el sistema de gestión y reciclaje de residuos, y no se “pierden” a través de la quema ilegal (“salvaje”), el enterramiento o el vertido en zonas no oficiales.
1C	Calidad de la recolección de residuos	
1C.1	Aspecto de los puntos de recolección de residuos	Presencia de residuos acumulados alrededor de los puntos de recogida/contenedores. Se centra en lugares donde se recogen grandes cantidades de residuos (por ejemplo, contenedores o puntos de recolección donde se reúnen todos los residuos del centro escolar).
1C.2	Aspecto de los contenedores	Presencia de basura y de contenedores desbordados.
1C.3	Eficacia del barrido	Presencia de basura dentro del entorno escolar
1C.4	Regularidad del servicio de recolección y seguimiento	Presencia de pruebas documentales de planificación de servicios, prestación de servicios, procedimientos y herramientas de supervisión adecuados.

#	Nombre del indicador	Descripción
1C.5	Salud y seguridad de los trabajadores de la recolección	Utilización de equipos de protección individual adecuados y procedimientos de apoyo
2E	Tratamiento y disposición final de residuos in situ	
2.1	Cantidad de residuos gestionados in situ (%)	Porcentaje de residuos gestionados en el centro escolar y no entregados al exterior para su posterior disposición final.
2.2	Cantidad de residuos quemados en el centro escolar (%)	Porcentaje de residuos quemados en el centro escolar.
2.3	Tratamiento o disposición final controlado (%)	De los residuos gestionados in situ, porcentaje gestionado de forma controlada
2E	Calidad de la protección medioambiental del tratamiento y la disposición final de residuos	
2E.1	Control de la disposición final de residuos in situ	Evaluación del grado de control de la operación de recepción y de la disposición final de residuos
2E.2	Control del tratamiento de los residuos orgánicos (compostaje o digestión anaerobia)	Evaluación del grado de control sobre el tratamiento de residuos orgánicos en términos de infraestructura y procedimientos operativos para su uso adecuado.
2E.3	Conocimientos técnicos de la persona responsable	Evaluación del nivel de competencia técnica de la persona responsable del tratamiento y la disposición final de residuos.
2E.4	Salud y seguridad en el trabajo	Utilización de equipos de protección individual adecuados y procedimientos de apoyo
3R	Gestión de recursos - 3R	
3	Tasa de reciclaje (%)	Porcentaje del total de residuos sólidos generados en la escuela que se recicla (dentro o fuera de las instalaciones)
3R	Calidad de la gestión de los recursos	
3R.1	Separación en origen de los residuos	Evaluación de la cantidad total de residuos que se separa en origen y de la calidad de esa separación.
3R.2	Las 3 erres en la política escolar y los planes de estudio	Evaluación del grado en que la política escolar y el enfoque pedagógico promueven las "3R".
3R.3	Integración del sector informal del reciclaje (IRS)	Evaluación de la integración del IRS en la gestión de residuos escolares.
3R.4	Salud y seguridad en el trabajo en la clasificación de residuos	Utilización de equipos de protección individual adecuados y procedimientos de apoyo

#	Nombre del indicador	Descripción
4U	Inclusión de las partes interesadas en la escuela	
4U.1	Nivel de participación	Pruebas de la participación real en las fases adecuadas del proceso de toma de decisiones, planificación y aplicación de la GRS.
4U.2	Mecanismos de retroalimentación	Existencia y uso de mecanismos de retroalimentación sobre los servicios de GRS.
4U.3	Educación y sensibilización	Implantación de programas educativos y/o de sensibilización integrales y culturalmente apropiados.
4U.4	Comportamiento en la gestión de residuos	Evaluación de buenas prácticas de gestión de residuos sólidos, como: no tirar basura, aplicar los principios de las 3R, separación de residuos en origen.
5F	Sostenibilidad financiera	
5F.1	Contabilidad de costes	Grado en que las cuentas de gestión de residuos sólidos reflejan fielmente los costes de prestación del servicio.
5F.2	Planificación del capital necesario para la inversión	Ampliar las inversiones de capital disponibles para adquirir las infraestructuras necesarias.
6L	Capacidad institucional de las escuelas para una gestión adecuada de los residuos sólidos	
6L.1	Estructura organizativa	Responsabilidad de la dirección
6L.2	Capacidad institucional	Capacidad y conocimientos institucionales
6L.3	Estrategia y plan de GRS en las escuelas	Estrategia o plan reciente establecido y aplicado en la escuela para la gestión de residuos sólidos.
6L.4	Datos de GRS	Disponibilidad y calidad de los datos de GRS

T 2.A2 - WABIs para escuelas

 Wilson, et al., 2015 “Wasteaware’ benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities” [24]

A.3) Revisión de las operaciones de agua, saneamiento y energía

Avanzar hacia una escuela con cero residuos va más allá de la mera gestión de residuos. Para cerrar el círculo de todos los recursos y materiales, también debe evaluar el suministro de agua, el saneamiento y el sistema energético (fuentes y consumo) de la escuela. Esto ayudará a identificar posibilidades de mejora y mostrará sinergias potenciales en relación con las opciones de valorización de materiales.

Los principales datos de interés de cada uno de estos elementos se resumen en Recuadro 10².

² Obsérvese que la evaluación que aquí se ofrece se centra en los flujos de material y recursos, pero no aborda los aspectos relacionados con el agua, el saneamiento y la higiene (WASH) que deben tenerse en cuenta en un entorno escolar para cumplir las normas mínimas de la OMS. Para una evaluación exhaustiva de WASH a nivel escolar, se puede utilizar la Herramienta de Evaluación de Instalaciones para WASH en Instituciones (FACET, por sus siglas en inglés). FACET se desarrolló con el apoyo del Programa Conjunto UNICEF/OMS de Monitoreo del Abastecimiento de Agua, el Saneamiento y la Higiene (JMP). Más información sobre FACET en: <https://www.eawag.ch/en/departament/sandec/projects/sesp/facet/>

Recuadro 10: Información necesaria sobre agua, saneamiento y energía

Agua	Saneamiento
– Cuánta agua se consume en la escuela – ¿Cuáles son las principales fuentes de abastecimiento de agua? – ¿El agua potable es siempre accesible o no? – ¿Existe algún tratamiento del agua – ¿Cumple la calidad del agua los valores guía de la OMS en cuanto a presencia de cloro residual, E.Coli, Arsénico, Plomo – ¿Existe algún sistema de almacenamiento de agua y cuál es su grado de mantenimiento? – 3Rs: – ¿Qué esfuerzos se hacen para reducir el consumo de agua – ¿Dónde están los potenciales de reducción de agua – ¿Se recoge el agua de lluvia? – ¿Podría aprovecharse el agua de lluvia para sustituir alguna fuente de agua?	– ¿Qué tipo de inodoro se utiliza – ¿Cuál es el sistema de recolección y almacenamiento/tratamiento utilizado – ¿Existe algún sistema de tratamiento de aguas residuales en la escuela o está conectada al alcantarillado? – ¿Las aguas grises (aguas residuales de duchas, lavabos, etc.) se mezclan con las aguas negras (de los inodoros)? – ¿Cuántos aseos hay? – ¿En qué estado se encuentran estos aseos? – ¿Funciona correctamente el sistema de saneamiento o hay problemas de olores, desbordamientos, etc.?
Energía	
– Cuánta energía se consume en la escuela – ¿Cuáles son las principales fuentes de electricidad/energía? – ¿La energía está siempre disponible o no? – 3Rs: – ¿Qué esfuerzos se hacen para reducir el consumo de energía – ¿Dónde están los potenciales de reducción del consumo de energía – ¿Cuáles podrían ser las posibles opciones para sustituir la energía por una fuente de energía renovable (por ejemplo, paneles solares, biogás, etc.)	

Los cuestionarios para evaluar los sistemas de agua, saneamiento y energía en los centros escolares figuran en la herramienta T 2.A3 .

T 2.A3 - Evaluación del agua, saneamiento y energía

A.4) Revisión de los planes de estudios

El enfoque Cero Residuos en las escuelas se centra en el aprendizaje, la aplicación y la práctica, de modo que los alumnos puedan experimentar estrategias para reducir, reutilizar, reciclar y valorizar los residuos dentro y fuera de las aulas. Para que las cuestiones de gestión de residuos sólidos se aborden eficazmente en las escuelas, es importante que la gestión de residuos sólidos se considere un tema de gran importancia para la comunidad escolar y que existan estrategias educativas para orientar a los docentes sobre cómo abordar estas cuestiones. La educación sobre la gestión sostenible de los recursos hídricos abarca múltiples áreas temáticas y lo ideal sería que se incorporara a diferentes asignaturas de los planes de estudios escolares, más allá de las asignaturas de ciencias. Siguiendo la recomendación de la UNESCO sobre la EDS (ver Parte 1 - Conceptos clave), debería darse preferencia a la enseñanza práctica sobre la teórica.

El recuadro 11 ofrece una visión general de los pasos clave para revisar los planes de estudios. La herramienta T 2.A4 le ofrece directrices sobre cómo evaluar el currículo con más detalle.

Recuadro 11: Evaluación de los planes de estudios

1. **Comprobar las estrategias y políticas nacionales de los ministerios de Educación y de Medio Ambiente** para ver si existe alguna estrategia educativa que pueda apoyar la aplicación del planteamiento de Cero Residuos;
2. **Compruebe los programas escolares actuales** para ver si los temas medioambientales y/o de GRS están cubiertos o no y cómo;
3. **Debatir con los docentes y el director** para ver si hay alguna idea sobre cómo integrar el concepto de Cero Residuos en la enseñanza en el aula y cuáles serían los principales retos que habría que superar para hacerlo.

 T 2.A4 - Revisión del currículo

Un ejemplo interesante de estrategia educativa nacional que orienta a las escuelas sobre cómo abordar la educación ambiental en su enseñanza y funcionamiento se encontró en Perú, tal como se describe en Recuadro 12.

Recuadro 12: Estrategia nacional de educación - *Ejemplo de Perú*

En Perú, desde 2003 se hace hincapié en la educación ambiental (incluida la gestión de los desechos sólidos) con diferentes marcos normativos desarrollados en consecuencia. Uno de ellos es el Plan Nacional de Educación Ambiental (PLANEA, 2016) puesto en marcha por los Ministerios de Ambiente y Educación. Este plan orienta sobre cómo “transversalizar el enfoque ambiental” en las escuelas siguiendo dos componentes principales como se describe en la Tabla 1.

Tabla 1: Resumen del enfoque medioambiental - Perú

Componentes	Especificación	Descripción
Componentes de gestión	Institucional	El enfoque medioambiental debe formar parte del Proyecto Educativo Institucional (PEI), del Plan Anual de Trabajo (PAT) y del Reglamento Interno (RI) dirigidos por el director del centro.
	Pedagógico	El enfoque medioambiental tiene que formar parte del Proyecto Curricular Escolar (PCE) y del Proyecto de Educación Ambiental Integrada (PEAI)
Componentes temáticos	Cambio climático	Mitigación, adaptación y resistencia al cambio climático
	Ecoeficiencia	Biodiversidad, energía, agua, gestión de residuos sólidos, calidad del aire y del suelo, consumo responsable
	Salud	Higiene personal, conservación y limpieza del medio ambiente, nutrición sana, prevención de enfermedades, salud sexual
	Gestión de riesgos y catástrofes	Prevención, adaptación y resiliencia ante las catástrofes naturales.

A.5) Realizar un análisis de las partes interesadas

Identificar a las partes interesadas y comprender sus necesidades y su posición respecto a los cambios en el sistema de GRS ayudará al proceso de planificación. Esto se puede hacer mediante el mapeo del impacto, la influencia, la prioridad, la contribución, la oposición y las opciones de compromiso de las partes interesadas en una denominada matriz de partes interesadas (ver Recuadro 13). Como las situaciones y las relaciones evolucionan con el tiempo, se aconseja actualizar la matriz de partes interesadas de vez en cuando.

Recuadro 13: Matriz de las partes interesadas

Papel en la GRS	Impacto	Influencia	Prioridad	Contribución	Oposición	Compromiso
¿En qué fase de la cadena de gestión de residuos sólidos intervienen?	¿Cómo les afectaría un Plan de Acción Cero Residuos?	¿Qué influencia tienen en el éxito de la aplicación?	¿Qué es importante para esta parte interesada?	¿Cómo pueden contribuir al éxito de la implantación de Cero Residuos?	¿Cómo podrían bloquear el éxito de la implantación?	¿Cómo participarán en el desarrollo y la aplicación del Plan de Acción?
[Generación, recolección, transporte, reciclado, disposición final y/o tratamiento].	[bajo - alto]	[bajo - alto]	[Explicación sobre la prioridad]	[Explicación sobre la contribución]	[Explicación sobre un posible bloqueo]	[Explicación sobre cómo debe reforzarse el compromiso].

Adaptado de ONU-Hábitat [4] Módulo 1.3

Grupos típicos de interesados: alumnos, docentes, funcionarios escolares, personal no docente, padres de alumnos, empresa de GRS (si la hay), recicladores de residuos formales/informales (si los hay).

Recursos adicionales:

-  Lüthi et al., 2011. *Community-Led Urban Environmental Sanitation Planning: CLUES, Tool T5* [13]
-  Wilson et al., 2001. *Strategic Planning Guide for Municipal Solid Waste Management, Annex 1.1* [14]
-  JICA, 2019. *Guidebook for Environmental Education on Solid Waste Management in Africa, Chapter 2.2, (2)* [2]
-  Online course – [From Data to Tangible Impact: Achieving Waste SDGs by 2030](#), Module 1.3 (UN-Habitat) [4]

(B) Identificar los problemas claves

Comprender cuáles son los problemas fundamentales que hay que resolver es siempre una tarea ardua. Recomendamos reunir a las diferentes partes interesadas de la escuela y analizar los problemas respondiendo a las siguientes preguntas:

- **Quién** - Quiénes son las personas que influyen o se verán influidas por un tema concreto
- **Qué** -Cuál es el problema
- **Cuándo** - Cuándo se produce el problema
- **Dónde** - Dónde se produce el problema
- **Por qué** - ¿Por qué se produce el problema?
- **Cómo** - ¿Cómo se produce el problema?

Recuerde: el proceso de facilitar y lograr la participación de las distintas partes interesadas para obtener un resultado es tan importante como el propio resultado.

B.1) Análisis del árbol de problemas

Una herramienta útil para estructurar el problema e identificar qué influye en él, es el llamado “Árbol de problemas” y la relación causa-efecto (ver Recuadro 14).

Recuadro 14: Análisis del árbol de problemas

El análisis del árbol de problemas, también llamado análisis situacional o análisis de problemas, es un método para “identificar y comprender los principales problemas en torno a una situación local específica y visualizar las relaciones causa-efecto en un árbol de problemas” [13]. Ayuda a definir de forma esquemática el núcleo del problema y las causas y efectos relacionados.

Las diferentes partes del árbol simbolizan los siguientes elementos (ver Figura 10):

- Tronco: Problema central
- Raíces: Causas
- Ramas: Consecuencias, efectos

Para cada causa (raíz) del problema es importante intentar desglosar el problema hasta su raíz. Pregúntese siempre ¿Por qué tenemos este problema?

Recuerde que puede haber muchas causas para un problema concreto.

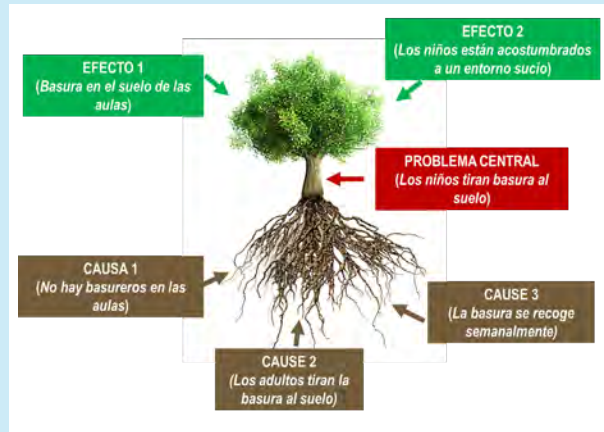


Figura 10: Ejemplos de árbol de problemas para la escuela primaria [2]

T 2.B1 - Análisis del árbol de problemas

Recursos adicionales:

Lüthi et al., 2011. *Community-Led Urban Environmental Sanitation Planning: CLUES, Tool T8* [13]

JICA, 2019. *Guidebook for Environmental Education on Solid Waste Management in Africa, Chapter 2.2, (2)* [2]

(C) Validar la línea de base

Una vez finalizada la evaluación de referencia e identificados los principales problemas, deberá presentar los resultados a todas las partes interesadas de la escuela. Esto le ayudará a validar los datos y la información recopilados, así como a garantizar que se tienen en cuenta los problemas clave a los que se enfrentan las distintas partes interesadas de la escuela. Esto puede hacerse mediante un taller de validación.

C.1) Organizar un taller de validación

Un taller de validación es la premisa del desarrollo del Plan de Acción. Su objetivo es [4]:

- Comprometerse con todas las partes interesadas para asegurarles que han sido y son escuchadas, generar confianza y seguridad.
- Aclarar la terminología y las definiciones
- Informar y presentar la información de referencia a las partes interesadas.
- Debatar y resolver las cuestiones “candentes” de desacuerdo en relación con los datos de referencia.
- Validación de los datos y cifras de referencia
- Validación de la identificación de problemas y prioridades en la línea de base
- Inicio de un primer debate sobre prioridades y principios de planificación
- Determinar y acordar con las partes interesadas los próximos pasos en el proceso de planificación y programación.

Para este tipo de talleres, es importante preparar con suficiente antelación el orden del día y el contenido técnico correspondiente. Intente también, en la medida de lo posible, utilizar herramientas de visualización para comunicar sus resultados (ver el Recuadro 15).

Recuadro 15: Visualización de datos

Una evaluación siempre genera muchos datos. Sin embargo, existen herramientas para visualizarlos y ayudarlo a transformarlos en información valiosa.

La forma de presentar los datos depende de:

- **Quién es su público**, ya que el estilo de presentación y los elementos visuales deben ser nítidos, claros y adaptados a las necesidades de su público.
- **Qué información desea destacar**, ya que existen diferentes herramientas para transmitir distintos tipos de información.

Entre las muchas herramientas de visualización disponibles, las más útiles para presentar datos relacionados con los residuos son:

Gráficos circulares, de barras y de barras apiladas: Ayudas para representar porcentajes y frecuencias de una respuesta determinada (por ejemplo, composición de los residuos, nivel de satisfacción, etc.)

Diagramas de flujo de materiales y diagrama de Sankey: Ayudas para representar lo que ocurre con los residuos

Sistemas de semáforo: Ayuda a identificar lo que funciona bien y lo que no funciona tan bien.

En la Figura 11, Figura 12 y Figura 13

Recursos adicionales:

 Online course – [From Data to Tangible Impact: Achieving Waste SDGs by 2030](#), Module 5.5 (UN-Habitat) [4]

Figura 11 y Figura 12 muestran ejemplos, visualizando los resultados del estudio de caracterización y evaluaciones del manejo de los residuos realizados en las escuelas. Los diagramas de flujo de masas muestran cómo se gestionan los residuos, utilizando un diagrama de Sankey, en el que el grosor de la línea es proporcional a las cantidades³.

Esta representación de los flujos de masas suele poner de relieve el índice de generación de residuos en el centro escolar a partir de cada fuente, así como el destino de los residuos. El gráfico circular añadido en Figura 12 muestra la composición de los residuos y, por lo tanto, destaca visualmente el potencial de separación de los residuos en la fuente, ya que casi el 60% de los residuos generados son orgánicos o reciclables.

La figura 13 muestra un ejemplo de los resultados del sistema de semáforo WABIs para un colegio ficticio. Este ejemplo muestra un buen sistema de recolección en la escuela, pero un método de disposición final bastante deficiente y una gestión de recursos débil. También destaca el margen de mejora en aspectos de gobernanza como la inclusión de las partes interesadas y la sostenibilidad financiera.

³ Una forma sencilla de crear un gráfico en el que el grosor de las líneas sea proporcional a la cantidad de residuos generados es utilizar Power Point y definir la anchura de la línea de forma proporcional a la cantidad de residuos generados

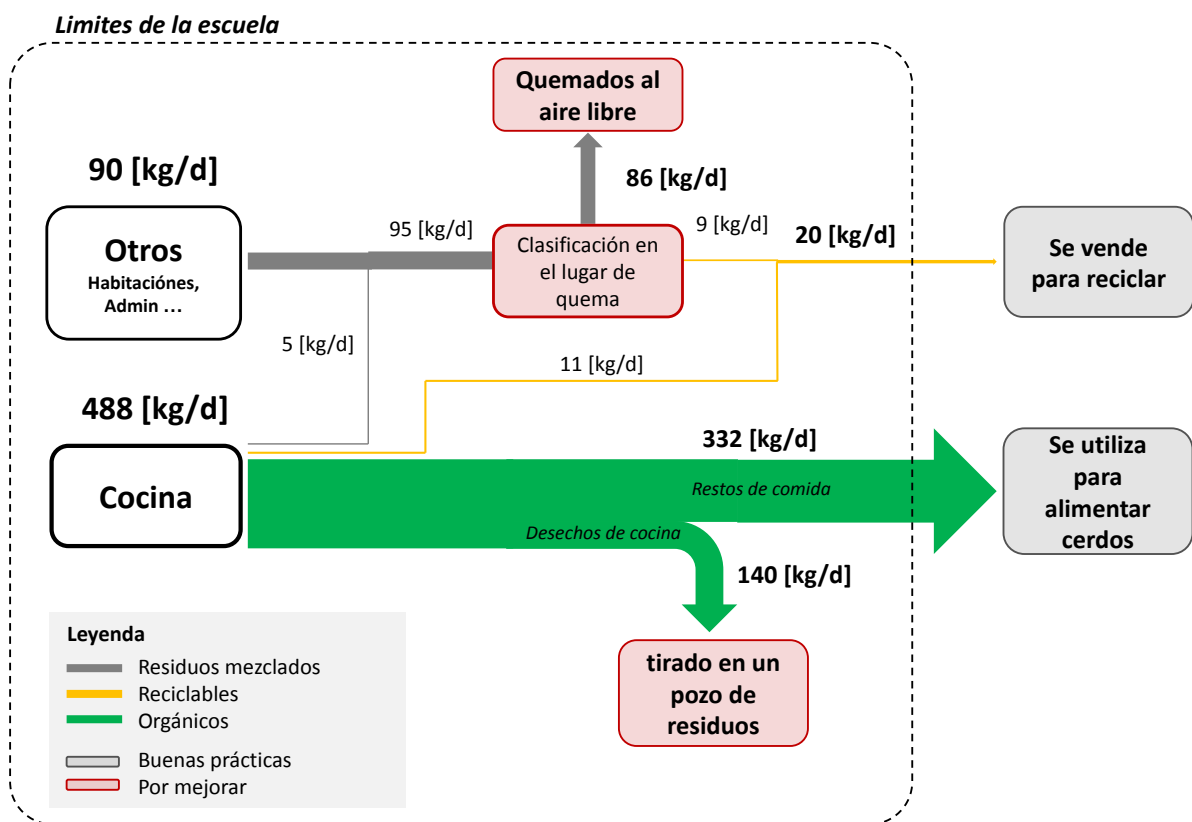


Figura 11: Ejemplo de diagrama de flujo de masas para la visualización del estudio de caracterización de los residuos [7]

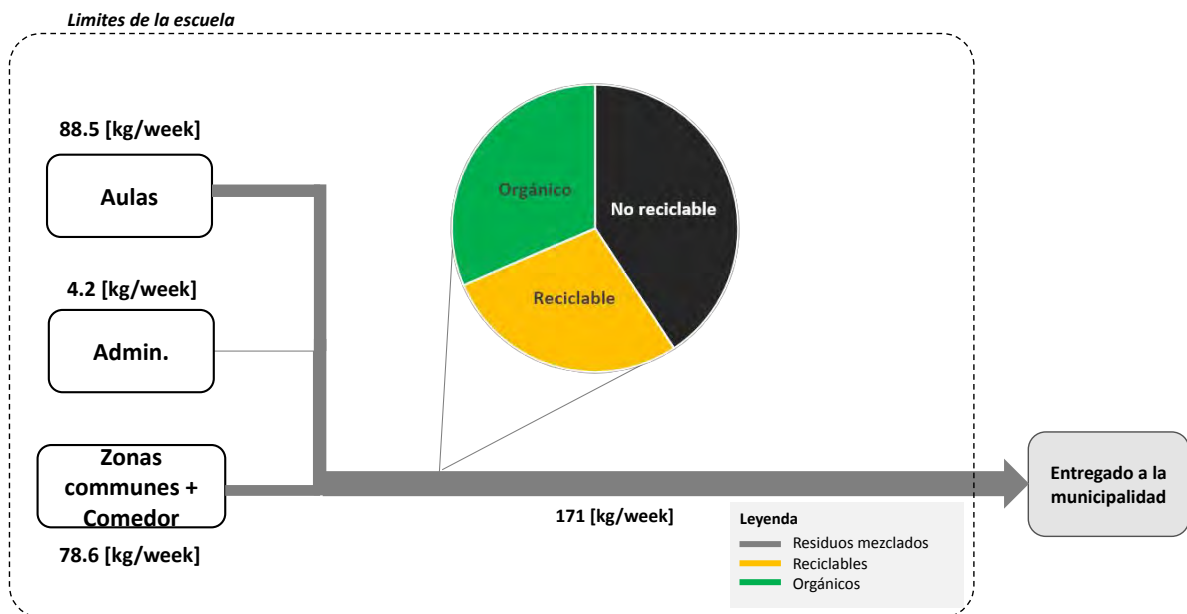


Figura 12: Ejemplo de diagrama de flujo de masas para la visualización del estudio de caracterización de los residuos combinado con un gráfico circular [27]

1. Información general sobre la escuela						
Nombre de la escuela		Escuela feliz				
Municipio, País		Tierra feliz				
Fecha desde la aplicación anterior de los indicadores:				-		
B1	Información general	Tipo de escuela			Internado	
		Comidas servidas o no			4	
B2	Población de la escuela	Población total de la escuela			1,286	
		Estudiantes			1,070	
		Personal (docente y no docente)			216	
B3	Generación de residuos	Generación total de residuos sólidos urbanos (kg/semana)			4,080	
No	Categoría	Datos/ Indicador de referencia		Resultados	Código	Progreso
Datos clave sobre residuos		Datos			-	-
W1	Residuos per cápita	RSU per cápita	kg por semana	3.17	-	-
			kg al día	0.45	-	-
W2	Composición de los residuos:	Composición resumida de los RSU para 3 fracciones clave - todas en % en peso del total de residuos generados			-	-
W2.1	Ecológico	Residuos orgánicos (alimentos y residuos verdes) %.			-	-
W2.2	Papel	Papel			-	-
W2.3	Plásticos	Plásticos			-	-
W2.4	Metales	Metales			-	-
Componentes físicos		Indicador de referencia		-	-	-
1	Salud pública - recolección de residuos	Residuos capturados por el sistema de gestión de residuos sólidos (%)		99		
1C		Calidad del servicio de recolección de basuras		90		
2.1	Control medioambiental: tratamiento y disposición final de residuos	Cantidad de residuos gestionados in situ (%)		40	40	40
2.2		Cantidad de residuos quemados en el centro escolar (%)		14		
2.3		Tratamiento o disposición final controlado (%)		0		
2E		Calidad de la protección medioambiental del tratamiento y la disposición final de residuos		6		
3	Gestión de recursos - Reducir, reutilizar, reciclar	Tasa de reciclaje (%)		60		
3R		Calidad de las 3R - Reducir, reutilizar, reciclar		38		
Factores de gobernanza		Indicador de referencia		-	-	-
4U	Inclusividad	Inclusión de las partes interesadas en la escuela		19		
5F	Sostenibilidad financiera	Sostenibilidad financiera		25		
6L	Instituciones sólidas, políticas proactivas	Coherencia institucional local		38		

Key for color coding:

Bajo: Rojo ; **Bajo/Medio:** Rojo/Naranja ; **Medio:** Naranja ; **Medio/Alto:** Naranja/Verde ; **Alto:** Verde

Figura 13: Ejemplo de resumen de resultados de WABIs



PASO 3. Prioridades y principios de planificación

Hitos	Principales interesados	Herramientas y recursos
A. Acordar las prioridades del Cero Residuos B. Fijar objetivos y metas para lograr Cero Residuos C. Determinar las prioridades de cada grupo	• CGC • Funcionarios escolares	• T 3.C1 - Identificación de prioridades por cluster

El tercer paso del proceso consiste en definir las prioridades y principios de la planificación y en fijar objetivos y metas para alcanzar el objetivo de Cero Residuos.

(A) Acordar el orden de prioridad de Cero Residuos

Una vez validada la línea de base y acordados los temas centrales, podemos empezar a definir el orden de prioridad de Cero Residuos, tal y como se presenta en Recuadro 16.

Recuadro 16: Orden de prioridad Cero Residuos

El objetivo de “cero residuos” en los centros escolares va de la mano de una mejora general de la gestión de los residuos sólidos. Siguiendo la jerarquía de residuos y los principios de la economía circular (ver el Recuadro 1 y Recuadro 2), el orden de prioridad para alcanzar el objetivo de Cero Residuos debería ser el siguiente 1) reducción de residuos, 2) separación de residuos en la fuente, 3) mejora de la recolección de residuos, 4) mejora de la reutilización/reciclaje, 5) mejora de la disposición final de residuos (dentro del centro escolar), teniendo en cuenta al mismo tiempo elementos transversales y subyacentes como la infraestructura necesaria, la participación de las partes interesadas, el cambio de comportamiento y la educación, las políticas institucionales y la sostenibilidad financiera, como se muestra en la Figura 14.

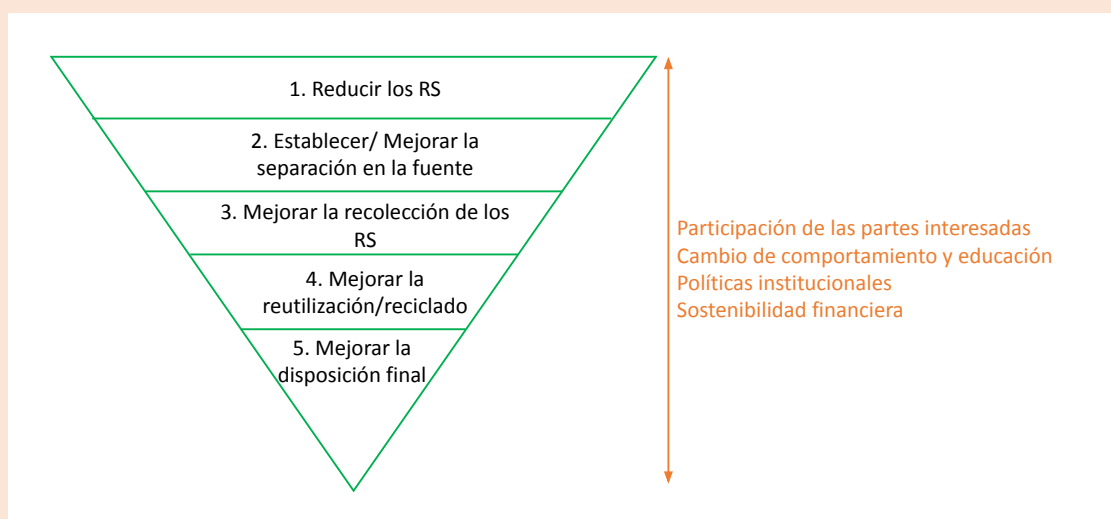


Figura 14: Orden de prioridad Cero Residuos

Basándose en los resultados de la evaluación de referencia y en el análisis del árbol de problemas, este orden de prioridades deberá debatirse, contextualizarse y acordarse junto con los responsables de la escuela.

(B) Fijar objetivos y metas

Una vez acordado el orden de prioridades, podemos empezar a fijar objetivos y metas hacia Cero Residuos.

En esta fase, deben revisarse las políticas nacionales y locales sobre gestión de residuos sólidos en la escuela y en las comunidades circundantes para comprobar si ya existen objetivos y metas establecidos a nivel nacional o local a los que se pueda hacer referencia, para apoyar las decisiones de la escuela.

Tales objetivos y metas podrían incluir, por ejemplo

- Reducir en un X% la cantidad de residuos generados
- Aumentar al X% la cantidad de residuos segregados en origen
- Aumentar al X% la cantidad de residuos recogidos en el centro escolar
- Aumentar en un X% la tasa de reciclaje/reutilización de residuos en la escuela.
- Aumentar al X% la cantidad de residuos depositados/tratados de forma controlada
- Reducir al 0% la cantidad de residuos quemados en el centro escolar

Tenga en cuenta que estos objetivos y metas le ayudarán a definir las prioridades para cada fuente de generación de residuos escolares, pero los objetivos se revisarán una vez que se hayan definido las decisiones finales sobre las medidas que se deben tomar (ver el paso 4 (C)).

(C) Determinar las prioridades basadas en problemas clave de cada cluster

Una vez definidos los objetivos generales y las metas hacia Cero Residuos, es el momento de profundizar en las prioridades y definir lo que hay que arreglar urgentemente para cada fuente de generación de residuos escolares, en lo sucesivo denominado "cluster". Rellenar la matriz de prioridades de los grupos será de gran ayuda.

Recuadro 17: Matriz de prioridades de los clusters

La matriz de prioridades de los grupos le ayuda a definir las prioridades de cada área del centro escolar, basándose en los resultados de la evaluación de línea de base. Utilizando una escala que va de "no se requieren mejoras específicas" a "se requieren mejoras importantes", visualiza los puntos de atención, como se muestra en el siguiente ejemplo de un internado en Tabla 2. En su caso, la tabla sugiere: "Hay un gran potencial para reducir los residuos de la cocina; la segregación de residuos debe mejorarse principalmente en las aulas, oficinas de administración, espacios abiertos y dormitorios; y en general las prácticas de disposición final deben mejorarse."

Tabla 2: Ejemplo de matriz de prioridad de clustersmatrix

	GRS general	Aulas	Cocina/ Comedor	Oficinas/ Admin.	Espacios abiertos	Dormitorios
Reducir la generación de residuos	–	*	***	**	–	*
Establecer/mejorar la segregación de residuos	–	***	*	***	***	***
Mejorar la recolección de residuos	*	–	–	–	*	–
Mejorar el sistema institu. de reutilización/reciclaje	***	–	–	–	–	–
Mejorar las prácticas de disposición final de residuos	***	–	–	–	–	–

*A tener en cuenta en caso de internados

Donde: – : no se requiere ninguna mejora específica; * : se requiere una mejora menor; ** : se requieren algunas mejoras; *** : se requieren mejoras importantes.



T 3.C1 - Identificación de prioridades por cluster



PASO 4. Identificar y evaluar opciones

Hitos 	Principales interesados 	Herramientas y recursos 
A. Identificar y evaluar opciones Debatir y acordar las opciones B. Revisar objetivos y metas	• CGC • Apoyo externo de un experto en GRS (opcional)	• T 4.A1 - Evaluación de las opciones de mejora • T 4.A2 - Evaluación del mercado del reciclaje • Recursos técnicos sobre GRS • Fichas técnicas sobre residuos orgánicos (O.1 - O.4) • Hoja informativa sobre MRF (R.1) • Fichas sobre el plástico (P.1 - P.4) • Ficha sobre artesanía (HC.1) • Ficha sobre la disposición final (D.1)

Una vez establecida la línea de base y comprendidas las prioridades de la comunidad escolar, es hora de pensar en las opciones de futuro: ¿qué se puede hacer para conseguir una escuela con cero residuos?

En el paso 4, el CGC, que también puede solicitar el apoyo de un experto externo en GRS, identificará las opciones que son viables a nivel escolar.

La selección de opciones debe basarse en un enfoque sistémico, es decir, teniendo en cuenta todos los componentes necesarios para la gestión adecuada de las distintas fracciones de residuos, desde la fuente de generación hasta la disposición final. El principal resultado de la Etapa 4 es un acuerdo consensuado sobre lo que debe hacerse.

(A) Identificar y evaluar opciones

Basado en el orden de prioridad Cero Residuos (ver Recuadro 16), pueden definirse dos categorías de opciones:

1. Mejoras generales de la GRS
2. Mejoras específicas por fracción de residuos

Las opciones para ambas categorías se describen en los siguientes subcapítulos. Cada opción debe evaluarse teniendo en cuenta los principios de las 5A (ver Recuadro 18).

Recuadro 18: Evaluación de opciones - principios 5A

Para que una opción se adapte a un contexto determinado, pueden utilizarse los principios 5A (del inglés: Applicable, Appropriate, Achievable, Acceptable, Affordable) [4]:

- **Aplicable** - ¿Es viable esta opción en el contexto dado?
- **Adecuado** - ¿Se ajusta al objetivo?
- **Alcanzable** - ¿Se dispone de los recursos adecuados (capacidad, conocimientos técnicos, infraestructura, etc.) para aplicar esa opción?
- **Acceptable** - ¿Recibe suficiente apoyo de toda la comunidad escolar?
- **Económicamente Accesible** - ¿Puede la escuela permitirse el coste relacionado con esa opción?

Para cada opción, deben considerarse los recursos necesarios (es decir, mano de obra, materiales, infraestructura, fondos, espacio, tiempo y conocimientos especializados), el nivel de participación de las partes interesadas, la necesidad de una política institucional para apoyar esa opción, así como el cambio de comportamiento requerido y la posible estrategia educativa para apoyarla. Las plantillas proporcionadas en la herramienta 4.A1.2 pueden utilizarse para evaluar las diferentes opciones y las necesidades correspondientes.



T 4.A1 - Evaluación de las opciones de mejora



Online course – [From Data to Tangible Impact: Achieving Waste SDGs by 2030](#), Module 5.4 (UN-Habitat) [4]

A.1) Mejoras generales de la GRS

La mejora de la GRS puede dividirse en 4 categorías. Para cada una de estas categorías, hay que responder a las siguientes preguntas:

- **Separación de residuos:** ¿Puede mejorar o implantar un sistema de separación de residuos en la fuente?
- **Mejorar la recolección de residuos:** ¿Puede mejorar la cobertura y/o la frecuencia de recolección?
- **Potenciar el reciclaje:** ¿Existe algún mercado (in)formal de reciclaje en la comunidad cercana con el que la escuela pueda establecer vínculos? (por ejemplo, empresas (in)formales o particulares que compren o recojan materiales reciclables).
- **Mejorar la disposición final de los residuos:** Si los residuos se disponen en la escuela, ¿puede mejorar las prácticas de disposición final de los residuos?

Para responder a estas preguntas, puede utilizar los recursos disponibles en Parte 3 - Recursos técnicos.



Recursos técnicos – Separación de residuos



Recursos técnicos - Valorización de residuos



Recursos técnicos - Recolección de residuos



Recursos técnicos – Disposición final de los residuos

La herramienta T 4.A2 orientará sobre cómo realizar una evaluación del mercado del reciclado.



T 4.A2 - Evaluación del mercado del reciclaje

A.2) Mejoras específicas por fracción de residuos

Para cada fracción de residuos generada en el complejo escolar, se debe responder a las siguientes preguntas:

- **Reducir:** ¿Qué tipo de residuos podrían evitarse? (por ejemplo, artículos de un solo uso, residuos de alimentos, etc.)
- **Reusar:** ¿Hay alguna forma de institucionalizar la reutilización de determinados materiales? (por ejemplo, libros, telas, etc.)
- **Reciclar:** ¿Es posible venderlos/entregarlos para reciclar fuera de la escuela? En caso negativo, ¿se pueden reciclar los residuos en el centro escolar?
- **Disposición final segura:** Para los residuos que no pueden reducirse/reutilizarse/reciclarse y deben gestionarse en el centro escolar, ¿cuál sería una opción de disposición final segura?

Para ayudarle a responder a estas preguntas, hemos preparado tablas que resumen las opciones para reducir, reutilizar, reciclar y disponer de forma segura las distintas fracciones de residuos. Estas opciones deben revisarse y contextualizarse para cada centro escolar.

La información técnica para las opciones que requieren un cierto nivel de conocimientos puede encontrarse en las fichas técnicas presentadas en Parte 3 - Recursos técnicos.



Ficha O.1 - Alimentación animal directa



Ficha P.2 - Adoquines



Ficha O.2 - Compostaje



Ficha P.3 - Trituración



Ficha O.3 - Vermicompostaje



Ficha P.4 - Extrusión



Ficha O.4 - Producción de biogás



Ficha HC.1 - Ganchillo con película de plástico



Ficha R.1 - Planta de Recuperación de Materiales (MRF en inglés)



Ficha D.1 - Fosa de residuos



Ficha P.1 - Ecobricks

Recuadro 19: Opciones de mejora específicas por fracción principal de residuos

Residuos orgánicos	Reduzca	Reutilizar/ Reciclar
Se sirven restos de comida	Cambiar el sistema de servicio para que se generen menos residuos;	Alimentación animal directa [O.1] Compostaje [O.2] Vermicompostaje [O.3] Producción de biogás [O.4]
Food leftovers unserved	Implantar un sistema para saber cuántas personas comen cada día; Ajuste la proporción de alimentos cocinados por persona; Invierta en un sistema de almacenamiento en frío;	
Otros orgánicos (por ejemplo, residuos de jardinería, residuos de verduras/frutas)		

Residuos plásticos	Reduzca	Reutilizar/ Reciclar	Disposición final segura
Plástico - denso (por ejemplo, PET, plástico duro (HDPE), etc.)	Comprar al por mayor	Vender/entregar plástico reciclable a una entidad (in)formal de recolección de materiales reciclables*.	Fosa de residuos [D.1] Ecobricks [P.1]
Plástico - película (por ejemplo, envoltorios de alimentos, PP, LDPE, etc.)	Dejar de utilizar/ prohibir el plástico de un solo uso Comprar al por mayor	Ecobricks [P.1] Adoquines [P.2] Extrusión [P.4] Artesanía [HC.1]	

Papel/cartón	Reducir/ Reutilizar	Reciclar	Disposición final segura
Papel	Optimizar el uso del papel	Venta/entrega de papel/cartón a entidad (in)formal de recolección de reciclables*. Artesanía	Fosa de residuos [D.1]
Libros	Reutilizar los libros de texto		
Cartón (por ejemplo, cajas de huevos, etc.)	Reutilizar el cartón		

Vidrio, metal, textil y calzado, Residuos electrónicos	Reducir/ Reutilizar	Reciclar	Disposición final segura
Textil y calzado	Reutilizar el vidrio	Venta/entrega de materiales a una entidad (in)formal de recolección de materiales reciclables*.	Fosa de residuos [D.1]
Vidrio	Reutilizar el vidrio		
Metal	Reutilizar el metal		
Residuos electrónicos	Arreglar y reparar los residuos electrónicos		

Otros	Reduce/ Reuse	Safe disposal
Inerte	Reutilización en la construcción	Fosa de residuos [D.1]
Residuos sanitarios	Utilizar compresas reutilizables Utilizar la copa menstrual	
Residuos médicos	-	
Pinturas, disolventes	-	

* Consulte T 4.A2 sobre cómo realizar la evaluación del reciclado del mercado

Estas listas de opciones figuran en la herramienta T 4.A1.1. Deben revisarse teniendo en cuenta los principios de las 5A (Recuadro 18).

T 4.A1 - Evaluación de las opciones de mejora

(B) Debatir y acordar las opciones

Una vez identificadas y evaluadas las distintas opciones, es hora de tomar una decisión sobre la que debe implantarse en la escuela. Para ello, es muy importante ser transparente con las consecuencias financieras en términos de coste de capital y coste operativo, así como con el nivel de implicación de las partes interesadas que requiere cada opción.

Las preguntas típicas a las que hay que responder en esta fase son:

- **Coste de capital**
 - ¿Cuál es el coste de la infraestructura necesaria?
 - ¿Cuál es la vida útil de la infraestructura y el equipamiento? ¿Con qué frecuencia hay que sustituirlos?
- **Coste operativo**
 - ¿Necesita electricidad, agua y/o combustible?
 - ¿Con qué frecuencia requiere gestión y mantenimiento (por ejemplo, diaria, semanal, mensual)?
- **Nivel de participación de las partes interesadas**
 - ¿Necesita personal especializado para su funcionamiento y mantenimiento?

Las opciones seleccionadas deben debatirse y se debe llegar a un acuerdo consensuado entre las distintas partes interesadas de la escuela.

En esta fase, debe confirmarse la aprobación de los responsables del centro y el apoyo de toda la comunidad escolar.

(C) Revisar objetivos y metas

Una vez tomada la decisión sobre lo que se aplicará en la escuela, los objetivos y metas específicos definidos en el paso 3 (B) pueden revisarse para representar de forma más realista los logros potenciales.



PASO 5. Desarrollar un Plan de Acción

Hitos	Principales interesados	Herramientas y recursos
A. Desarrollar un Plan de Acción B. Determinar funciones y responsabilidades y fijar objetivos específicos de actuación	- CGC + Apoyo externo de un experto en GRS (opcional)	T 5.A1 - Contenido del Plan de Acción

El objetivo del paso 5 es desarrollar el llamado Plan de Acción, un plan que describa lo que hay que hacer y quién tiene que hacerlo para conseguir una escuela con cero residuos. El Plan de Acción no tiene por qué abordar todos los detalles, sino que debe servir de documento orientativo. Debe ser realista en cuanto a costes, incluir un calendario de aplicación y abordar las cuestiones institucionales y de recursos humanos.

Si el apoyo financiero lo permite, puede pedir ayuda a un experto externo en GRS para que le ayude en ese paso.

(A) Desarrollar un Plan de Acción

Una vez tomadas las decisiones sobre lo que se hará en la escuela, el siguiente paso es formular un Plan de Acción concreto. Para ello, es necesario:

- Definir el calendario de aplicación del Plan de Acción (por ejemplo, 1 o 2 curso(s) escolar(es), X semestre(s), etc.);
- Elaborar una lista de las actividades que deben llevarse a cabo para cumplir los objetivos y metas fijados en el Paso 4 (C).
- Para cada actividad, definir los siguientes elementos (ver Figura 15):
 - Cuáles** son las acciones - **Actividad**
 - Quién** debe emprender la acción - **Responsable**
 - Cuándo** debe ejecutarse - **Calendario**
 - Seguimiento** de la ejecución de las acciones - **Progreso**



Figura 15: Componentes clave de un Plan de Acción, adaptado de [4]

Es importante recordar que, aunque otras partes interesadas, como un experto externo en GRS, apoyen a la escuela en el desarrollo del Plan de Acción, la escuela debe tener la responsabilidad general y rendir cuentas al respecto. El Plan de Acción debe ser un documento “vivo” que se actualice periódicamente, por lo que detallará las actividades que van por buen camino y las que se han retrasado por diversas razones.

En las herramientas 5.A1.1 y 5.A1.2 se presentan ejemplos del índice del Plan de Acción y del calendario de actividades del Plan de Acción.

El recuadro 20 ofrece una visión general de las posibles actividades o acciones, así como de los pasos clave que hay que dar para cada una de ellas. Para realizar cualquier actividad, evalúe siempre los recursos disponibles y necesarios (mano de obra, materiales, fondos, espacio, tiempo y conocimientos especializados).

Recuadro 20: Tipo de actividades y acciones

Adquisición de bienes o servicios	Actividades de sensibilización y cambio de comportamiento
– Identificar las necesidades de bienes y servicios – Identificar y evaluar una lista de proveedores (pedir oferta, calificar ofertas, etc.) – Negociar contratos con los proveedores seleccionados	– Identificar los comportamientos clave – Considere los factores RANAS para ver qué factor o factores desea activar*. – Consulte el catálogo de Técnicas de Cambio de Comportamiento (TCC) de RANAS – Diseñar una campaña innovadora – Optativo: Evaluar el impacto de la actividad de sensibilización
Puesta en marcha y funcionamiento de una nueva tecnología (por ejemplo, reactor de biogás, compostaje, etc.)	Actividades educativas
– Evaluar la demanda del mercado de productos finales – Realizar un estudio de viabilidad / Contratar a un consultor para realizar un estudio de viabilidad – Lanzamiento de la iniciativa/tecnología – Formación del personal escolar – Establecimiento de un protocolo de seguimiento (quién, cómo, qué, cuándo, recursos necesarios, etc.)	– Evaluar las posibilidades de mejora de las actividades (extra)curriculares actuales – Fijar objetivos adecuados a cada edad y etapa de desarrollo – Inspírese en los recursos educativos existentes (ver Recursos para las escuelas) – Dar prioridad al aprendizaje práctico sobre el teórico (ver el capítulo Aprender haciendo - Educación para el Desarrollo Sostenible)

* Ver Cambio de comportamiento para más información



T 5.A1 - Contenido del Plan de Acción

Recursos adicionales:



Lüthi et al., 2011. *Community-Led Urban Environmental Sanitation Planning: CLUES, Tool 23* [13]



Online course – [From Data to Tangible Impact: Achieving Waste SDGs by 2030](#), Module 6.5 (UN-Habitat) [4]

⁴ Las Técnicas de Cambio de Conducta (TCC) de RANAS pueden consultarse [aquí](#), y el catálogo de TCC [aquí](#).

⁵ La Taxonomía de Bloom para la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación puede ayudar a definir objetivos y metas. <https://www.bloomstaxonomy.net/>

A la hora de desarrollar el Plan de Acción, es importante tener en cuenta los obstáculos típicos para el éxito a largo plazo de las iniciativas sobre residuos en los centros escolares y planificar con antelación medidas de afrontamiento y mitigación. En el recuadro 21 destaca las barreras típicas encontradas en muchos proyectos escolares en todo el mundo, así como las posibles medidas de mitigación.

Recuadro 21: Barreras típicas para el éxito a largo plazo y medidas paliativas

- **Falta de apoyo político escolar**
 - ⊕ Alineación con la estrategia nacional
 - ⊕ Asegúrese de obtener apoyo político por escrito
 - ⊕ Poner en marcha una estrategia de mitigación en caso de cambios en las autoridades escolares
- **Falta de recursos financieros**
 - ⊕ En caso de donación para infraestructuras, asegúrate de constituir algunas reservas para sustituirlas al final de su vida útil;
 - ⊕ Sea realista a la hora de definir los ingresos potenciales de la venta de materiales reciclables u otros productos finales (por ejemplo, compost, biogás, artesanía, etc.);
 - ⊕ Crear un fondo colectivo con los ingresos de las ventas
- **Falta de capacidad y conocimientos técnicos**
 - ⊕ Asegúrese de contar con alguien dentro o fuera de la escuela que pueda impartir formación y garantizar un seguimiento para responder a las preguntas, dudas y resolución de problemas tras unos meses de aplicación.
 - ⊕ Asegúrese de formar al personal permanente de la escuela para su correcto funcionamiento y mantenimiento.
 - ⊕ Garantizar la transferencia de conocimientos en caso de rotación del personal
- **Falta de tiempo**
 - ⊕ Ser realista a la hora de definir el tiempo necesario y la disponibilidad del personal de la escuela.
 - ⊕ Divida las responsabilidades para dedicarle menos tiempo
 - ⊕ Implicar a los clubes de estudiantes en las actividades
 - ⊕ Integrar las actividades en actividades (extra)curriculares dependiendo de la opción que mejor funcione en su entorno escolar.

(B) Determinar funciones, responsabilidades y fijar objetivos específicos

Una vez redactado el Plan de Acción y definida con mayor claridad la lista de actividades que deben emprenderse, es el momento de determinar funciones y responsabilidades y fijar objetivos.

Tener claras las funciones y responsabilidades le permitirá agilizar el proceso de aplicación del Plan de Acción y lograr un mayor compromiso de las distintas partes interesadas. Además, también permitirá distribuir las tareas entre las distintas partes interesadas y reducir la carga potencial de la aplicación del Plan de Acción. El establecimiento de objetivos ayudará a supervisar el progreso de la aplicación del Plan de Acción. Los objetivos deben fijarse utilizando indicadores SMART (ver el Recuadro 22).

Recuadro 22: Indicadores SMART

Para clasificar como indicador SMART, el indicador debe ser:

eEspecífico: el indicador debe ser lo más específico posible

Medible: el indicador debe ser fácil de seguir, controlar y medir.

Alcanzable: el indicador debe ser realista y alcanzable.

Relevante: el indicador debe contribuir a la consecución del objetivo y la meta generales.

Tiempo limitado: el indicador debe tener un plazo para su consecución.

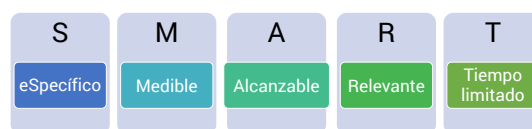


Figura 16: Definición de los indicadores SMART, adaptada de [4]

PASO 6. Aplicar el Plan de Acción



Hitos 	Principales interesados 	Herramientas y recursos 
A. Iniciar el proceso de aplicación B. Comunicar los objetivos y metas prioritarios a todas las partes interesadas	• Responsable del Plan de Acción • Propietarios de actividades • CGC • Funcionarios escolares	–

Un Plan de Acción no es un fin en sí mismo; elaborar un Plan de Acción sería completamente inútil sin su aplicación en la práctica. El objetivo del Plan de Acción es proporcionar un plan práctico que marque la diferencia cuando se aplique. Así que empecemos a aplicarlo y veamos a dónde nos lleva.

(A) Iniciar el proceso de aplicación del Plan de Acción

Para aplicar un Plan de Acción de forma fluida y eficaz, es importante [14]:

- **Tener un “líder” del Plan de Acción**, una persona designada que pueda guiar el Plan de Acción tanto a través del proceso de aprobación como en las fases iniciales de ejecución.
- **Obtener las aprobaciones y presupuestos necesarios** cuando las decisiones adoptadas tengan consecuencias financieras.
- **Continuar la búsqueda de consenso**, especialmente si se proponen cambios organizativos significativos.
- **Capacitar a** las partes interesadas de la escuela en materia de GRS para garantizar la transferencia de conocimientos y el desarrollo de capacidades dentro de la escuela.

(B) Comunicar las prioridades, objetivos y metas a todas las partes interesadas

Es importante comunicar las prioridades, objetivos y metas a toda la comunidad escolar para que todos estén informados y puedan apoyar el proceso de aplicación. Lo ideal sería que esto formara parte de una de las primeras etapas de la estrategia de sensibilización y educación de la escuela.



PASO 7. Supervisar y evaluar

Hitos 	Principales interesados 	Herramientas y recursos 
A. Supervisar y evaluar los progresos en relación con los objetivos B. Identificar oportunidades de mejora C. Actualizar el Plan de Acción en consecuencia	• Responsable del Plan de Acción • Propietarios de actividades • CGC • Funcionarios escolares	—

El Plan de Acción incluirá una serie de hitos e indicadores, pero no está escrito en piedra. Es importante que las principales partes interesadas revisen periódicamente los progresos realizados, de modo que puedan introducirse las modificaciones y ajustes necesarios en el plan.

(A) Supervisar y evaluar los progresos realizados en relación con los objetivos fijados

El Plan de Acción sigue el denominado ciclo PDCA, que consiste en Plan /Planificar, Implementar /Do, Check /Controlar, Act / Actuar (ver Figura 17). Como tal, los avances con respecto a los objetivos fijados deben supervisarse y evaluarse periódicamente a lo largo de la aplicación del Plan de Acción.

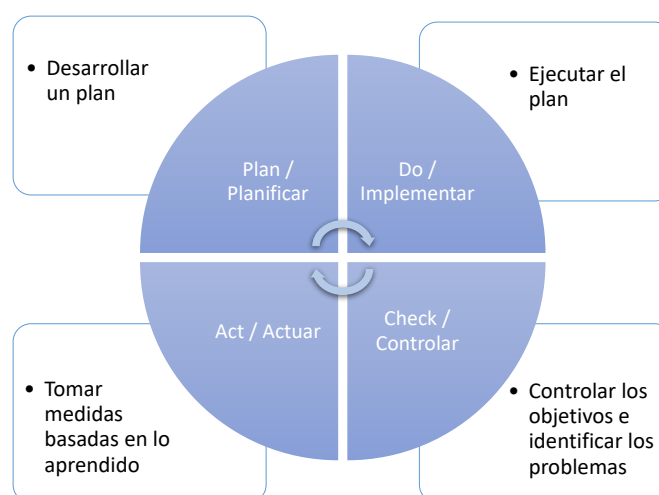


Figura 17: Ciclo PDCA, adaptado de [2]

(B) Identificar oportunidades de mejora

A partir de los resultados del seguimiento, pueden identificarse oportunidades de mejora. Puede tratarse de adaptar ligeramente la estrategia, o de añadir/eliminar actividades cuando sea oportuno.

(C) Actualizar el Plan de Acción en consecuencia

Una vez acordados los cambios con las principales partes interesadas de la escuela, el Plan de Acción puede actualizarse en consecuencia.

Recuerde que es muy importante que el progreso, el éxito y/o los cambios se comuniquen a todas las partes interesadas de la escuela. La transparencia en los resultados puede ayudar a crear confianza y también puede ser una oportunidad para obtener más información de las diferentes partes interesadas de la escuela.

Parte 3 -

Recursos técnicos sobre gestión de residuos sólidos



PLANIFICAR EL "CERO RESIDUOS" EN LAS ESCUELAS - UNA CAJA DE HERRAMIENTAS

Contenido

(A)	Gestión de residuos sólidos - Hechos y cifras	47
	Definición de residuo sólido	47
	La gestión de residuos sólidos, un reto mundial	47
	Impacto de la mala gestión de los residuos	48
	Generación y composición de los residuos en el mundo	50
(B)	Fracciones de residuos sólidos	52
	Tiempo de descomposición de los residuos sólidos	55
	Los residuos orgánicos	56
	Los residuos plásticos	56
(C)	Reducción y reutilización de residuos	60
(D)	Separación de residuos	60
(E)	Recolección de los residuos	62
	Papeleras y contenedores	62
	Equipos de limpieza	62
	Transporte de residuos	62
	Frecuencia de recolección	63
	Colocación de contenedores de residuos y rutas de recolección	63
(F)	Valorización de los residuos	63
	Residuos no orgánicos	64
	Sistema de reciclaje existente	65
	Cadena de reciclaje	66
	Aumento del valor de los materiales reciclables	67
	Opciones de valorización de plásticos	68
	Residuos orgánicos	69
(G)	Disposición final de los residuos	71

(A) Gestión de residuos sólidos - Hechos y cifras

Definición de residuo sólido

Residuo es un término genérico que se refiere a algo que ya no se utiliza y se desecha. Los residuos sólidos son los que se generan en los hogares, restaurantes, centros comerciales, colegios, etc. cuando consumimos un producto y queremos deshacernos de él.

La gestión de residuos sólidos, un reto mundial

Se calcula que la población mundial genera actualmente unos 2.000 millones de toneladas de residuos sólidos al año, de los cuales el 30% permanece sin recoger y en su mayor parte se quema abiertamente o se vierte en algún lugar. De la fracción recogida, el 70% se dispone en vertederos y botaderos a cielo abierto [6]. Si nos fijamos en las cifras mundiales, 2.000 millones de personas siguen sin tener acceso a un servicio de recolección de residuos y 3.000 millones no tienen acceso a un vertedero controlado. Las prácticas actuales de gestión de residuos son responsables de entre el 8 y el 10% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en todo el mundo. [5].



Figura 18: Cifras clave de la GRS

Anualmente, 8 toneladas de plástico acaban en el océano, lo que equivale a un camión de basura lleno de plástico vertiendo residuos en el océano cada minuto, como se muestra en la Figura 19.



Figura 19: Ratios del plástico

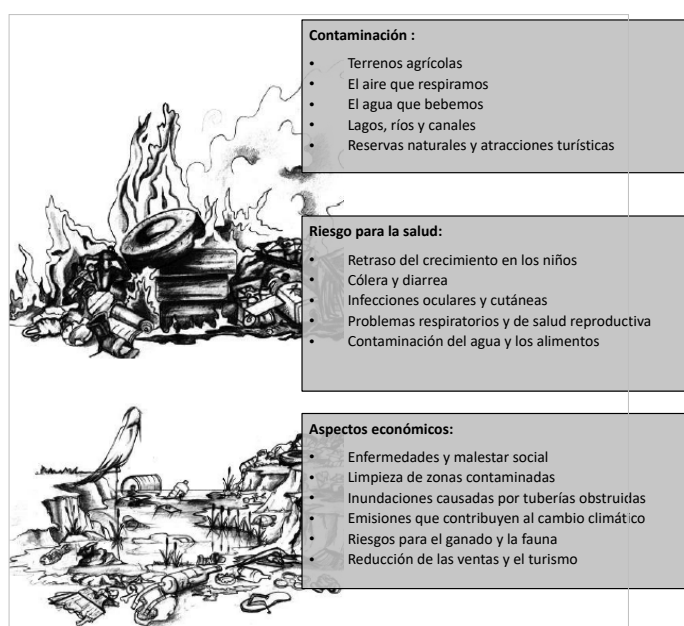


Figura 20: Impacto de la mala gestión de los residuos [6]
adaptado de [8]

Impacto de la mala gestión de los residuos

La quema y el vertido de residuos mezclados son prácticas habituales que tienen un enorme impacto en la salud humana y el medio ambiente.

Amenaza de la quema: Aunque a veces no sea visible, el humo de la quema de residuos puede entrar en los pulmones a través de la nariz y la boca y las diminutas partículas pueden envenenar la sangre, provocar enfermedades respiratorias y cáncer. La quema de residuos agrava la contaminación del suelo, del agua y de los alimentos. También contamina el aire al liberar emisiones tóxicas (dioxinas, furanos, etc.) y contribuye al cambio climático al emitir gases de efecto invernadero (GEI), así como contaminantes climáticos de vida corta como el carbono negro (BC), u hollín, que es entre 460 y 1'500 más nocivo que el CO₂ (ver Recuadro 23 para más información sobre el BC)[28]. Hay que tener en cuenta que la quema de residuos al aire libre está prohibida por ley en la mayoría de los países del mundo.

Amenaza de vertido: El vertido de residuos provoca la acumulación visible de plásticos en la naturaleza y la contaminación ambiental del suelo y el agua. Es responsable de las inundaciones debidas al bloqueo del sistema de drenaje, de la propagación de enfermedades, ya que favorece la cría de mosquitos, entre otros vectores de enfermedades, y de las emisiones de GEI (ver Tabla 5 para cuestiones específicas de los residuos orgánicos). Cuando los residuos son arrastrados por la lluvia, contaminan las reservas de agua, perjudicando a los cultivos, el ganado y las personas. Los residuos plásticos acaban llegando a arroyos, ríos y al mar, causando problemas ecológicos y de salud pública. [8].

Recuadro 23: Carbón negro [28]

El carbono negro (BC de su sigla en inglés para Black Carbon), también llamado hollín, es un contaminante atmosférico de partículas finas (PM_{2.5}), que se forma por la combustión incompleta de combustibles fósiles, madera y otros combustibles [28]. El carbón negro es un contaminante climático de vida corta, con una vida útil de entre 4 y 12 días solamente, pero con un gran potencial de calentamiento climático de 460 a 1.500 veces mayor que el CO₂ por unidad de masa [28].

Según la CCAC [28] y como se muestra en Figura 21 el carbón negro tiene un impacto sobre :

- **Salud**, al aumentar el riesgo de cardiopatías, accidentes cerebrovasculares, así como enfermedades pulmonares y cáncer;
- **Clima**, absorbiendo la luz solar y convirtiéndola en calor;
- **Tiempo**, al impedir la formación de nubes y alterar los patrones meteorológicos regionales y las precipitaciones;
- **Nieve y hielo**, acelerando la fusión del hielo y la nieve;
- **Agricultura y ecosistemas**, al reducir la luz solar y afectar a la salud de las plantas y a su productividad.

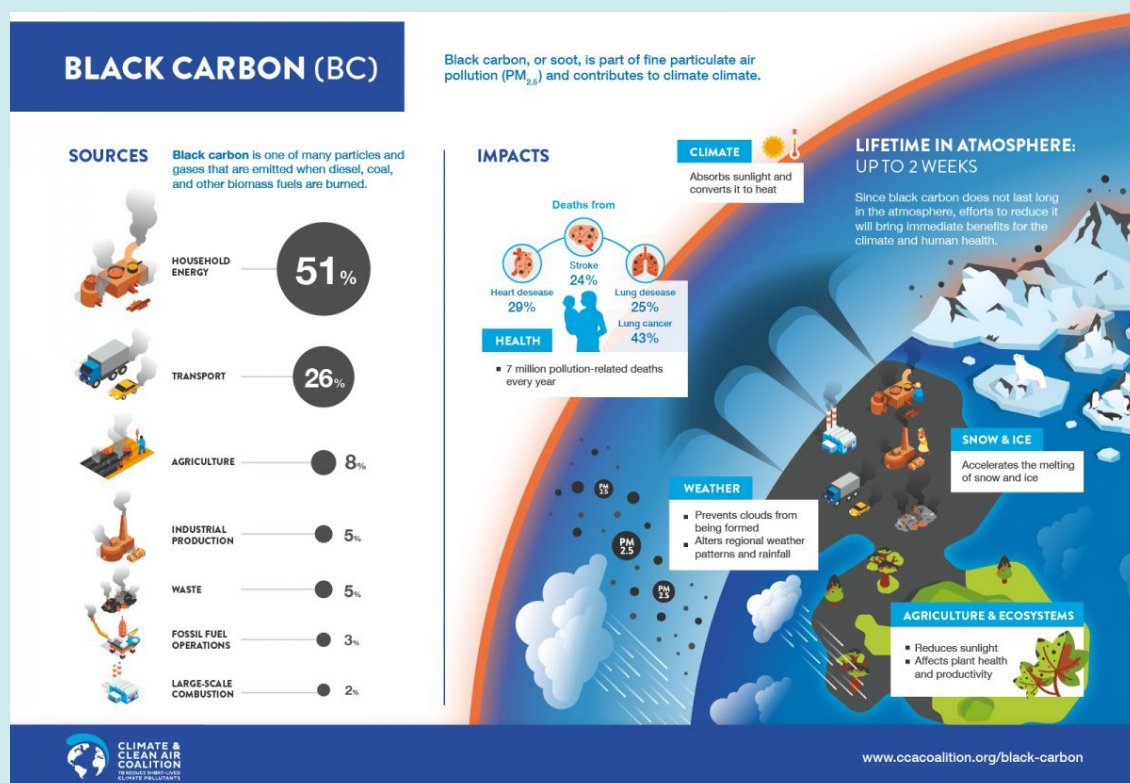


Figura 21: Características principales del carbón negro, infografía en inglés [28]

Como el carbón negro no permanece mucho tiempo en la atmósfera, los esfuerzos para reducirlo reportarán beneficios inmediatos para el clima y la salud humana.

Recursos adicionales:

Bond, T.C. et al., 2013. Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment [29]

Reyna-Bensusan, N., 2020. The Impact of Black Carbon Emissions from Open Burning of Solid Waste [30]

CCAC - Black carbon [28]

Generación y composición de los residuos en el mundo

La generación y la composición de los residuos son elementos clave para poder planificar sistemas adecuados de gestión de residuos a cualquier escala. La generación de residuos se refiere a la cantidad de residuos producidos durante un determinado período de tiempo, normalmente expresada en términos de kg por persona y día, mientras que la composición de los residuos se refiere al tipo de material presente en los residuos, normalmente expresado en términos de porcentaje de una cantidad específica de fracción de residuos sobre la cantidad total de residuos generados (ver la Tabla 3).

Tabla 3: Definición de la generación y composición de los residuos

	Definición	Unidades típicas
Generación de residuos	Cantidad de residuos generados/producidos durante un periodo de tiempo	Kg/por día Kg/por año
Composición de los residuos	Categorización de los tipos de residuos (orgánicos, papel, vidrio, plásticos, etc.)	% peso húmedo sobre peso total

Estos datos influirán, por ejemplo:

- Estrategias de prevención y reducción de residuos,
- Ayudar a determinar la capacidad y el número de vehículos de recolección o la infraestructura necesaria para almacenar los residuos,
- Evaluar la viabilidad y la escala de la opción de tratamiento,
- Identificar oportunidades de reciclaje,
- Estimación de la vida útil de los vertederos y lugares de disposición final, y
- Estimar las tendencias para planificar el futuro.

A escala mundial, las tasas de generación de residuos varían de un país a otro y están muy influidas por los niveles de renta, como se muestra en la Gráfico 22. Los países de renta baja suelen generar en torno a 0,4-0,5 kg de residuos per cápita al día, mientras que los países de renta alta generan hasta 2 kg de residuos per cápita al día.

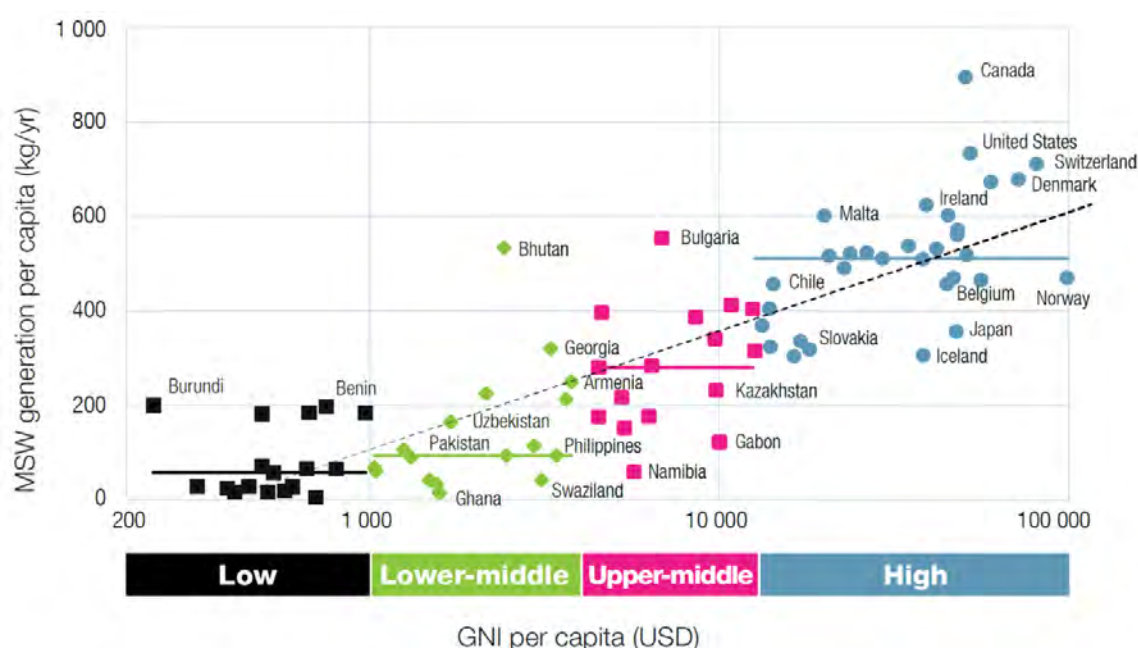


Figura 22: Tasas de generación de residuos y niveles de renta, infografía en inglés [5]

El nivel de ingresos también influye en la composición de los residuos, como se muestra en Figura 23. En términos generales, la mayor parte de los residuos producidos en entornos de renta baja son residuos orgánicos (normalmente entre el 50% y el 70% del total de residuos generados). Otras fracciones de residuos, como el papel, el plástico y el vidrio, tienen un porcentaje mayor en los entornos de renta alta que en los de renta baja.

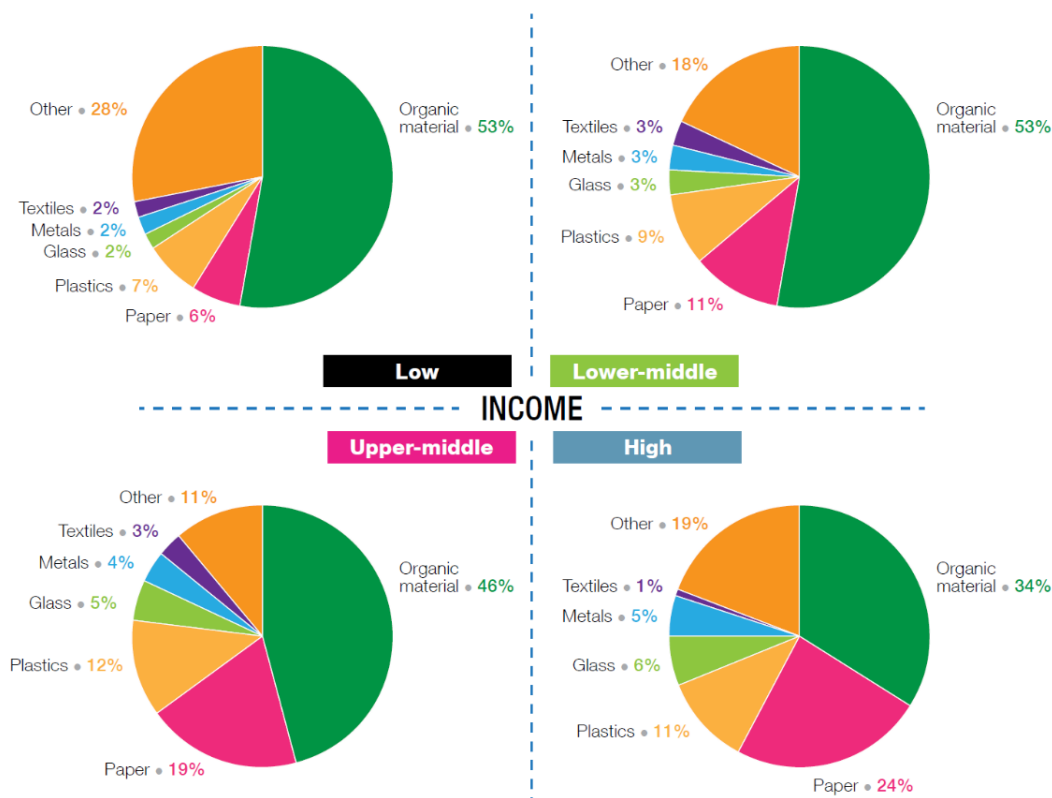


Figura 23: Patrones de composición de residuos por nivel de ingresos (peso húmedo), infografía en inglés [5]

Los datos sobre la tasa específica de generación de residuos y la composición de los residuos por país pueden encontrarse en la base de datos en línea del Banco Mundial, así como en la publicación “What A Waste 2.0” [10].

Además de la tendencia general, la generación y composición de los residuos puede variar significativamente de un lugar a otro y suele estar influida por:

- Estilo de vida
- Grado de urbanización
- Niveles de renta
- Estaciones (cultivos, turismo, festividades, etc.)

Por lo tanto, se recomienda basarse en un estudio local de caracterización de residuos en lugar de en datos nacionales o regionales, y comprobar si existen patrones estacionales. La información sobre cómo realizar un estudio de caracterización de residuos puede encontrarse en la herramienta T 2.A1.

Recursos adicionales:

Wilson, 2015. *Global Waste Management Outlook* [5]

Kaza et al., 2018. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050* [10]

(B) Fracciones de residuos sólidos

Los residuos sólidos no son homogéneos y se componen de una amplia variedad de materiales. Según ONU-Hábitat, los residuos sólidos pueden dividirse en las siguientes categorías [9]:

Orgánico	- Residuos de cocina/comedor - Comida cocinada o cruda, residuos orgánicos de la preparación de alimentos
	- Residuos de jardines/parques - Materiales biodegradables no alimentarios resultantes de la jardinería
	- Papel y cartón - Embalajes y productos de papel y cartón
No orgánico	- Plásticos - película - Plástico delgado utilizado en envases y para otros fines
	- Plástico - denso - Plástico duro utilizado en envases y para otros fines
	- Metal - Envases y productos de metales ferrosos y no ferrosos
	- Vidrio - Envases y productos de vidrio
	- Textil y calzado - Ropa y otros productos textiles, así como calzado
	- Madera (procesada) - Madera procesada tratada y no tratada
	- Residuos especiales - Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (todo lo que tenga cable), pilas / acumuladores, otros residuos peligrosos
	- Productos compuestos - Productos que están hechos de más de uno de los anteriores
	- Otros - Cualquier cosa que no pueda clasificarse en una de las categorías anteriores.

En la Tabla 4, cada categoría definida por ONU-Hábitat se describe con ejemplos. Las propiedades clave se destacan en la parte izquierda⁷.

Tabla 4: Categoría de residuos sólidos - Adaptado de ONU-Hábitat [9], imágenes de [9]

Residuos de cocina/comedor	Ejemplos	Propiedades clave
	Pan, café molido, alimentos cocidos o crudos, restos de comida, frutas y verduras, carne y pescado, alimentos para mascotas, bolsitas de té, cáscaras, pieles, cascarones, pepitas y huesos, etc.	Se degradan naturalmente con el tiempo; Ricos en nitrógeno; Ver el subcapítulo Centrarse en los residuos orgánicos (B) para más información sobre los residuos orgánicos y la opción de valorización en Residuos orgánicos (F)
Residuos de jardines/parques	Ejemplos	Propiedades clave
	Flores; Residuos de frutas y hortalizas; Hierba cortada; Recortes de setos; Hojas; Poda; Ramas de árboles; Malas hierbas, etc.	Se degradan naturalmente con el tiempo; Ricos en carbono; Ver subcapítulo Centrarse en los residuos orgánicos (B) para más información sobre los residuos orgánicos y la opción de valorización en Residuos orgánicos (F)

⁶ <https://datacatalog.worldbank.org/dataset/what-waste-global-database>

⁷ Tenga en cuenta que hasta la fecha no existen categorías de residuos unificadas en todo el mundo y que las categorías oficiales de clasificación de residuos pueden definirse a escala nacional. Por lo tanto, es importante comprobar la normativa nacional para ver si la lista de categorías de residuos propuesta en T 2.A1 debe adaptarse a su contexto local al realizar un estudio de caracterización de los residuos.

Papel y cartón	Ejemplos	Propiedades clave
	Folletos, revistas, periódicos; paquetes de cereales, cajas de fideos; bolsas de papel/ envoltorios de alimentos; tarjetas, libros, papeles pintados; bolsas de papel, cajas de pañuelos, papel de envolver, papel de seda, papel de escribir, impresos, sobres, etc.	Se degradan de forma natural con el tiempo, pero tienen problemas con la tinta; Fáciles de reciclar; Valor de mercado de reciclado medio-bajo
Plástico - película	Ejemplos	Propiedades clave
	Envoltorios de galletas; Film transparente; Bolsas para alimentos congelados; Film de plástico para embalajes; Cinta adhesiva; Láminas de jardinería; Film no apto para embalajes; Bolsas de plástico; Bolsas de basura; etc.	No se degradan con el tiempo; Valor de mercado de reciclado bajo o nulo; Tipo de plástico heterogéneo (mezcla de polímeros, PP, LDPE, etc.)
Plástico - denso	Ejemplos	Propiedades clave
	Todas las botellas/tarros de plástico; Envases de electrodomésticos; Cajas de huevos; Bandejas de envasado de alimentos; Tapas de plástico; Bandejas de comida preparada; Tarjetas bancarias/de crédito; Botones; CDs; casetes de música; Aplicadores de cosméticos/ pegamento/pintura; Encendedores; Bolígrafos; etc.	No se degradan con el tiempo; Valor de mercado de reciclaje medio; Tipo de plástico menos heterogéneo que el film plástico (PET, HDPE, etc.)
Metales	Ejemplos	Propiedades clave
	Envases de bebidas gaseosas; Latas de betún; Conservas; Aerosoles (desodorantes, perfumes, lacas); Láminas de aluminio; Piezas de bicicletas; Cubiertos; Llaves; Estantes metálicos; Clavos; Clips; Tiradores de anillas; Imperdibles; Tornillos; Herramientas; Cerraduras; etc.	No se degradan con el tiempo; Fáciles de reciclar; Alto valor de mercado de reciclaje
Vidrio	Ejemplos	Propiedades clave
	Botellas/frascos de bebidas alcohólicas y no alcohólicas; Frascos de alimentos; Frascos de medicamentos; Utensilios de cocina; Vidrio plano (por ejemplo, de mesa, ventanas, espejos, reforzado, parabrisas); Vidrio roto mixto; etc.	No se degradan con el tiempo; Fáciles de reciclar; Suelen tener un alto valor en el mercado de reciclaje (a menos que se transporten largas distancias)

Textil y calzado	Ejemplos	Propiedades clave
	Ropa; ovillos de lana; mantas; alfombras; paños; cuerdas; cortinas; tapicería; esteras; fundas de almohada; trapos; cuerdas; alfombras; sábanas; hilos; toallas; calzado (incluidas chanclas); etc.	Los textiles de algodón y otras fibras naturales se degradan con el tiempo, sin embargo, las fibras sintéticas y los componentes plásticos no se degradan. Fácil de reutilizar
Madera (procesada)	Ejemplos	Propiedades clave
	Tapones de corcho, embalajes de corcho,: Palés; Madera maciza y fragmentos de madera; Tableros de partículas (por ejemplo, aglomerado, contrachapado, mdf); Vallas de madera; Muebles de madera; Encimeras de madera; etc.	La madera no tratada se degrada naturalmente con el tiempo; Puede utilizarse para producir calor. Fácil de reutilizar
Residuos electrónicos	Ejemplos	Propiedades clave
	Todos los aparatos eléctricos y electrónicos, como relojes, herramientas eléctricas, teléfonos, ordenadores portátiles, PC, impresoras, pantallas, etc.; pilas y acumuladores; otros residuos peligrosos, como extintores, productos químicos, colas y disolventes, medicamentos, productos de pintura, etc.	No se degradan con el tiempo; Mezcla compuesta; Sustancias peligrosas; ¡necesitan un cuidado especial en su manejo y disposición final!
Productos compuestos	Ejemplos	Propiedades clave
	Embalajes compuestos, como el "tetrapack" ; Productos fabricados con distintos materiales, por ejemplo, tijeras, cuchillos, navajas, paraguas, etc.	No se degradan con el tiempo; Dificil de reciclar debido a los materiales compuestos
Otros	Ejemplos	Propiedades clave
	Por ejemplo, inertes (cantos rodados; ladrillos; grava; guijarros; arena; tierra; piedras; cerámica; macetas de barro; vajilla; adoquines y azulejos de piedra/cerámica; jarrones); pañales; caucho; bombillas (de todo tipo).	Los materiales inertes pueden utilizarse fácilmente para otros fines (triturados hasta convertirlos en grava para relleno inerte). Los pañales, las compresas y las bombillas requieren un tratamiento especial, ya que son potencialmente nocivos.

Como se destaca en Tabla 4, no todos los residuos pueden degradarse completamente de forma natural y fácil con el paso del tiempo. La figura 24 muestra residuos típicos y sus respectivos tiempos de descomposición.

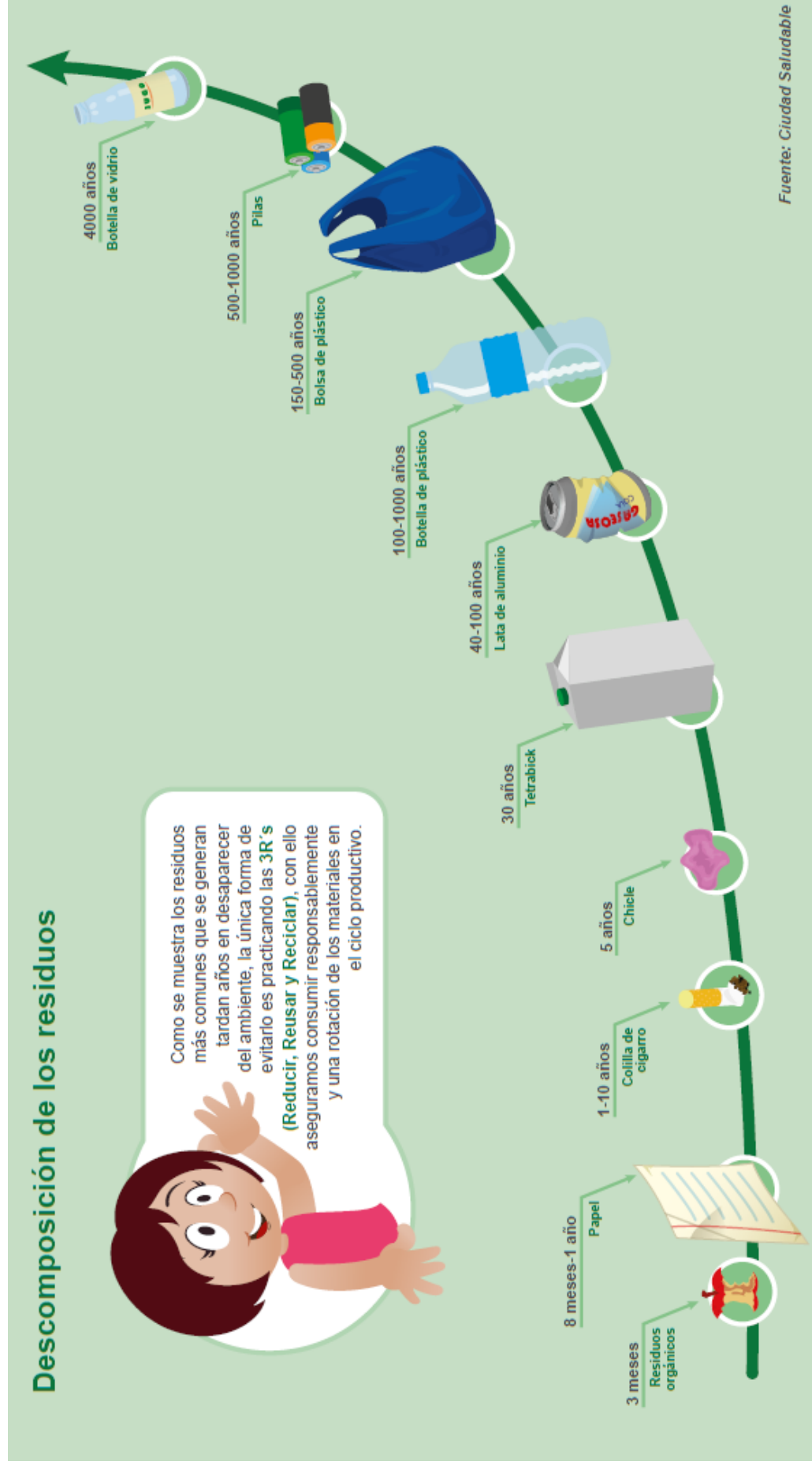


Figura 24: Descomposición de los residuos ©Ciudad Saludable

Los residuos orgánicos

Los residuos orgánicos, también conocidos como residuos biodegradables, se refieren a cualquier residuo capaz de tener una descomposición anaeróbica (sin oxígeno) o aeróbica (con oxígeno), como los alimentos, residuos de jardinería, residuos agrícolas, residuos animales, etc. [31].

La mayor parte de los residuos sólidos generados en los países de ingresos bajos y medios consiste en residuos orgánicos, que suelen representar entre el 50 y el 70% de la cantidad total de residuos generados [5].

En los centros escolares, los residuos orgánicos suelen producirse en la cocina, el quiosco o la cantina cuando se suministra comida in situ, así como en los jardines y zonas verdes.

Incluso si los residuos orgánicos se degradan de forma natural con el tiempo, es necesario gestionarlos adecuadamente para evitar impactos perjudiciales para el medio ambiente y la salud, como se destaca en Recuadro 24. En el capítulo (F) Valorización de residuos.

Recuadro 24: Impactos de la degradación incontrolada de residuos orgánicos

La degradación incontrolada de residuos orgánicos en grandes cantidades puede generar impactos nocivos para el medio ambiente y la salud, como se resume en la Tabla 5.

Tabla 6: Impactos potenciales de los residuos orgánicos no gestionados, adaptado de [31]

	Impacto negativo	Consecuencia
Suelo	Contaminación del suelo por lixiviados Devaluación de los campos	Deterioro de la salud pública y medioambiental Costes económicos
Agua	Contaminación de las aguas subterráneas por lixiviados Necesidad de tratamiento del agua aguas abajo	Deterioro de la salud pública y medioambiental Costes económicos
Aire	Liberación de gases de efecto invernadero como el metano (28 CO ₂ eq a 100y [32]) y N ₂ O (265 CO ₂ eq a 100y [32]) Mal olor	Calentamiento global Deterioro del confort y de la salud pública
Otros	Fomento/atracción de vectores portadores de enfermedades (moscas, roedores) Contaminación estética	Deterioro de la salud pública Deterioro del paisaje que repercute en el turismo

Recursos adicionales:



Zurbrugg, 2017. *Biowaste management: the key to sustainable municipal solid waste management* [33]



MOOC module – [Overview of biowaste treatment technologies](#) (Eawag/Sandec)

Los residuos plásticos

La producción masiva de plástico no comenzó hasta la década de 1950. Hasta hoy, se han producido alrededor de 6.300 millones de toneladas de plástico en todo el mundo, de las cuales sólo el 9% se ha reciclado, el 12% se ha incinerado y el 79% restante se ha desechado y, por tanto, acumulado en vertederos, botaderos y en el medio ambiente. [34].

El plástico es un material sintético fabricado a partir de polímeros orgánicos. Los plásticos suelen clasificarse en 7 categorías, como se explica en Recuadro 25.

En los centros escolares, los residuos plásticos suelen presentarse en forma de envases de alimentos (LDPE, PP), cubiertos de plástico de un solo uso (PP, PS), bolsas de plástico (LDPE), botellas de bebida (PET) y muebles de plástico (HDPE).

Recuadro 25: Tipo de plástico y especificidades

Los plásticos pueden dividirse en 7 categorías principales en función de su polímero, como se muestra en la Figura 25. Esta composición influye en su temperatura de fusión y descomposición, así como en la calidad general del producto final.

- El **PET** (o PETE) se utiliza a menudo en botellas de plástico para beber. Suelen recogerse y reciclarse en instalaciones a gran escala. Sin embargo, a pequeña escala, su reciclado es difícil porque el PET es muy higroscópico (absorbe la humedad de la atmósfera) y resulta quebradizo cuando hay humedad en la fase de fusión. [35].
- El **HDPE** (o PEAD) suele encontrarse en los hogares en forma de botellas de leche, champú o detergente. Este polímero también suele recogerse y es fácil de reciclar.
- El **PVC** se utiliza para una amplia gama de artículos, desde la fontanería hasta el envasado de alimentos. Sin embargo, **nunca debe intentarse reciclar el PVC en un entorno no controlado**, ya que este polímero conlleva un riesgo de producción de ácido clorhídrico tóxico, dioxinas, otros bifenilos policlorados y furanos [36].
- El **LDPE** (o PEBD) son envoltorios ligeros de plástico, bolsas para bocadillos, botellas exprimibles y bolsas de plástico para la compra. Normalmente, el PEBD no suele reciclarse en la industria a gran escala, pero el reciclaje a pequeña escala podría ser posible, ya que es bastante fácil de fundir y moldear⁸.
- El **PP** es uno de los plásticos más utilizados y se emplea mucho para envasar alimentos. Es resistente y puede soportar altas temperaturas. A menudo, el PP no se recicla en la gran industria y suele contener capas de diversos materiales (por ejemplo, capa de plata, etc.).
- El **PS**, también conocido como espuma de poliestireno, se utiliza para vasos de café desechables, cajas de plástico para alimentos y cubiertos de plástico. El PS rara vez se recicla en la industria a gran escala.

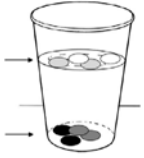
1 PET	02 PEAD	03 PVC	04 PEBD	05 PP	06 PS	07 O
Tereftalato de polietileno	Polietileno (alta densidad)	Cloruro de polivinilo	Polietileno (baja densidad)	Polipropileno	Poliestireno	Bisfenol-A y otros
PET es comúnmente usado en botellas de condimentos o de bebidas como agua, refresco y energéticos.	PEAD es comúnmente usado en botellas de leche, jugo o champú, contenedores de detergente, bolsas de supermercado, y bolsas de cereal.	PVC puede ser flexible o rígido, y es usado para tuberías de drenaje, empaques para comida transparentes, plástico para envolver, juguetes de niños, manteles, pisos de vinilo, tapetes de juego para niños, y empaques de medicamentos en cápsula.	PEBD es usado para bolsas para lavandería, para pan, para periódico, para frutas y verduras, y para basura, así como para vasos de "papel" para bebidas y envases de "papel" para leche.	PP es usado para contenedores de yogurt, contenedores de comida de cafetería, muebles, maletas y aislamiento para ropa de invierno.	También llamado plumavit, unicef y más nombres, es usado para vasos, platos, contenedores para comida a domicilio, charolas para carne cruda, y material de relleno para envíos.	Cualquier artículo de plástico que no sea de los seis mencionados se pone en una misma categoría múltiple de plástico #7. Cosas como discos compactos, biberones de bebé, y faros de coche.
						

Figura 25: Tipos de plástico ©WalterPack en <https://www.walterpack.com/6-tipos-de-plasticos-y-sus-caracteristicas/>

Las opciones de valorización de plásticos se presentan en el capítulo (F) Valorización de residuos. Tenga en cuenta que debe evitarse fundir plásticos diferentes, ya que esto reduce la calidad del producto final [37] o incluso puede ser imposible debido a la inmiscibilidad [36], y hace imposible reciclar de nuevo los polímeros [38]. En el Recuadro 26 se presenta una recopilación de métodos para la identificación de plásticos.

⁸ Véase la ficha P3 Fusión/moldeo

Recuadro 26: Métodos de identificación de plásticos

Método	Explicaciones
Número de identificación del polímero 	La forma más fácil de identificar el polímero es buscar el código SPI (ver Figura 25).
Investigar la fuente	Investiga para qué se utilizó el plástico (envoltorio de comida, tapa de botella, bolsa de supermercado,...) y formula una hipótesis utilizando la información proporcionada en Recuadro 25.
"Sentir" (romper y escuchar) 	Al tocar el plástico también se nota cierta diferencia: – Los envoltorios de PP se sienten "grasientos," se pueden extender un poco – Los envoltorios de PET "suenan fuerte," como una fina lámina de aluminio. – Película de polímeros múltiples: Al intentar estirar una película, se pueden ver dos capas diferentes. Encontrará más información al respecto en Manual de plásticos preciosos [38]
Prueba de flotación 	Recorta un trozo plano de plástico y ponlo en agua dulce. Observa si flota o se hunde. – Flotan: LDPE, HDPE, PP y PS – Se hunden: PET, PVC El ensayo de flotación en otros líquidos puede realizarse para identificar otros polímeros, como se describe en el apartado «Propiedades de flotación» del Manual de Precious Plastic [38]
Prueba de llama (insegura)  ¡NO QUEME EL PVC!	Coge un trocito de plástico, sal al exterior y enciéndelo con un palo largo o una cerilla. Observa el color de la llama: – Llama azul con punta amarilla: LDPE, HDPE y PP – Llama amarilla y humo oscuro: PET y PS – Llama amarilla con punta verde: PVC Encontrará más información al respecto en Wasteaid toolkit [39]
Prueba de fusión	Al intentar fundir un plástico a diferentes temperaturas, se puede averiguar de qué polímero está hecho ese artículo. Encontrará más información al respecto en Manual de Precious Plastic [38]
Otros métodos	Otros métodos se aplican a nivel industrial: – Identificación por infrarrojos con transformada de Fourier (FTIR) – Clasificación mediante lámparas fluorescentes – Clasificación óptica automatizada

La contaminación por plásticos se ha convertido en uno de los problemas medioambientales más acuciantes, debido al rápido aumento de la producción de productos de plástico desechables y de un solo uso y a los bajos índices de reciclado. Por ello, han aparecido en el mercado nuevas alternativas a los plásticos convencionales con el nombre de "plástico de base biológica," "plástico biodegradable" y "plásticos oxo(bio)degradables".

Sin embargo, existe una confusión generalizada entre la gente acerca de la sostenibilidad y los impactos ambientales de estas diferentes alternativas y su nombre puede ser bastante engañoso, como se explica en el Recuadro 27.

Recuadro 27: Plástico biodegradable, plástico de base biológica, plásticos oxodegradables

Los términos “biobasado”, “biodegradable” y “oxo(bio)degradable” se utilizan hoy en día para referirse a las alternativas al plástico convencional. Sin embargo, estos términos pueden inducir a error sobre el impacto medioambiental de dichas alternativas. A continuación, algunas definiciones extraídas de la Comisión Europea [40] y de European Bioplastics [41, 42]:

- **Biodegradables:** Biodegradables en determinadas condiciones y pueden estar hechos de materiales basados en combustibles fósiles. La biodegradación es un proceso químico durante el cual los microorganismos convierten los materiales en agua, dióxido de carbono y compost sin aditivos artificiales. El proceso de biodegradación depende de las condiciones ambientales (temperatura, ubicación, etc.), del material y de la aplicación. [41].
- **Plásticos de origen biológico:** Plásticos fabricados total o parcialmente a partir de recursos biológicos en lugar de materias primas fósiles. No son necesariamente compostables o biodegradables. [40].
- **Oxo(bio)degradables:** Los plásticos oxo(bio)degradables se fabrican a partir de plásticos convencionales a los que se añaden aditivos específicos para imitar la biodegradación. [42]. Como tal, fragmenta el plástico en partículas muy pequeñas que permanecen en el medio ambiente (es decir, los llamados microplásticos). Los plásticos oxo(bio)degradables no son biodegradables. Hasta la fecha no existe ninguna norma o certificación internacionalmente establecida y reconocida sobre el plástico oxo(bio)degradable, por lo que es “sólo un término de marketing atractivo” [42] que actualmente se utiliza mucho y a menudo induce a error a los consumidores. También hay que tener en cuenta que, en algunos países, los plásticos oxo(bio)degradables suelen denominarse simplemente “plásticos biodegradables”, aunque no sean biodegradables.

Como se muestra en la Figura 26 los plásticos convencionales, así como los de base biológica PE, PET, PA, PTT no son biodegradables. Los únicos que son biodegradables son: PBAT, PCL, PLA, PHA, PBS y mezclas de almidón.

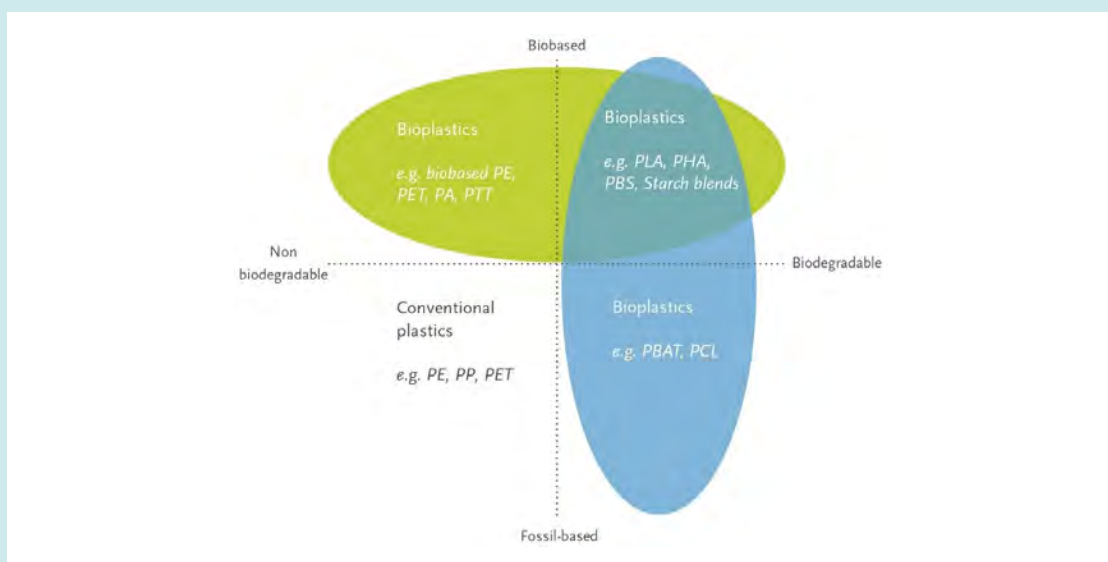


Figura 26: Origen del plástico y biodegradabilidad. Información en inglés [41]

Recursos adicionales:

-  Wasteaid, 2017. *Making Waste Work: A toolkit – How to prepare plastics to sell to market* [39]
-  Precious Plastic, 2017. *Manual 1.0* [38]
-  EuropeanBioplastics, 2021 – *Bioplastic materials* [41]
-  MOOC module – [Plastic waste management - Theory](#) (Eawag/Sandec)

(C) Reducción y reutilización de residuos

La mejor manera de gestionar los residuos es, en primer lugar, no producirlos. Por lo tanto, siempre hay que esforzarse por reducir la cantidad de residuos:

1. Evitar el consumo de bienes que generan grandes cantidades de residuos;
2. Adaptar la adquisición de bienes a las necesidades reales de la misma;
3. Reutilizar sistemáticamente materiales y objetos antes de que se conviertan en residuos.

A continuación figura una lista de elementos clave a tener en cuenta para reducir los residuos típicos generados en la escuela:

Residuos de cocina/comedor

- Cambiar el sistema de servicio para evitar que se sirvan restos de comida
- Implantar un sistema para saber cuántas personas comen al día
- Ajuste la proporción de alimentos cocinados por persona
- Invertir en un sistema de almacenamiento en frío

Residuos plásticos

- Compre productos a granel para evitar los envases de plástico pequeños
- Deje de utilizar plásticos de un solo uso y sustitúyalos por artículos reutilizables (por ejemplo, cubiertos, envases de bebidas, etc.)

Papel y cartón

- Optimizar el uso del papel
- Reutilizar los libros de texto y el cartón

Residuos sanitarios

- Promover alternativas higiénicas reutilizables (compresas reutilizables, copa menstrual, etc.)
- ¡ Si se promueven alternativas reutilizables, asegúrese de proporcionar la infraestructura y la formación necesarias para garantizar una reutilización segura e higiénica de los productos sanitarios.

Ver la herramienta 4.A1.2 para las estrategias de reducción específicas de los residuos.

(D) Separación de residuos

Separar los residuos en diferentes fracciones permite considerarlos como recursos potenciales y no ya como basura. Los residuos pueden separarse en diferentes momentos a lo largo de la cadena de gestión de residuos sólidos. Normalmente, cuando se realiza en el punto de generación, se denomina “segregación de residuos (segregation en inglés)”; y cuando primero se mezclan y luego se separan, se denomina “clasificación de residuos (sorting en inglés)”.

La segregación de residuos en origen es preferible a la clasificación de residuos, ya que permite una mayor calidad del material. La Tabla 6 ofrece una definición de segregación y clasificación de residuos y resume los principales pros y contras.

Tabla 5: Segregación y clasificación de residuos

	Definition	Pros and Cons
Segregación de residuos	Residuos separados en el origen, cuando los residuos se tiran a la basura, es decir, cuando se depositan en un contenedor.	⊕ Calidad del material (residuo = recurso) ⊖ Exigen un cambio de práctica y, por tanto, un cambio de comportamiento
Clasificación de residuos	Los residuos se mezclan primero en un contenedor y luego se separan en distintas fracciones	⊕ No requieren un cambio de práctica ⊖ Los materiales se ensucian y son más difíciles de reciclar

Se pueden implantar distintos sistemas de segregación de residuos:

- **Sistema de 2 contenedores:** orgánico + otros (es decir, húmedo y seco)
- **Sistema de 3 contenedores:** orgánico + reciclables + otros
- **Sistema de 4 contenedores:** orgánico + papel + otros reciclables + otros
- ...

Se aconseja instalar al menos un sistema de 2 contenedores para asegurarse de que los residuos orgánicos no ensucian el resto de los reciclables.

Tenga en cuenta que los contenedores no tienen por qué ser de plástico. También pueden hacerse con cajas de cartón u otros materiales (ver la Figura 27), botellas de PET, etc.



Figura 27: Ejemplos de contenedores de cartón ©Ciudad Saludable

Recuadro 28: Segregación de residuos y cambio de comportamiento

Recuerde que pedir a la gente que segregue sus residuos es pedirle un cambio de comportamiento. Como tal, va más allá de proporcionar únicamente la infraestructura adecuada a las personas; requiere el uso de formación adecuada y técnicas de cambio de comportamiento.

Ver el Cambio de comportamiento de la Parte 1 para más información.



Figura 28: Segregación de residuos ©Ciudad Saludable

Siempre que se implante un sistema de segregación de residuos, es importante:

- Garantizar un sistema de recolección selectiva para la fracción de residuos separada;
- Asegúrese de tener en cuenta las intervenciones de cambio de comportamiento (aspecto de software) para complementar la implementación de la infraestructura (aspecto de hardware).

Recursos adicionales:

 Mosler Contzen, 2016. *Systematic behavior change in water, sanitation and hygiene. A practical guide using the RANAS approach* [15]

 Cavin, 2017. *Behavior Change Manual* [17]

 Ranamosler.com

 MOOC module – [Triggering Community Participation with the RANAS approach](#) (Eawag/Sandec)

(E) Recolección de los residuos

Recoger residuos significa reunirlos en el lugar donde se producen y transportarlos, bien a un lugar de recogida intermedio (por ejemplo, un contenedor situado a la entrada del centro escolar, desde donde una persona externa va a venir a recoger los residuos), bien a un lugar final de reciclado o disposición.

Es importante recoger los residuos de forma segura y con la frecuencia suficiente para evitar atraer animales e insectos, el mal olor y la propagación de enfermedades. Las siguientes recomendaciones proceden de Wasteaid [43] y adaptadas al contexto escolar.

Papeleras y contenedores

Las papeleras y contenedores de basura son útiles para contener temporalmente los residuos antes de que sean recogidos para su disposición final o reciclaje. El tipo de contenedor y su tamaño pueden variar de un lugar a otro en función del material disponible localmente (plástico, metal, madera, etc.) y de las preferencias. Los tamaños pueden variar de 5L, contenedor pequeño, a 200L. El número de contenedores necesarios depende de la cantidad de residuos producidos y de la frecuencia de recolección. No hay que olvidar que el peso de la papeleras o contenedor lleno tiene que coincidir con el del transportista.

Equipos de limpieza

Una vez recogidos los residuos, es importante asegurarse de que la zona queda limpia de cualquier residuo. Como menciona Wasteaid [43], el tipo de equipo utilizado para limpiar el suelo depende de la naturaleza de los residuos, así como del estado del suelo.

Se pueden utilizar escobas y recogedores para limpiar las aulas, mientras que los recogedores de basura son útiles para recoger pequeños trozos de desperdicios esparcidos. Las escobas de paja o madera son útiles para barrer aceras y calles.

Transporte de residuos

Hay muchas formas de recoger y transportar los residuos en función de la cantidad y el tipo de material y de las distancias. Como menciona Wasteaid [43] los residuos pueden recogerse a mano en sacos o cestas de madera (a), transportarse con una carretilla o un carro de mano (b) o un remolque de bicicleta (c); para cantidades mayores, puede utilizarse un carro tirado por animales (d) o un vehículo motorizado (e), como se muestra en la figura 29. Figura 29.

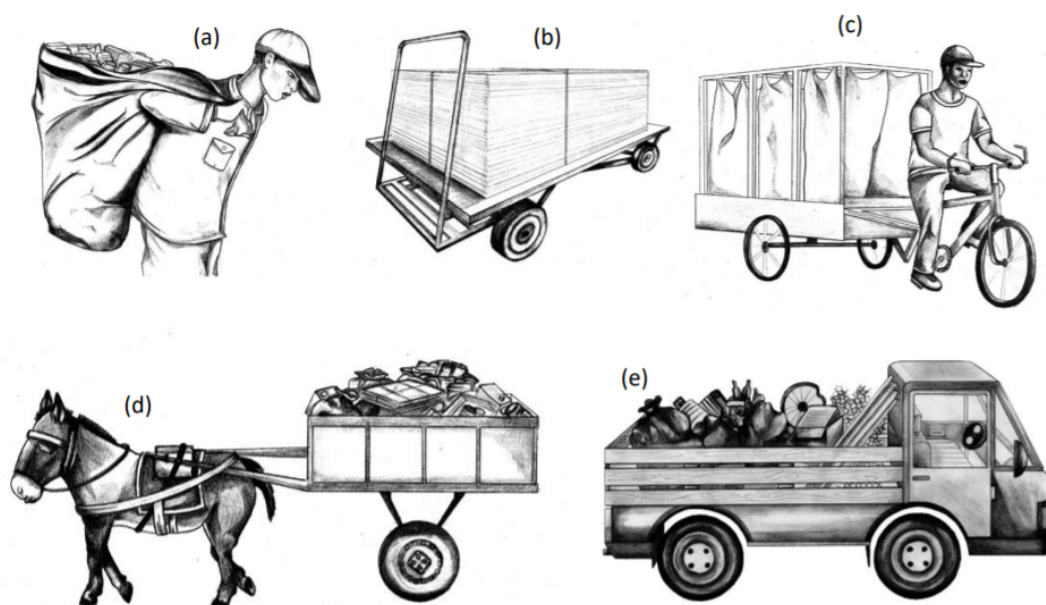


Figura 29: Formas de recolección de residuos - de [43]

Frecuencia de recolección

Los residuos sólidos deben recogerse con la frecuencia suficiente para que las cantidades producidas sean fácilmente manejables y no produzcan demasiadas molestias. Esto puede significar una recolección diaria, o dos o tres veces por semana. [43].

La frecuencia de recolección depende en gran medida del tipo de residuos recogidos y de las condiciones ambientales; en climas cálidos y húmedos, los residuos orgánicos empezarán a pudrirse rápidamente, generando mal olor y atrayendo insectos y otras plagas. En tales condiciones, se aconseja recoger los residuos orgánicos cada 1-2 días. Los materiales secos como el papel, los plásticos, el vidrio y el metal pueden almacenarse y recogerse con menos frecuencia.

Colocación de contenedores de residuos y rutas de recolección

Los contenedores y papeleras deben situarse en lugares estratégicos de generación de residuos para evitar que se ensucien y ser fácilmente accesibles para el equipo de recolección de residuos. Establecer una ruta de recolección es importante para ahorrar tiempo y esfuerzo. Una ruta de recolección establecida fomentará una rutina de limpieza en la escuela. Planifique la ruta de modo que sea lo más corta posible. Si la escuela está situada en una zona montañosa o en pendiente, intente terminar la ruta en la parte baja de la pendiente o colina para evitar transportar los residuos cuesta arriba.

Recursos adicionales:



Wasteaid, 2017. *Making Waste Work: A toolkit – How to collect waste safely and efficiently* [43]



Coffey et al., 2010. *Collection of Municipal Solid Waste in Developing Countries* [44]



MOOC module – [Waste collection and transport](#) (Eawag/Sandec)

(F) Valorización de los residuos

Dependiendo del tipo de residuo considerado, existen diferentes opciones de valorización. Solemos agrupar las opciones de valorización en dos categorías:

- **Opciones de valorización de residuos no orgánicos** (metal, vidrio, plásticos, etc.), comúnmente denominadas opciones de reciclado;
- **Opciones de valorización de residuos orgánicos** (residuos de cocina/comedor, residuos de jardines y parques, etc.), comúnmente denominadas opciones de tratamiento de residuos orgánicos.

Las opciones de valorización para cada categoría de residuos se describen en los siguientes subcapítulos.

Los elementos clave a tener en cuenta para seleccionar las opciones de valorización adecuadas se destacan en el Recuadro 29.

Recuadro 29: Elementos clave para seleccionar la opción de valorización adecuada

Es importante tener en cuenta que no todas las opciones se adaptan a todos los contextos, por lo que es muy importante seleccionar opciones de valorización que se ajusten al contexto técnico, económico y social del lugar concreto considerado. Las preguntas típicas a las que hay que responder para seleccionar una opción de valorización adecuada en un contexto determinado se resumen en la Tabla 7.

Tabla 7: Elementos técnicos, económicos, sociales y jurídicos y tomar en cuenta

Aspectos técnicos	Aspecto económico
– ¿Son adecuadas las características y cantidades de los residuos para la opción de valorización considerada? – ¿Hay acceso a expertos externos que puedan diseñar y construir instalaciones de tratamiento adecuadas en caso necesario? – ¿Existe en la escuela un nivel de conocimientos suficiente para manejar y mantener la instalación? Si no es así, ¿es posible formar al personal de la escuela al respecto?	– ¿Existe una demanda de mercado para el producto final (dentro o fuera de la escuela)? – ¿Es suficiente el presupuesto escolar para cubrir los costes de capital (CAPEX) y los costes operativos (OPEX)?
Aspecto social y educativo	Aspectos jurídicos
– ¿Es socialmente apropiado en el contexto dado utilizar el producto final? (por ejemplo, cocinar con biogás procedente de residuos, etc.) – ¿Tiene la escuela alguna mala/buena experiencia pasada con dicha opción de valorización que pudiera desaconsejar/favorecer el uso de dicha opción? – ¿Es posible vincular el uso de esta opción de valorización con algún fin educativo? (por ejemplo, vincular las prácticas de compostaje con cursos de ciencias sobre el crecimiento de las plantas, etc.)	– ¿Existe alguna legislación o política que impida el uso de esta opción de valorización? – ¿Existe alguna legislación o política que impida el uso del producto final? – ¿Existe alguna legislación o política que establezca normas de calidad del proceso o del producto final?

Residuos no orgánicos

Las opciones de valorización de residuos no orgánicos suelen denominarse “reciclaje”. Sin embargo, es importante distinguir tres ciclos posibles, en función de la calidad del producto final en comparación con el material inicial, tal como se presenta en el Recuadro 30.

Recuadro 30: Definiciones de reciclaje, upcycling y downcycling

 Reciclaje (recycling en inglés), convierte un material en algo de aproximadamente el mismo valor que tenía originalmente (por ejemplo, utilizar botellas de PET para fabricar nuevas botellas de PET, utilizar chatarra metálica para fabricar nuevos artículos metálicos, etc.).	 Upcycling, convierte un material en algo con más valor del que tenía originalmente (por ejemplo, usar bolsas de plástico para hacer bolsas, etc.).	 Downcycling, convierte un material en algo de menor valor que el que tenía originalmente (por ejemplo, fabricar ecobricks con botellas de PET y plásticos ligeros, etc.).
--	---	--

Normalmente, la demanda del mercado de productos reciclados es mayor que la de productos upcycled o downcycled. Por lo tanto, el reciclaje suele ser realizado por empresas con ánimo de lucro y, a menudo, a mayor escala que el upcycling y el downcycling, que suelen ser realizados por empresas sociales u organizaciones sin ánimo de lucro a menor escala.

Es importante mencionar que cuando un material se descicla o cuando se mezclan diferentes materiales plásticos, ya no es posible reciclarlos luego. Como regla general, recomendamos vincular los residuos reciclables producidos en la escuela con el sistema de reciclaje (in)formal existente, tal como se describe a continuación.

Sistema de reciclaje existente

En la mayoría de los casos, cuando algunos materiales de desecho tienen un valor en el mercado local de reciclaje, ya existe una cadena de reciclaje, también llamada cadena de valorización, ya sea formal o informal. [9]:

- El sistema formal de reciclaje implica la existencia de organizaciones y empresas registradas que compren los materiales reciclables y los venden a las instalaciones de reciclaje.
- El sistema de reciclaje informal implica a pequeñas empresas no registradas y a personas que extraen materiales reciclables del flujo de residuos para ganarse la vida y venden los materiales al sistema de valorización.

La cadena de valorización se explica en el siguiente subcapítulo.

El valor típico de los materiales reciclables, así como la complejidad técnica, la ocurrencia y la escala de los procesos de reciclado se presentan en el Recuadro 31. Se pueden encontrar ejemplos de procesos de reciclado en el vídeo del MOOC incluido en los recursos adicionales.

Recuadro 31: Panorama de los procesos de reciclado

La figura 30 ofrece una indicación comparativa entre los diferentes procesos de reciclado en términos de valor reciclable en el mercado, la complejidad del proceso de reciclado, si el proceso de reciclado tiene lugar habitualmente o no y la escala a la que suele tener lugar el proceso de reciclado (siendo la pequeña escala los individuos o las pequeñas empresas, y la gran escala las grandes empresas o la industria).

	Valor reciclable [Valor de mercado del material]	Complejidad [Complejidad técnica del proceso de reciclado]	Ocurrencia [Si el proceso de reciclaje existe habitualmente o no]	Escala [Tamaño habitual de la instalación de reciclado (de pequeña a gran escala)]
Papel	•	•	•••	• - •••
Vidrio	•(••)	••	••	•• - •••
Metal	••(•)	•	•••	• - •••
Plástico denso	••	•••	•(•)	•••

Donde: • bajo/ pequeño // ••• alto/ grande (ejemplo: el papel tiene un valor bajo en el mercado comparado con otros, ocurre muy a menudo a diferentes escalas (desde pequeños negocios de reciclaje hasta industrias a gran escala)).

Figura 30: Valor de los materiales reciclables, complejidad técnica, frecuencia y escala de los procesos de reciclado

⁹ En lugares remotos, el valor del vidrio es muy inferior debido al elevado coste del transporte, mientras que en las ciudades, el precio del vidrio sube rápidamente.

¹⁰ Los plásticos densos reciclados típicos son: PET y HDPE.

Recursos adicionales:

 MOOC module – [Recycling municipal waste](#) (Eawag/Sandec)

Cadena de reciclaje

Una cadena de reciclaje suele implicar varios pasos desde que se extrae un material reciclable del flujo de residuos hasta que se recicla.

En muchos países de renta baja y media-baja, esto implica a los recicladores informales, comerciantes intermedios, comerciantes principales (denominados como comerciantes Apex) y recicladores al final de la cadena, según la definición de ONU-Hábitat [9]:

Los recicladores informales extraen materiales reciclables del flujo de residuos para ganarse la vida, vendiéndolos al sistema de valorización.

Los comerciantes intermedios reciben materiales de los sistemas formales e informales de recolección de materiales reciclables (incluidos los recicladores), los almacenan y los preparan para su posterior comercialización a los comerciantes vértice.

Los comerciantes Apex reciben materiales de los comerciantes intermedios o directamente de los sistemas de recolección de materiales reciclables formales e informales (incluidos los recicladores), almacenan y preparan estos materiales para su posterior comercialización a los recicladores de final de cadena.

El reciclador de final de cadena recibe los materiales de los comerciantes de vértice o directamente de los sistemas de recolección de RSU formales e informales y los procesa en materiales y productos que tienen valor en la economía, ya sea a través del reciclaje, la incineración con valorización de energía u otro proceso de valorización.



Figura 31: Cadena de reciclaje [9]

Si se considera el entorno escolar, existen diferentes escenarios posibles para vincular la escuela con el sistema de reciclaje (in)formal existente: A) los reciclables pueden ser recolectados por recicladores, o B) los reciclables pueden ser vendidos a comerciantes intermedios. Los pros y contras de ambos escenarios se describen en la Tabla 8.

Escenarios	Pros	Contras
A) Reciclables recogidos por los recicladores	– Sin trabajo adicional para la escuela (sólo se proporciona acceso al centro escolar) – Mejorar los medios de subsistencia de los recicladores	– No hay ingresos para la escuela por la venta de materiales reciclables – Limitadas actividades educativas relacionadas con esta práctica
B) Reciclables vendidos a comerciantes intermedios	– Generación de ingresos para la escuela por la venta de materiales reciclables – Alto potencial para actividades educativas (por ejemplo, clasificación de residuos, contabilidad, etc.)	– Más trabajo y logística para la escuela – Necesidad de una zona designada para clasificar y almacenar los materiales reciclables – Se necesita una persona responsable para gestionar la venta de materiales reciclables

Tabla 8: Escenarios para vincular las escuelas con el sistema (in)formal de reciclaje existente pros y contras

En el siguiente subcapítulo se ofrece más información sobre cómo aumentar el valor de mercado de los materiales reciclables en el escenario B.

Recursos adicionales:

 UN-Habitat, 2021. *Waste Wise Cities Tool (Step 4)* [4]

Aumento del valor de los materiales reciclables

El valor de los materiales reciclables en el mercado del reciclaje dependerá de la cantidad y la calidad del material.

Los reciclables de buena calidad son definidos por Wasteaid [39] como

- **Limpio y seco**, sin restos de comida, suciedad o lluvia.
- **Muy bien clasificado**, con sólo el tipo de reciclable que el comprador desea
- **Compactada y embalada** siempre que sea posible, para reducir el coste del transporte.

La Tabla 9 muestra algunos pasos clave para aumentar el valor de los materiales reciclables. Esta tabla fue adaptada de Wasteaid centrándose principalmente en cómo preparar los plásticos para venderlos al mercado [39].

Limpieza	Secado	Clasificación	Compactación y almacenamiento
– Vaciar el contenido de los contenedores – Eliminar otros materiales – Lavar a mano en bidones o contenedores grandes (puede utilizar jabón para eliminar el aceite)	– Secar al sol – Utilizar un ventilador para secar	– Retirar todo el material no deseado (etiquetas, pegatinas, tapa, etc.) – Separar los materiales por tipo y color en función de la solicitud del comprador	– Asegurar de almacenar el material de la forma más compacta posible (bolsa de yute, cajas metálicas, cajas de cartón, etc.).

Tabla 9: Pasos del pretratamiento para aumentar el valor de los reciclables, adaptado de Wasteaid [39]

A continuación figura una lista de recomendaciones por material reciclable:

- **Vidrio:** Asegurar de no romper el vidrio¹¹ ; Limpie y seque el vidrio; Clasifique por color de vidrio si es necesario.
- **Papel:** Evitar arrugar el papel; Manténgalo seco; Clasifique el papel por tipo de papel (periódico, papel, etc.); Compacte el papel para reducir el volumen.
- **Cartón:** Mantenerlo seco; Clasificar el cartón por tipo de cartón (cajas de cartón, cajas de huevos, etc.); Compactar el cartón para reducir su volumen.
- **Metal:** Limpiar y secar metales; clasificar metales férricos y no férricos
- **Plástico:** Limpiar y secar el plástico; Clasificar el plástico por tipo según las necesidades del mercado de reciclado (ver Recuadro 26 para más información sobre los métodos de identificación); Compactar los plásticos para reducir su volumen

Además, la cantidad afectará al precio que un comprador daría por un determinado material. Si las cantidades son lo suficientemente grandes, el comprador podría enviar un vehículo a recogerlo, reduciendo así la logística necesaria para la manipulación de los materiales reciclables. Por lo tanto, recomendamos contar con un sistema de almacenamiento de materiales reciclables, comúnmente conocido como Instalación de Recuperación de Materiales, (MRF, por sus siglas en inglés), para que los diferentes materiales reciclables puedan almacenarse durante un tiempo antes de alcanzar las cantidades deseadas para ser recogidas por el comprador o compradores.

Encontrará más información sobre las instalaciones de recuperación de materiales en la ficha R.1 MRF.

Recursos adicionales:



Wasteaid, 2017. *Making Waste Work: A toolkit – How to prepare plastics to sell to market* [39]

Opciones de valorización de plásticos

En el caso de los plásticos que no tienen valor comercial, como las películas de plástico (LDPE, PP, etc.), existen opciones para reciclarlos y reducirlos de categoría con soluciones de baja tecnología fácilmente aplicables en un contexto escolar.

Entre ellos, recomendamos:

- **P1 Ecobricks** - Material de construcción fabricado con botellas de PET rellenas de film plástico
- **P2 Adoquines** - Fusión de plástico LDPE con arena para fabricar adoquines
- **P3 Trituración** - Romper el plástico en trozos más pequeños para su posterior transformación o venta¹²
- **P4 Extrusión** - Extrusión de residuos plásticos en filamento para crear nuevos¹²
- **HC.1 Ganchillo de film de plástico** - Opción artesanal para tejer a ganchillo film de plástico y convertirlo en bolsas y esterillas

La Tabla 10 resume el concepto principal, así como las ventajas y limitaciones de cada una de estas opciones.

Encontrará información detallada sobre cada opción en las fichas P1 Ecobricks, P2 Adoquines, P3 Trituración, P4 Extrusión, HC.1 Ganchillo de película de plástico.

Tenga en cuenta las preguntas destacadas en el Cuadro 7 para elegir una opción de valorización adecuada en su contexto.

Recursos adicionales:



MOOC module – [Plastic waste management - Examples](#) (Eawag/Sandec)

¹¹ En las zonas urbanas, el vidrio sin romper puede ser retirado del proveedor.

¹² Trituración y extrusión realizadas con tecnologías Precious Plastic: <https://preciousplastic.com/>

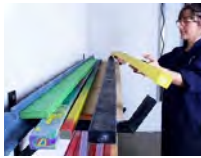
Opciones	Concepto / Producto	Ventajas y limitaciones	Principales referencias adicionales
P1 Ecobricks 	Crear material de construcción a partir de PET relleno de plástico ligero	⊕ Muy fácil de hacer; Fácilmente reproducible en casa; Apto para todo tipo de film plástico (envases, envoltorios,...); Fácil forma de almacenar el plástico y evitar tirar basura ⊖ Opción de reciclado descendente; Sin valor económico; La relevancia dependería de la cantidad de botellas de PET producidas en la escuela y de la necesidad de dicho material de construcción en la escuela.	Wasteaid 2017 [45] Ecobricks.org 2014 [46]
P2 Adoquines 	Refundición de LDPE (bolsas de plástico,...) para producir adoquines de pavimentación	⊕ Tecnología relativamente fácil de usar (sólo barril, cocido y molde); Producto final útil. ⊖ Opción de "downcycling"; Debe disponerse de arena; La temperatura de fusión debe estudiarse cuidadosamente para evitar que el plástico se queme (riesgo de impacto medioambiental y sanitario).	Wasteaid 2017 [47]
P3 Trituración 	Descomposición del plástico en trozos más pequeños para su posterior transformación o venta	⊕ Primer paso importante para la mayoría de los procesos de reciclado de plástico; forma eficaz de granular el plástico y reducir el volumen de almacenamiento. ⊖ Necesita maquinaria; Necesita una cuidadosa clasificación de los plásticos	Precious Plastic, 2017 [38] Página web de la trituradora Precious Plastic
P4 Extrusión 	Extrusión de plástico específico (normalmente HDPE o PP) para producir filamento de plástico	⊕ Opción de upcycling; se podrían diseñar varios tipos de productos en función de las necesidades de la escuela. ⊖ Necesidad de maquinaria y conocimientos técnicos; Necesidad de una cuidadosa clasificación de los plásticos (la extrusión sólo puede realizarse con un tipo de plástico).	Precious Plastic, 2017 [38] Página web de la trituradora Precious Plastic
HC.1 Ganchillo de película de plástico 	Cree bolsas y alfombrillas de plástico a ganchillo	⊕ Muy fácil de hacer; Fácilmente replicable en casa; Adecuado para todo tipo de film plástico (envases, envoltorios,...) ⊖ Bajo valor económico; con este proceso se pueden reciclar cantidades limitadas de plástico film.	Wasteaid 2017 [48]

Tabla 10: Resumen de las opciones de valorización de plásticos de baja tecnología para las escuelas

Residuos orgánicos

Existen varias opciones de tratamiento de residuos orgánicos (para más información, consulte los recursos adicionales). Entre ellas, y considerando un entorno escolar, recomendamos las siguientes opciones:

- **O.1 Alimentación animal directa** - Utilización de residuos orgánicos para alimentar a animales como los cerdos.
- **O.2 Compostaje** - Degradación aeróbica de residuos orgánicos para producir compost
- **O.3 Vermicompostaje** - Degradación aeróbica de residuos orgánicos con lombrices
- **O.4 Producción de biogás** - Degradación anaeróbica de residuos orgánicos para producir biogás

Nótese que para cada una de estas opciones es necesario disponer de residuos orgánicos puros y, por lo tanto, debe aplicarse y controlarse cuidadosamente la segregación de residuos en origen.

La Tabla 11 resume el concepto principal, así como las ventajas y limitaciones de cada una de estas opciones.

Encontrará información detallada sobre cada opción en las fichas O.1 Alimentación animal directa, O.2 Compostaje, O.3 Vermicompostaje, O.4 Producción de biogás.

Para definir qué opción debe utilizarse en el contexto de su centro escolar, tenga en cuenta las preguntas destacadas en la Tabla 7.

Opciones	Concepto / Producto	Ventajas y limitaciones	Principales referencias adicionales
O.1 Alimentación animal directa 	Utilización de residuos orgánicos para alimentar a animales como los cerdos	➕ Práctico en gran medida; Muy fácil de hacer; No requiere infraestructura ni costes asociados de funcionamiento y mantenimiento. ➖ Valor económico limitado; Relación limitada con fines educativos; El uso de residuos orgánicos para alimentar animales podría estar restringido por ley para evitar la transmisión de enfermedades.	Lohri et al. 2017 [49]
O.2 Compostaje 	Degradación aeróbica de residuos orgánicos para producir compost	➕ Tecnología sencilla y robusta; Bajos costes de capital y de funcionamiento; Se requieren conocimientos técnicos limitados; El compost se puede utilizar en el huerto escolar y en zonas verdes; Fácil de vincular con fines educativos. ➖ Requiere una superficie de terreno grande y bien localizada; Se necesita mucho tiempo de tratamiento (3-6 meses)	Wasteaid 2017 [50]; CCAC, 2016 [51]; Rothenberger et al. 2006 [52] Kit Escuelas Azules (8.1-2) [53] Módulo MOOC sobre compostaje
O.3 Vermicompostaje 	Degradación aeróbica de residuos orgánicos con lombrices para producir vermicompost	➕ Infraestructura limitada; Conocimientos técnicos limitados; Producto final de mayor calidad que el compostaje; Fácil de vincular con fines educativos. ➖ Se recomienda una fase de precompostaje; se requiere una superficie considerable; las lombrices son sensibles a las condiciones ambientales y a las variaciones climáticas.	Wasteaid 2017 [55]; Vögeli et al. 2014 [56]; Kit Escuelas Azules (8.4) [53] Módulo MOOC sobre vermicompostaje
O.4 Producción de biogás 	Degradación anaeróbica de residuos orgánicos para producir biogás	➕ Produce biogás que puede utilizarse para cocinar in situ; Tiempo de tratamiento más corto que el compostaje (10-40 días). ➖ Se requiere un diseño experto y habilidades para la construcción; Costes de inversión de nivel medio; Conocimientos técnicos necesarios para el funcionamiento y mantenimiento; Necesidad de tratar los purines de digestato.	Wasteaid 2017 [55]; Vögeli et al. 2014 [56]; Kit Escuelas Azules (8.4) [53] Módulo MOOC sobre digestión anaerobia

Tabla 11: Opción de tratamiento de residuos orgánicos para escuelas

Recursos adicionales:

-  Zurbrügg, 2017. *Biowaste management: the key to sustainable municipal solid waste management* [33]
-  Lohri et al., 2017. *Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products: a review with focus on low- and middle-income settings* [49]
-  Zabaleta et al., 2020. *Selecting Organic Waste Treatment Technologies (SOWATT)* [31]
-  MOOC module – [Overview of biowaste treatment technologies](#) (Eawag/Sandec)

(G) Disposición final de los residuos

La disposición final de los residuos debe hacerse de forma que se controlen y limiten los impactos sobre el medio ambiente y la salud pública (ver ejemplos de impactos en el capítulo “Impacto de la mala gestión de residuos”). Entre las prácticas habituales de disposición final, podemos mencionar el vertido y la incineración. En este caso, es importante distinguir entre el relleno sanitario, el vertedero y el botadero a cielo abierto, así como entre la quema y la incineración a cielo abierto, como se muestra en la Figura 32. Figura 32.

En entornos de ingresos bajos a medios, la incineración no suele recomendarse debido al tipo de residuos muy húmedos que se generan y al elevado coste asociado a las tecnologías de incineración adecuadas, por lo que debe preferirse el depósito en rellenos sanitarios (ver los recursos adicionales para obtener más información sobre el depósito en rellenos sanitarios y el nivel de control definido por ONU-Hábitat [9]).

RELLENO SANITARIO VS BOTADERO A CIELO ABIERTO		
 Relleno sanitario Características:: – Acceso controlado (vallas) – Estrategia de disposición de residuos – Lixiviados y medidas de prevención de la contaminación (geomembrana) – Compactación de residuos – Capa de cobertura para residuos – Sin quema de residuos	 Vertedero controlado Características:: – Acceso controlado (vallas) – Estrategia de disposición de residuos – Sin medidas de prevención de lixiviados/contaminación – Compactación de residuos – Capa de cobertura para residuos – Sin quema de residuos	 Botadero (incontrolado) Características:: – Vertido de residuos, sin estrategia – Sin medidas de prevención de lixiviados/contaminación – Sin compactación de residuos – Quema de residuos
INCINERACIÓN VS QUEMA AL AIRE LIBRE		
 Incinerador Características:: – Combustión completa (oxígeno suficiente + alta temperatura) – Control y limpieza de gases y humos – MUY CARO Y DE ALTA TECNOLOGÍA	 “Quemador” Características:: – Residuos quemados en un “incinerador” que en realidad actúa como un quemador de residuos (combustión poco controlada). – No hay combustión completa – Sin control ni limpieza de gases y humos	 Quema al aire libre Características:: – Residuos quemados al aire libre (quema incontrolada) – No hay combustión completa – Sin control ni limpieza de gases y humos

Figura 32: Definición y características de las principales prácticas de disposición final de los residuos

En un entorno escolar, los residuos generados que no pueden reciclarse o recuperarse suelen entregarse para su disposición final fuera del centro escolar a un servicio de gestión de residuos sólidos (normalmente proporcionado por el municipio o una entidad privada) o se disposición final in situ.

Para la disposición final de los residuos in situ, se recomienda depositar los residuos en fosas que tengan las siguientes características clave¹³ :

- Ubicación designada y control de acceso
 - Los residuos se depositan en una única zona designada (denominada fosa de residuos)
 - El acceso a personas y animales se limita mediante vallas o barreras
- Medidas de protección del medio ambiente:
 - o Contaminación atmosférica y soplado de residuos
 - No se queman residuos
 - Las zonas verdes de amortiguación con árboles o arbustos se utilizan para reducir el impacto visual, reducir los residuos que sopla el viento y actuar como filtro vegetal para la reducción potencial de las emisiones de olor.
 - Los residuos se cubren regularmente con una capa de tierra para evitar su transporte por el viento, así como la presencia de pájaros y alimañas.
 - o Protección de las aguas subterráneas:
 - El fondo de la fosa de residuos está situado muy por encima del nivel más alto de las aguas subterráneas (>2m)
 - Se excavan pequeñas bermas y zanjas alrededor de la fosa de residuos para evitar la acumulación de agua de lluvia en su interior.
 - Si es posible, una capa de arcilla debe cubrir el fondo y las paredes para evitar la filtración de agua al medio ambiente.

Estos elementos se resumen en la ficha D.1 Fosa de residuos.

Recursos adicionales:



Jaramillo, 2003. *Guidelines for the design, construction and operation of manual sanitary landfills* [57]



Wasteaid, 2017. *Making Waste Work: A toolkit – How to design and operate a basic waste disposal site* [58]



Blue Schools Kit, 2018. *Blue Schools - Linking WASH in schools with environmental education and practice, Catalogue of Technologies (8.5)* [53]



UN-Habitat, 2021. *Waste Wise Cities Tool - Step by step guide to assess a city's municipal solid waste management performance through SDG indicator 11.6.1 Monitoring (Step 5)* [9]



MOOC module – [Upgrading a Dump Site](#) (Eawag/Sandec)

¹³ Estas características corresponden al nivel básico de control definido por ONU-Hábitat [9].

Parte 4 –

Herramientas



Resumen: Cuando movilice a su equipo para poner en marcha un proyecto Cero Residuos, es importante que todos los implicados comprendan los principios clave del Cero Residuos y se pongan de acuerdo sobre los principales pasos y actividades del proyecto. Esto garantizará la transparencia del proceso y sentará unas bases sólidas para que el proyecto se desarrolle sin problemas.

Descripción

El planteamiento Cero Residuos se basa en los siguientes principios:

1. **Jerarquía de residuos**, donde la atención se centra en prevenir la generación de residuos en el centro escolar para reducir la cantidad de residuos generados;
2. **Economía circular**, cuyo objetivo es cerrar los circuitos de materiales y recursos lo más cerca posible de la fuente de generación de residuos, de modo que se puedan reciclar más materiales y recursos dentro y/o fuera de la escuela;
3. **Cambio de comportamiento y aprendizaje mediante la práctica**, cuyo objetivo es que toda la comunidad escolar pueda experimentar prácticas sostenibles y que se anime a los alumnos a adoptarlas en su vida cotidiana;
4. **Planificación estratégica participativa**, cuyo objetivo es implicar a una amplia variedad de partes interesadas de la escuela para elaborar un Plan de Acción hacia Cero Residuos adaptado al contexto escolar, y que sigue un enfoque estructurado que permite tomar decisiones basadas en datos.

La presentación de estos principios clave al público del centro escolar (ya sea el Comité Cero Residuos o los responsables de la institución) es fundamental para garantizar que todo el mundo los entiende y está de acuerdo con ellos.

Además, las etapas y actividades clave del proyecto deben presentarse y adaptarse en función de las necesidades para que los principales interesados puedan ponerse de acuerdo al respecto. En la herramienta 1.B1 encontrará una presentación predefinida. La información general sobre la gestión de residuos sólidos y los impactos relacionados mencionados en los recursos técnicos pueden añadirse a la presentación cuando sea necesario.

Recursos

Herramienta 1.B1 Principios del Cero Residuos y visión general del proceso de planificación

Recursos adicionales:

Jerarquía de residuos:

 Wilson, D.C., 2015. *Global Waste Management Outlook* [5]

Economía circular:

 Ellen MacArthur Foundation (2013) [3]

 Youtube video – [Explaining Circular Economy and How Society Can Re-Think Progress](#) (Ellen MacArthur Foundation)

 [Ellen MacArthur Foundation](#)

Cambio de comportamiento y aprendizaje práctico

 UNESCO, 2014. *Shaping the Future We Want* [1]

 UNESCO, 2018. *Issues and trends in Education for Sustainable Development* [10]

 Mosler Contzen, 2016. *Systematic behavior change in water, sanitation and hygiene. A practical guide using the RANAS approach* [13]

 Cavin, 2017. *Behavior Change Manual* [15]

 MOOC module – [Triggering Community Participation with the RANAS approach](#) (Eawag/Sandec)

 [Ranamosler.com](#)

Planificación estratégica:

 Lüthi et al., 2011. *Community-Led Urban Environmental Sanitation Planning: CLUES* [11]

 Wilson et al., 2001. *Strategic Planning Guide for Municipal Solid Waste Management* [12]

 Online course – [From Data to Tangible Impact: Achieving Waste SDGs by 2030](#) (UN-Habitat)

Resumen: El estudio de caracterización de los residuos tiene por objeto determinar la cantidad y la composición de los residuos producidos. Dicha información servirá, en particular, para identificar el potencial de reducción/minimización de residuos, las opciones de tratamiento y valorización y la optimización de la gestión de residuos (separación, recolección y disposición final).

El estudio de caracterización de los residuos suele realizarse durante una semana en una zona definida.

Descripción

El estudio de caracterización consiste en recoger los residuos diariamente, a lo largo de una semana, y cada día: pesar los residuos, caracterizar los residuos (es decir, separar los residuos recogidos en diferentes fracciones de residuos, pesar cada fracción por separado) e informar de la información recogida en un documento. Al final de la semana, se puede obtener una media de la producción de residuos por día. Se aconseja repetir este estudio de caracterización en diferentes épocas del año para captar las variaciones estacionales.

El estudio de caracterización de los residuos debe (i) proporcionar información/datos coherentes, (ii) ser sencillo, cómoda y repetible y (iii) la información/datos deben recopilarse y comunicarse de forma que permitan una evaluación eficaz de las oportunidades de reducción de residuos y la optimización de la gestión.

En el cuadro siguiente se describen los pasos clave.

Pasos

- Paso 1.** Adaptar el proceso del estudio al entorno y las prioridades del centro escolar (ver la Guía 2.A1)
- Paso 2.** Definir el momento y el lugar del estudio de caracterización
- Paso 3.** Preparar el equipo y la logística (equipo del estudio y período, calendario y lugar de las mediciones) (2 días)
- Paso 4.** Conseguir el equipo necesario (1-2 días)
- Paso 5.** Formar a las personas que realizarán el estudio de caracterización de residuos (1 día)
- Paso 6.** Realizar el estudio de caracterización (6-8 días)
- Paso 7.** Completar los datos y analizar los resultados (3 días)

Recursos

Guía 2.A1 Estudio de caracterización de los residuos en la escuela - Procedimiento

Herramienta 2.A1.1 Hoja de registro para los resultados del estudio de caracterización

Herramienta 2.A1.2 Hoja de registro para el análisis de la composición de los residuos

- A. Cocina/cantina
- B. Otros

Recursos adicionales:

 UN-Habitat, 2021. *Waste Wise Cities Tool (Step 2)*

 Wasteaid, 2017. *Making waste work: A toolkit – How to measure your waste*

 MOOC module – [Conducting a Waste Generation and Characterization Study](#) (Eawag/Sandec)

Resumen: Los indicadores de referencia Wasteaware (WABIs) comprenden indicadores cuantitativos y cualitativos utilizados para evaluar y valorar los componentes físicos y el aspecto de gobernanza de los sistemas de gestión de residuos sólidos. Fueron desarrollados por Wilson et al. (2015) para comparar los servicios de gestión de residuos sólidos de diferentes ciudades de todo el mundo y se adaptaron a entornos escolares.

Descripción

Los WABIs utilizan un conjunto de indicadores cuantitativos y cualitativos que cubren los aspectos de:

- **Recolección de residuos** - Porcentaje de residuos recogidos y calidad de la recolección de residuos
- **Tratamiento y disposición final de los residuos** - Porcentaje de residuos tratados y con disposición final in situ y calidad de la protección medioambiental de los métodos de tratamiento y disposición final.
- **Gestión de recursos** - Índices de reciclaje y calidad de las 3R - Reducir, Reutilizar, Reciclar
- **Inclusión de las partes interesadas** - ¿Hasta qué punto participan las partes interesadas en el servicio de GRS?
- **Sostenibilidad financiera** - ¿Hasta qué punto es sostenible financieramente el servicio de GRS?
- **Instituciones y políticas sólidas** - Capacidad institucional escolar para una gestión adecuada de los residuos sólidos

La información necesaria se recopila mediante observación, estimación y entrevistas y se introduce en un archivo Excel (herramienta 2.A2). Cada indicador se puntúa en una escala de 5 opciones, desde muy bajo, hasta muy alto. En la herramienta 2.A2 se ofrece orientación sobre cómo evaluar cada indicador.

Los resultados se calculan automáticamente mediante un sistema de colores en forma de “semáforo”, que ayuda a visualizar dónde se necesitan mejoras para conseguir un sistema de GRS más seguro que proteja el medio ambiente y la salud humana.

Pasos

- Paso 1.** Familiarizarse con la herramienta 2.A2 (1/2 día)
- Paso 2.** Realizar entrevistas con las principales partes interesadas, observación del terreno y rellenar la herramienta 2.A2 (~3-5 días)
- Paso 3.** Comprobar la coherencia de los resultados con las principales partes interesadas (1/2 día)

Recursos

Herramienta 2.A2 WABIs para la escuela

Recursos adicionales:



Wilson, et al., 2015 “Wasteaware’ benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities”



MOOC module – [Comparing cities’ performance](#) (Eawag/Sandec)

Resumen: Avanzar hacia una escuela con Cero Residuos va más allá de la mera gestión de residuos. La evaluación de todos los recursos y materiales producidos y consumidos en la escuela en términos de suministro de agua, sistema de saneamiento y energía ayudará a identificar posibilidades de mejora y sinergias en las opciones de valorización de materiales.

Descripción

Con el fin de cerrar el círculo de todos los recursos y materiales, también deben examinarse el suministro de agua, los sistemas de saneamiento y las fuentes de energía y el consumo de la escuela. Los principales datos de interés son:

- **Parte 1 - Agua:**
 - ¿Cuánta agua se consume en la escuela y de qué fuentes?
 - ¿El agua potable es siempre accesible o no?
 - ¿Hay algún sistema de tratamiento del agua?
 - ¿Cumple la calidad del agua las directrices de la OMS en cuanto a presencia de cloro residual, E. Coli, arsénico y plomo? (ver los valores en la herramienta 2.A3)
 - ¿Existe algún sistema de almacenamiento y cómo se mantiene?
 - ¿Qué tipo de prácticas se llevan a cabo en la escuela para aplicar el concepto de las 3R al agua?
- **Parte 2 - Saneamiento:**
 - ¿Qué tipo de aseos se utilizan en la escuela?
 - ¿Qué tipo de sistema de recolección, almacenamiento y/o tratamiento se utiliza?
 - ¿Existe algún sistema de tratamiento de aguas residuales o está conectado a un alcantarillado?
 - ¿Cuántos baños (utilizables) hay?
 - ¿En qué estado se encuentran estos baños?
 - ¿Funciona correctamente el sistema de saneamiento o hay problemas de olores, desbordamientos, etc.?
- **Parte 3 - Energía:**
 - ¿Cuánta energía se consume en la escuela y en qué forma? (electricidad, combustible para cocinar, etc.)
 - ¿Cuáles son las principales fuentes de electricidad/energía?
 - ¿La energía está siempre accesible/disponible o no?
 - ¿Qué tipo de prácticas se llevan a cabo en la escuela para aplicar el concepto de las 3R a la energía?

Para acceder a esta información, puede utilizar los cuestionarios prefabricados de la herramienta 2.A3. Tenga en cuenta que puede ser necesario adaptar los cuestionarios a su contexto específico.

Las personas capaces de responder a estas preguntas en la escuela suelen ser:

- Administrador escolar (para las facturas y el pago del suministro de agua y energía)
- Técnicos o conserjes escolares

En el cuadro siguiente se describen los pasos clave.

Pasos

- Paso 1.** Adaptar el cuestionario al contexto escolar (1/2 día)
- Paso 2.** Concertar una cita para las entrevistas y la observación sobre el terreno y enviar el cuestionario al entrevistado (1/2 día)
- Paso 3.** Llenar el cuestionario (1-4 días)*.
- Paso 4.** Análisis preliminar de los resultados (1 día)

- El tiempo necesario depende de la información ya disponible

Recursos

Herramienta 2.A3 Cuestionarios de evaluación del agua, saneamiento y energía

Recursos adicionales:



Schelbert et al., *Facility Evaluation Tool for WASH in Institution* ([FACET](#))

Resumen: El planteamiento de Cero Residuos en las escuelas se apoya mejor si existen estrategias educativas que permitan a los alumnos experimentar prácticas de Cero Residuos dentro y fuera de las aulas. La revisión de los programas escolares ayuda a analizar las posibilidades de integrar o añadir temas relacionados con la iniciativa Cero Residuos en las actividades curriculares y extracurriculares.

Descripción

El planteamiento Cero Residuos en las escuelas se centra en el aprendizaje, la aplicación y la práctica, de modo que los alumnos puedan experimentar las estrategias para reducir, reutilizar, reciclar y valorizar los residuos dentro y fuera de las aulas. Lo ideal sería que la educación sobre Cero Residuos se incorporara a las distintas asignaturas de los planes de estudio, más allá de las materias científicas. Siguiendo la recomendación de la UNESCO sobre la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) (UNESCO, 2018), debería preferirse la enseñanza práctica a la enseñanza teórica dirigida únicamente al conocimiento y la comprensión.

La revisión de los planes de estudio o currículo ayudará a analizar la situación actual en cuanto a la enseñanza del Cero Residuos, así como a identificar las posibilidades de mejora para que los temas relacionados con Cero Residuos puedan integrarse con éxito en los planes de estudio y en las actividades extraescolares.

Para ello, le recomendamos:

1. Comprobar las estrategias y políticas nacionales de los ministerios de Educación y de Medio Ambiente para ver si existe alguna estrategia educativa que pueda apoyar la aplicación del planteamiento de Cero Residuos;
2. Compruebe los programas escolares actuales para ver si los temas medioambientales y/o de GRS están cubiertos o no y cómo;
3. Debatir con los docentes y el director durante el taller para ver si habría alguna idea sobre cómo integrar el concepto de Cero Residuos en la enseñanza en el aula y en las actividades extraescolares, y cuáles serían los principales retos que habría que superar para hacerlo.

Los objetivos típicos de un taller de evaluación curricular son:

1. Revisar los planes de estudios existentes sobre medio ambiente y residuos en todos los niveles de edad.
2. Analizar las posibilidades de integrar/añadir temas pertinentes en los planes de estudios.
3. Consolidar ideas para integrar los temas relacionados con Residuos Cero en las asignaturas escolares pertinentes en la enseñanza en el aula.
4. Desarrollar planes para incluir actividades relacionadas con Cero Residuos en las actividades extraescolares.

En el cuadro siguiente se resumen los pasos clave.

Pasos

- Paso 1.** Revisar de las estrategias y políticas educativas nacionales (3 días)
- Paso 2.** Comprobar los planes de estudio actuales para ver si los temas medioambientales y/o de gestión de GRS están incluidos en los planes de estudio. Cubierto o no y cómo (2 días)
- Paso 3.** Organizar un taller sobre la evaluación de los planes de estudios con los docentes y el director* (1/2 día)
- Paso 4.** Consolidar ideas para integrar temas medioambientales y/o de GRS en el aula (2 días)

- Puede utilizar la Herramienta 2.A4.1 para ayudarle a definir los temas de Cero Residuos.

Recursos

Herramienta 2.A4.1 Lista de temas educativos relacionados con Cero Residuos

Herramienta 2.A4.2 Matriz de evaluación de los planes de estudios

Recursos adicionales:

 UNESCO, 2014. *Shaping the Future We Want*

 UNESCO, 2018. *Issues and trends in Education for Sustainable Development*

Resumen: El análisis de las partes interesadas es el proceso de identificar quién tiene interés, es importante o influye en un proceso o proyecto específico (CLUES, 2011). La presente herramienta sugiere un procedimiento para analizar a las partes interesadas y ayuda a determinar la participación adecuada de las partes interesadas.

Descripción

Identificar a todas las partes interesadas y comprender sus necesidades y su postura ante los cambios en el sistema de GRS ayudará al proceso de planificación. Para ello, es importante tener en cuenta los siguientes elementos::

- Papel en la GRS: ¿En qué etapa de la GRS desempeñan un papel?
- Impacto: ¿Cómo les afectaría un Plan de Acción Cero Residuos? (de menor a mayor)
- Influencia: ¿Qué influencia tienen en el éxito de la implantación? (de baja a alta)
- Prioridad: ¿Qué es importante para esta parte interesada?
- Contribución: ¿Cómo pueden contribuir al éxito de la implantación de Cero Residuos?
- Oposición: ¿Cómo podrían bloquear el éxito de la aplicación?
- Participación: ¿Cómo participarán en la elaboración y aplicación del Plan de Acción?

En un entorno escolar, los grupos de interés típicos son: alumnos, docentes, funcionarios escolares, personal no docente, padres de alumnos, empresa de GRS (si la hay), recicladores de residuos formales/informales (si los hay).

El impacto, la influencia, la prioridad, la contribución, la oposición y las opciones de compromiso de las partes interesadas pueden recogerse en la denominada matriz de partes interesadas (ver la herramienta 2.A5).

En el cuadro siguiente se describen los pasos clave.

Pasos

- Paso 1.** Hacer una lista de todas las partes interesadas que se debe tener en cuenta
- Paso 2.** Construir una matriz de partes interesadas enumerándolas e identificando los diferentes atributos.
- Paso 3.** Pensar cuándo, cómo y con qué propósito podrían involucrarlos en el proceso de planificación (última columna de la matriz de partes interesadas).

Recursos

Herramienta 2.A5 Matriz de partes interesadas

Referencias y recursos adicionales

-  Lüthi et al., 2011. *Community-Led Urban Environmental Sanitation Planning: CLUES, Tool T5*
-  Wilson et al., 2001. *Strategic Planning Guide for Municipal Solid Waste Management, Annex 1.1*
-  JICA, 2019. *Guidebook for Environmental Education on Solid Waste Management in Africa, Chapter 2.2, (2)*
-  Online course – [From Data to Tangible Impact: Achieving Waste SDGs by 2030](#) , Module 1.3 (UN-Habitat)

Resumen: El análisis del árbol de problemas (también llamado análisis situacional o análisis de problemas) es un método para identificar y comprender los principales problemas en torno a una situación local específica y visualizar las relaciones causa-efecto utilizando la simbología de un árbol (CLUES, 2011).

Descripción

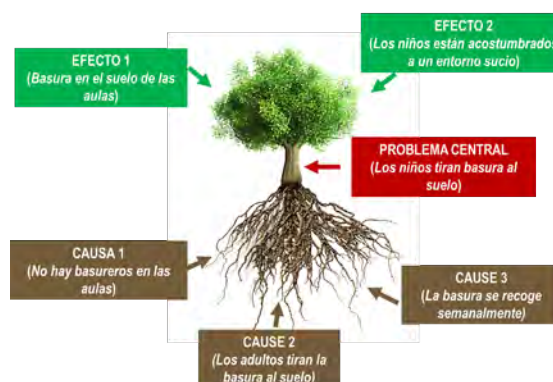
El análisis del árbol de problemas ayuda a las partes interesadas a establecer una visión de conjunto realista y a tomar conciencia del problema identificando las causas fundamentales y sus efectos más importantes. El principal resultado del ejercicio es un diagrama en forma de árbol en el que :

- Tronco: representa el problema focal
- Raíces: representan sus causas
- Ramas: representa sus efectos.

Este diagrama de árbol de problemas crea una jerarquía lógica de causas y efectos y visualiza los vínculos entre ellos. Crea una imagen resumida de la situación negativa existente y permite priorizar los objetivos descomponiendo el problema en unidades manejables.

El análisis del árbol de problemas lo realiza mejor un grupo de partes interesadas en un taller (medio día suele bastar para elaborar un árbol de problemas coherente).

En la tabla siguiente se describen los pasos clave para crear un árbol de problemas.



Pasos

- Paso 1.** Identificar los problemas existentes
- Paso 2.** Definir el problema central
- Paso 3.** Formular las causas del problema central
- Paso 4.** Formular los efectos
- Paso 5.** Dibujar un diagrama de árbol
- Paso 6.** Revisar la lógica y verificar el diagrama

Recursos

Guía 2.B1 Análisis del árbol de problemas - Procedimiento

Recursos adicionales:

- Lüthi et al., 2011. *Community-Led Urban Environmental Sanitation Planning: CLUES, Tool T8*
- JICA, 2019. *Guidebook for Environmental Education on Solid Waste Management in Africa, Chapter 2.2, (2)*

T 3.C1

Identificación de prioridades por cluster

Resumen: La matriz de prioridades de los grupos le ayuda a definir cuáles son las prioridades para cada área de la escuela en función de los resultados de la evaluación de referencia. Al utilizar una escala que va desde “no se requieren mejoras específicas” hasta “se requieren mejoras importantes”, le permite visualizar dónde debe prestarse atención.

Descripción

Una vez definidos los objetivos generales y las metas hacia Cero Residuos, es importante definir las prioridades y lo que hay que arreglar urgentemente para cada fuente de generación de residuos escolares denominada en adelante “cluster”.

Para ello, rellene la matriz de prioridades de los grupos mostrando dónde se requieren mejoras utilizando una escala que va desde “no se requiere ninguna mejora específica” hasta “se requiere una mejora importante”.

Lo mejor es rellenar la matriz de prioridades de los clusters (ver la herramienta 3.C1) con los representantes de cada cluster para obtener una visión de conjunto.

En el cuadro siguiente se resumen los pasos clave.

Pasos

- Paso 1.** Adaptar la matriz de prioridades de las agrupaciones al contexto escolar
- Paso 2.** Rellenar la matriz de prioridades de los clusters con los representantes de cada uno de ellos.
- Paso 3.** Compartir y debatir los resultados de la matriz de prioridades de las agrupaciones con las partes interesadas de la escuela.

Recursos

Herramienta 3.C1 Matriz de prioridades de los clusters

Resumen: La selección de las opciones de mejora de los residuos sólidos requiere un enfoque sistémico en el que deben considerarse opciones de mejora generales y específicas para cada fracción de residuos. Cada opción debe ser evaluada teniendo en cuenta los principios 5A (aplicable, adecuado, realizable, aceptable económicamente accesible), así como los recursos necesarios, el nivel de participación de las partes interesadas, la necesidad de apoyar la política institucional y la estrategia de educación.

Descripción

Una vez definidas las prioridades para la comunidad escolar, es importante identificar y evaluar las opciones de mejora, considerando todos los componentes necesarios para la adecuada gestión de la diferente fracción de residuos, desde su generación hasta su disposición final.

Las opciones pueden clasificarse en dos categorías principales:

- Mejora general de la gestión de residuos sólidos (segregación, recolección, reciclado y disposición final de residuos)
- Mejora específica por fracción de residuos (reducir, reutilizar, reciclar, disposición final segura)

Siguiendo los principios de las 5A, para que una opción sea adecuada en un contexto determinado, debe serlo:

- Aplicable (es decir, factible en el contexto dado)
- Adecuadas (es decir, que se ajusten al objetivo)
- Realizables (es decir, que dispongan de los recursos adecuados para su aplicación).
- Aceptable (es decir, recibe suficiente apoyo de la comunidad escolar)
- Económicamente accesible (es decir, que la escuela disponga de recursos económicos suficientes para cubrir los costes asociados).

Además, para cada opción, deben considerarse los recursos necesarios (es decir, mano de obra, materiales, infraestructuras, fondos, espacio, tiempo y experiencia), el nivel de implicación de las partes interesadas, la necesidad de una política institucional para apoyar esa opción, así como el cambio de comportamiento requerido y la posible estrategia educativa para apoyarlo.

La herramienta 4.A1.1 proporciona una lista de posibles opciones por fracción de residuos. Las plantillas proporcionadas en la herramienta 4.A1.2 pueden utilizarse para evaluar las diferentes opciones y las necesidades correspondientes para la mejora general de la gestión de residuos sólidos (A), por grupo (es decir, fuente de generación de residuos) (B), por fracción de residuos (C).

Pasos

- Paso 1.** Leer los recursos técnicos sobre segregación, recolección, reciclado y disposición final de residuos.
- Paso 2.** Seleccionar las opciones generales de mejora de la GRS pertinentes
- Paso 3.** Leer las fichas informativas de los recursos técnicos
- Paso 4.** Revisar la lista de opciones de mejora por fracción de residuos (herramienta 4.A1.1)
- Paso 5.** Seleccionar las opciones de mejora pertinentes por fracción de residuos
- Paso 6.** Rellenar la matriz de evaluación de las opciones de mejora (herramienta 4.A1.2)

Recursos

Recursos técnicos - Segregación de residuos, Recolección de residuos, Valorización de residuos, Disposición final de los residuos

Recursos técnicos - Fichas técnicas

Herramienta 4.A1.1 Opciones de mejora por fracción de residuos

Herramienta 4.A1.2 Matriz de evaluación de las opciones de mejora

Resumen: Evaluar el mercado (in)formal de reciclaje existente ayuda a definir qué tipo de material de desecho puede recuperarse fuera de la escuela. Dependiendo de la situación, los materiales reciclables pueden entregarse gratuitamente a los recicladores informales para mejorar sus condiciones de vida, o venderse a recicladores (in)formales para generar ingresos para la escuela.

Descripción

En la mayoría de los casos, cuando algunos materiales de desecho tienen un valor en el mercado local de reciclaje, ya existe un sistema de reciclaje, ya sea formal o informal. Para no volver a inventar la rueda, siempre que sea posible, es importante vincular los residuos reciclables producidos en la escuela con el sistema de reciclaje (in)formal existente.

Para ello, le recomendamos:

1. Identificar individuos formales e informales, compañías y/u organizaciones involucradas en el reciclaje de residuos - Esto puede hacerse preguntando a las personas involucradas en el manejo de residuos fuera de la escuela (por ejemplo, conductores de camiones recolectores de residuos, barrenderos, recicladores, etc.) si conocen a algún reciclador (in)formal activo en el área.
2. Evaluar las cantidades y el tipo de materiales reciclables producidos en el centro escolar comprobando los resultados del estudio de caracterización de los residuos. Esto ayuda a definir mejor el tipo exacto de materiales reciclables que deben gestionarse y puede preparar el terreno para posteriores negociaciones una vez que se haya identificado a los recicladores de residuos más adecuados.
3. Realizar entrevistas con los recicladores (in)formales de residuos para saber qué tipo de materiales reciclables recogen, a qué precio, qué tipo de tratamiento previo es necesario (por ejemplo, limpieza, secado, compresión, clasificación por colores, etc.) y en qué condiciones (por ejemplo, cantidades requeridas, si se necesita un contrato, etc.).
4. Comparar las distintas opciones reunidas y determina cuál o cuáles serían las más adecuadas en tu caso - Para ello, considera:
 - a. El objetivo de la escuela (por ejemplo, mejorar las condiciones de vida de los recicladores informales, mejorar la tasa de reciclaje de la escuela, reducir la cantidad de residuos que debe gestionar la escuela, generar ingresos mediante la venta de materiales reciclables, etc.)
 - b. Los ingresos potenciales generados
 - c. Nivel de esfuerzo que debe realizar la escuela (por ejemplo, si el reciclador viene a recoger los materiales reciclables o si la escuela tiene que entregárselos, si la escuela tiene que limpiar/secar/clasificar los materiales reciclables/comprimir los materiales reciclables o hacer cualquier otro tipo de tratamiento previo, si se necesita un sistema de almacenamiento para reunir suficientes materiales reciclables para la venta, si el reciclador puede llevarse la mayor parte de los materiales reciclables, etc.).

En el cuadro siguiente se resumen los pasos clave que hay que dar.

Pasos

- Paso 1.** Identificar a las personas, empresas y/u organizaciones implicadas en el reciclaje de residuos (formal e informal) (2 días)
- Paso 2.** Comprobar los resultados del estudio de caracterización de los residuos para ver las cantidades y tipos de materiales reciclables producidos en la escuela (1/2 día)
- Paso 3.** Revisar el cuestionario de evaluación del reciclado (herramienta 4.A2) (1/2 día)
- Paso 4.** Realizar entrevistas con personas, empresas y/u organizaciones implicadas en el reciclaje de residuos (3-4 días)
- Paso 5.** Comparar las distintas opciones y determinar las más adecuadas (1/2 día)
- Paso 6.** Debatir con los responsables del centro escolar con qué reciclador o recicladores debe trabajar el centro*.

- * Tenga en cuenta que puede necesitar considerar diferentes recicladores para diferentes materiales de desecho. Además, dependiendo de la situación, podría considerar entregar los materiales reciclables de forma gratuita a los recicladores para mejorar sus condiciones de vida.

Recursos

Recursos técnicos - Valorización de los residuos

Herramienta 4.A2 Cuestionario de evaluación del reciclado

Resumen: El Plan de Acción es un plan que describe lo que hay que hacer y quién debe hacerlo para conseguir una escuela Cero Residuos. No tiene por qué abordar todos los detalles, sino que debe servir como documento orientativo. Debe ser realista en cuanto a costes, incluir un calendario de aplicación y abordar cuestiones institucionales y de recursos humanos. El Plan de Acción es “propiedad” de la escuela y es un documento “vivo”, que debe actualizarse periódicamente.

Descripción

Una vez tomadas las decisiones sobre lo que se va a hacer en la escuela, hay que formular un Plan de Acción concreto teniendo en cuenta:

1. El calendario de aplicación del Plan de Acción (por ejemplo, 1 o 2 curso(s) escolar(es), X semestre(s), etc.)
2. Una lista de las actividades que deben emprenderse para cumplir los objetivos y metas fijados en el marco de la escuela “Residuo Cero”.
3. Y para cada actividad, definir:
 - a. Cuáles son las acciones - Actividad
 - b. Quién debe emprender la acción - Responsable
 - c. Cuándo debe ejecutarse - Calendario
 - d. Seguimiento de la ejecución de las acciones - Progreso

Es importante recordar que el Plan de Acción es “propiedad” de la escuela y, aunque puede ser que otras partes interesadas, como un experto externo en GRS, apoyen a la escuela en el desarrollo del Plan de Acción, la escuela debe tener la responsabilidad general y la rendición de cuentas. El Plan de Acción debe ser un documento “vivo” que se actualice periódicamente, por lo que detallará las actividades que van por buen camino y las que se han retrasado por diversas razones.

En las herramientas 5.A1.1 y 5.A1.2 se presentan ejemplos de un índice del Plan de Acción y de un calendario de actividades del Plan de Acción. Nótese que en el ejemplo proporcionado, el Plan de Acción se desarrolló con la ayuda de apoyo externo y, por lo tanto, la selección de alternativas formaba parte de las actividades del Plan de Acción para garantizar la propiedad de la escuela sobre el Plan de Acción desarrollado.

Pasos

- Paso 1.** Definir el calendario de aplicación del Plan de Acción
- Paso 2.** Hacer una lista de actividades y acciones
- Paso 3.** Para cada actividad, definir: qué, quién, cuándo y cómo se supervisarán los progresos.
- Paso 4.** Definir el calendario de actividades del Plan de Acción

Recursos

Herramienta 5.A1.1 Índice del Plan de Acción - Ejemplo

Herramienta 5.A1.2 Calendario de actividades del Plan de Acción - Ejemplo

Recursos adicionales:



Lüthi et al., 2011. *Community-Led Urban Environmental Sanitation Planning: CLUES, Tool 23*



Online course – [From Data to Tangible Impact: Achieving Waste SDGs by 2030](#), Module 6.5 (UN-Habitat)

Parte 5 –

Fichas técnicas



ALIMENTACIÓN ANIMAL DIRECTA

Insumos	Pretratamiento	Necesidades de funcionamiento y mantenimiento	Objetivos / Características principales	Principales parámetros técnicos
Residuos orgánicos adecuados: - Restos de comida - Cáscaras de verduras/ frutas Residuos orgánicos inadecuados: - Wood, branches - Leaves - Animal manure	Segregar y garantizar la pureza de tipos específicos de residuos orgánicos que se consideren piensos adecuados para el tipo de animales considerados.	Requiere poco funcionamiento y mantenimiento	Utilizar determinados residuos orgánicos como pienso para la cría de animales. Por ejemplo, los cerdos son omnívoros y pueden comer diversos residuos orgánicos.	Tiempo de proceso: - Reducción de masa: - Espacio: -
Resultados / productos	Complejidad técnica	Nivel de madurez	Aspecto educativo	
Animales de granja que se utilizan ellos mismos o sus productos	Muy fácil de hacer No se requieren conocimientos específicos No requiere infraestructura	Práctica generalizada	Temas: Crecimiento animal, Reciclaje de nutrientes Ejercicios prácticos: Dar de comer a los animales (si se hace in situ)	



Los residuos orgánicos pueden utilizarse para alimentar a los animales dentro o fuera del centro escolar. Hay que tener cuidado de proporcionar sólo residuos orgánicos puros a los animales (es decir, separados en origen y sin ningún tipo de plástico o material contaminante).

La utilización de residuos orgánicos como alimento animal es una opción muy consolidada para recuperar los nutrientes contenidos en los residuos. Los seres humanos han alimentado a los animales con residuos biológicos desde el inicio de la domesticación de los animales [1]. Este proceso funciona muy bien para la cría de cerdos como animales omnívoros. También se puede alimentar a otros animales con residuos orgánicos, pero hay que tener en cuenta una selección de tipos específicos de residuos orgánicos adecuados como alimento para los animales objetivo.

Aplicabilidad: Es posible una operación a pequeña o gran escala, y la alimentación de los animales puede tener lugar en la escuela o fuera de ella. Si no se crían animales in situ, es posible preguntar a los agricultores cercanos si están interesados en recoger restos de comida y cáscaras de verduras/frutas de la escuela para alimentar a sus animales.

Consideraciones técnicas: El uso de residuos orgánicos como alimento para animales es muy fácil de hacer y no requiere ninguna habilidad, conocimiento o infraestructura particular si se hace a pequeña escala. Sin embargo, es muy importante asegurarse de que los residuos utilizados como pienso son puros y están libres de patógenos. Para ello, es fundamental separar los residuos en origen y asegurarse de que no contienen sustancias tóxicas para los animales. Además, hay que tener en cuenta el riesgo de bioacumulación de metales pesados, HAP, pesticidas organoclorados [1].

Material necesario: Se necesitan recipientes específicos para la recolección de residuos orgánicos puros.

Funcionamiento técnico y mantenimiento: Los recipientes deben lavarse regularmente para evitar cualquier contaminación.

Salud y seguridad: Asegúrese de lavarse correctamente las manos después de manipular residuos orgánicos. Si los residuos orgánicos no se manipulan correctamente y no están libres de patógenos, existe riesgo de transmisión de enfermedades.

Costes: -

Consideraciones sociales, legales y medioambientales: El uso de residuos orgánicos para alimentar a los animales podría estar restringido por ley para evitar la transmisión de enfermedades. Revisar la legislación local y el marco normativo.

Puntos fuertes y débiles:

- ⊕ Muy practicado
- ⊕ Proceso sencillo
- ⊖ Se necesitan residuos orgánicos puros para evitar la transmisión de enfermedades

> Referencias y lecturas complementarias

1. Lohri, C.R., et al., Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products: a review with focus on low- and middle-income settings. Revisión en ciencias ambientales y biotecnología, 2017. 16(1): p. 81-130.

COMPOSTAJE

Insumos Residuos orgánicos adecuados: – Recortes de jardín – Cáscaras de verduras/frutas – Estiércol animal Residuos orgánicos inadecuados: – Grandes trozos de materiales leñosos – No se prefieren los restos de comida (riesgo de atraer plagas y roedores)	Pretratamiento Separación de residuos en origen Opcional: trituración	Necesidades de funcionamiento y mantenimiento Requiere un funcionamiento y un mantenimiento regulares reducidos.	Objetivos / Características principales La degradación aeróbica de los residuos produce compost que puede utilizarse como enmienda del suelo.	Principales parámetros técnicos Duración del proceso: 3-6 meses Reducción de masa: 35-40% Espacio: 180 - 300 m ² /t*d
Resultados / productos Compost, enmienda del suelo El compost es un material estable de color marrón oscuro, parecido a la tierra y con olor a tierra.	Complejidad técnica Infraestructura limitada (superficie cubierta) Baja cualificación necesaria para la construcción Se requieren conocimientos de nivel medio sobre el proceso de compostaje para un funcionamiento y mantenimiento adecuados.	Nivel de madurez Tecnología probada en todo el mundo	Aspecto educativo Temas: Microbiología, degradación orgánica, recuperación de nutrientes, crecimiento vegetal Ejercicios prácticos: Observación del proceso de degradación, Seguimiento de la pila de compostaje, Investigación sobre el rendimiento de los cultivos con compost.	



El compostaje consiste en la descomposición aeróbica controlada de la materia orgánica que da lugar a un material similar a la tierra llamado compost. Este proceso se produce como resultado de la actividad microbiana en condiciones aeróbicas (en presencia de oxígeno). El uso de compost mejora la estructura del suelo y aumenta la disponibilidad de nutrientes en él.

El compostaje es una práctica antigua y muy extendida en todo el mundo. El compostaje de la materia orgánica está impulsado por una población diversa de microorganismos e invertebrados que descomponen la materia orgánica y producen dióxido de carbono, agua y calor.

Controlar el proceso implica que los parámetros predominantes, como la composición de la materia orgánica (relación carbono-nitrógeno), el tamaño de las partículas, el espacio de aire libre, la aireación, la temperatura, la humedad o el pH, se gestionen, controlen y ajusten para conseguir una rápida degradación y una buena calidad del compost. [1].

Una característica típica de un proceso de compostaje que funciona bien es una fase de alta temperatura (50-70°C). La alta temperatura contribuye a la higienización del material al eliminar parcialmente los patógenos y las semillas de malas hierbas. El final del proceso de compostaje se alcanza cuando la temperatura interior de la pila es similar a la temperatura ambiente y la concentración de oxígeno en las cavidades de aire dentro de la pila se mantiene (10-15%) durante varios días [2].

En condiciones de funcionamiento ideales, el compost puede producirse en 3 meses. Cuando las condiciones no son óptimas, el proceso puede ser más lento o verse obstaculizado [3].

El principal producto de salida del compostaje es el compost, un material estable de color marrón oscuro, parecido a la tierra, con color oscuro y olor a tierra. La calidad del material de entrada y los principales parámetros biológicos y físicos de funcionamiento tienen una gran influencia en la calidad del compost final.

Aplicabilidad: El compostaje puede realizarse a diferentes escalas y con diferentes usos de la mecanización tecnológica. El compostaje doméstico a pequeña escala se realiza con mayor frecuencia en contenedores o pilas abiertas y se aplica: proceso de aireación pasiva, mientras que el compostaje a mediana y gran escala se basa en la mecanización con volteos regulares o aireación activa, ya sea con pilas abiertas, contenedores o reactores de compostaje en recipientes. [3].

Consideraciones sobre el diseño: Los componentes clave en el diseño de una instalación de compostaje incluyen espacio para la separación y preparación de los residuos, para las pilas o unidades de compostaje, para el cribado del compost y el almacenamiento del compost producido, así como espacio para una zona de amortiguación. Dependiendo del clima y del espacio disponible, puede ser necesario cubrir la instalación (al menos la zona de las pilas o unidades de compostaje) para controlar mejor la humedad. La instalación debe estar vallada para evitar la entrada de animales y debe estar situada cerca de las fuentes de residuos orgánicos para minimizar los esfuerzos y costes de transporte. Pueden utilizarse trituradoras robustas para desmenuzar grandes trozos de residuos orgánicos antes del compostaje [4].

Material necesario: Las instalaciones de compostaje pueden construirse con material disponible localmente. La plataforma de compostaje puede ser de hormigón o arcilla bien comprimida. La cubierta/techo puede hacerse con materiales locales como bambú, esteras de hierba, madera, plástico o chapa metálica. Existen en el mercado recipientes de compostaje prefabricados de diferentes tamaños.

Funcionamiento y mantenimiento: Se requiere una buena mezcla de carbono y nitrógeno en los residuos para permitir el compostaje. Esto se expresa mediante la relación C/N. La humedad también es muy importante. Dependiendo del contenido de humedad de la materia prima utilizada en el compostaje y del clima, puede ser necesario añadir agua al principio o durante el proceso para garantizar una humedad suficiente para la actividad microbiana. El volteo periódico de la pila de compostaje garantiza una aireación suficiente. Puede hacerse a mano con una horquilla o una pala.

Salud y seguridad: Aunque el compostaje no es una actividad intrínsecamente peligrosa, es necesario tomar precauciones para protegerse contra lesiones [5].

Costes: Los costes de construcción de una instalación de compostaje varían en función del método elegido y del coste de los materiales locales, así como de si se incluye o no maquinaria en el diseño.

Consideraciones sociales, legales y medioambientales: El compostaje puede crear lixiviados al principio del proceso de compostaje. Los lixiviados deben recogerse y utilizarse para regar la pila de compostaje cuando disminuya el contenido de humedad. Cuando el compostaje no se realiza de forma controlada, puede atraer roedores y moscas. Además, si está demasiado húmedo, puede producirse una degradación anaeróbica (es decir, los residuos orgánicos empiezan a pudrirse) generando malos olores y gases de efecto invernadero (GEI). Los malos olores derivados de un proceso de compostaje incontrolado pueden disminuir la aceptación social del compostaje. Garantizar que el producto del compostaje se ajusta a las directrices/normas locales es un requisito previo necesario.

Puntos fuertes y débiles:

- ⊕ Método de tratamiento eficaz y probado
- ⊕ Pueden construirse y mantenerse con materiales locales.
- ⊕ Bajos costes de capital y explotación
- ⊕ No requiere energía eléctrica
- ⊕ Fácil de vincular con fines educativos
- ⊖ Requiere un terreno grande y bien situado
- ⊖ Larga duración del tratamiento
- ⊖ Requiere habilidades y conocimientos sobre el proceso de compostaje y una persona dedicada a controlar el proceso

> Referencias y lecturas complementarias

1. Zabaleta, I., et al, Selecting Organic Waste Treatment Technologies. SOWATT, Eawag, éditeur. 2020.
2. Cooperband, L., The Art and Science of Composting - A resource for farmers and compost producers, C.f.I.A. Systems, Editor. 2002.
3. Lohri, C.R., et al, Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products : a review with focus on low- and middle-income settings. Reviews in Environmental Science and Bio-Technology, 2017. 16(1) : p. 81-130.
4. Gensch, R., et al, Compendium of Sanitation Technologies in Emergencies. 2018.
5. Rynk, R., M. Van De Kamp, et G.B. Willson, On-farm Composting Handbook. 1992.



CCAC, ISWA. *A handbook for schools on organic waste management*. 2015



Rothenberger et al. *Decentralized composting for cities in low- and middle-income countries*. 2006



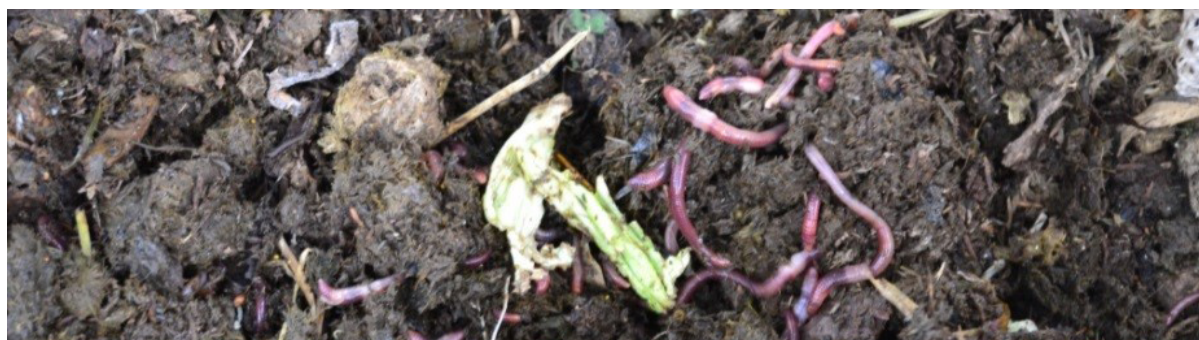
MOOC Youtube videos:

— [MOOC Mod.3.2 Ciencia del compostaje](#)

— [MOOC Mod. 3.4 Funcionamiento del proceso de compostaje](#)

VERMICOMPOSTAJE

Insumos	Pretratamiento	Necesidades de funcionamiento y mantenimiento	Objetivos / Características principales	Principales parámetros técnicos
Residuos orgánicos adecuados: – Recortes de jardín – Cáscaras de verduras/frutas – Estiércol animal Residuos orgánicos inadecuados: – Grandes trozos de materiales leñosos – Restos de comida (especialmente productos lácteos, restos de carne y pescado, alimentos salados y avinagrados)	Separación de residuos en origen Precompostaje (2 semanas) Opcional: trititación	Requiere poco mantenimiento y funcionamiento regular. ¡Asegúrese de tener residuos orgánicos puros!	Proceso biológico en el que la materia orgánica es digerida por lombrices y microorganismos para producir vermicompost.	Duración del proceso: 1,5-2,5 meses Reducción de masa: 40-80% Espacio: 300-580 m ² /t*d
Resultados / productos	Complejidad técnica	Nivel de madurez	Aspecto educativo	
Vermicompost Gusanos (alimentación animal) Té de lombriz	Conocimientos de nivel medio sobre la técnica adecuada de vermicompostaje Infraestructura limitada (superficie cubierta)	Tecnología probada en todo el mundo	Temas: Microbiología, Biología, Degradación orgánica, Recuperación de nutrientes, Crecimiento vegetal Ejercicios prácticos: Observación del proceso de degradación, Investigación sobre el rendimiento de los cultivos con vermicompost	



El vermicompostaje es un proceso biológico en el que la materia orgánica es digerida por lombrices y microorganismos. Los productos son el vermicompost o lombricompost, una enmienda estable del suelo que tiene mayor nivel de nutrientes que el compost y las propias lombrices.

El vermicompostaje depende de la interacción entre microorganismos y lombrices. Los microorganismos presentes en los residuos los preparan para las lombrices mediante un primer paso de degradación aeróbica [1].

Las especies de lombrices de tierra adecuadas para el vermicompostaje son las lombrices de superficie que tienen una gran adaptabilidad a diferentes tipos y condiciones de residuos, una alimentación y digestión rápidas y un crecimiento y tasa de reproducción rápidos. Entre ellas, Eisenia fetida es la especie más utilizada, además de Lumbricus rubellus, Eisenia andrei, Perionyx excavatus y Eudrilus eugeniae, que es popular en los países tropicales y subtropicales. [1].

Las lombrices de tierra son capaces de procesar una amplia gama de residuos orgánicos, pero no toleran residuos alimentarios como restos de carne y pescado, grasas y aceites, alimentos salados y avinagrados. Tampoco les gustan las cebollas ni los pimientos picantes.

Es importante proporcionar los residuos como alimento para los gusanos en capas poco profundas colocadas en cubos o lechos y alimentados al menos semanalmente. Las capas gruesas provocarán un aumento de la temperatura en la capa de residuos o condiciones anaeróbicas; ambas situaciones son desfavorables para los gusanos.

El vermicompost es una enmienda orgánica mineralizada, rica en nutrientes y microbiológicamente activa. [2]. En algunos contextos, las lombrices también pueden utilizarse como alimento animal rico en proteínas o incluso por sus propiedades medicinales. Otro subproducto es el té de lombriz, el lixiviado de los contenedores de lombrices. Puede utilizarse

como fertilizante líquido.

Aplicabilidad: El vermicompostaje puede llevarse a cabo a diferentes escalas, desde la escala doméstica hasta las instalaciones a gran escala. El vermicompostaje suele realizarse en contenedores o lechos de lombrices.

Consideraciones sobre el diseño: El tamaño del contenedor o lecho dependerá de la cantidad de residuos orgánicos disponibles. Se necesitan agujeros o malla para la aireación. Se puede añadir un pico o agujeros en el fondo para drenar el exceso de líquido (por ejemplo, té de lombriz) en una bandeja para su recolección. [2]. Debe mantenerse la oscuridad; cubra los contenedores para mantenerlos a la sombra y protegidos. Para ahorrar espacio, los contenedores pueden apilarse. Pero asegúrese también de que circula aire fresco. Se recomiendan los tejados para dar sombra y proteger de la lluvia, pero no es necesario un recinto amurallado.

Material necesario: Los contenedores y lechos de vermicompostaje se construyen normalmente con plástico (PET reciclado, PP) o madera. Los cubos de plástico necesitan más drenaje que los de madera, pero los de madera acaban pudriéndose y hay que cambiarlos. Deben evitarse la espuma de poliestireno y los materiales metálicos, así como la madera de cedro que contenga aceites resinosos. [2].

Se debe añadir material de cama como papeles triturados, cartones, musgo, paja para retener la humedad y crear una estructura que permita el intercambio de aire. [2].

Es mejor identificar las especies de lombrices disponibles localmente que introducir especies foráneas que pueden ser perjudiciales para la ecología local [3].

Funcionamiento y mantenimiento: Las lombrices pueden procesar residuos hasta su peso corporal al día. De esa cantidad, alrededor del 50% se convierte en vermicompost. Una tasa de alimentación del 50% de la masa de lombrices al día es adecuada para un buen funcionamiento. La capa de residuos no debe superar los 10 cm para evitar el calentamiento de la pila y las condiciones anaeróbicas.

Las lombrices deben alimentarse una vez a la semana y debe añadirse agua si el lecho se seca. Si el lecho se humedece demasiado, añada material seco, como tiras de papel. [3].

La humedad debe mantenerse siempre entre el 70 y el 85%. El pH debe ser neutro o ligeramente superior y las condiciones aeróbicas deben mantenerse en todo el contenedor. Por lo tanto,

es importante no alimentar con residuos frescos (ácidos), sino con residuos precompostados.

Salud y seguridad: En general, el vermicompostaje es una actividad segura. Los riesgos para la salud pueden reducirse al mínimo si los trabajadores adoptan precauciones básicas y prácticas higiénicas y utilizan equipos de protección individual.

Costes: Los costes de construcción de una instalación de vermicompostaje varían en función del coste de los materiales locales y de las lombrices, pero suelen ser bajos.

Consideraciones sociales, legales y medioambientales: Antes de plantearse un sistema de vermicompostaje, es necesario discutir previamente el concepto con la comunidad escolar. Si la comunidad tiene experiencia con la separación de residuos orgánicos y el compostaje, esto puede ser un factor facilitador. Ver y estudiar el ciclo de vida de las lombrices puede ser una lección y una experiencia apasionante para los alumnos.

Puntos fuertes y débiles:

- ⊕ Tecnología sencilla
- ⊕ Costes de capital relativamente bajos
- ⊕ No requiere energía eléctrica
- ⊕ Enmienda del suelo de gran valor
- ⊕ Fácil de vincular con fines educativos
- ⊖ Requiere un terreno grande y bien situado
- ⊖ Fase de precompostaje recomendada
- ⊖ Los gusanos son sensibles a las condiciones ambientales (demasiado calor, demasiado frío, demasiada humedad, demasiada luz solar; si hay demasiados) y éstas deben controlarse bien.

> Referencias y lecturas complementarias

1. Lohri, C.R., et al., Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products: a review with focus on low- and middle-income settings. Revisión en ciencias ambientales y biotecnología, 2017. 16(1): p. 81-130.
2. Khadka, R. and S. Chaudhary, Vermicomposting A promising technology to turn kitchen waste to organic compost. 2017.
3. Lenkiewicz, Z. y M. Webster, Making Waste Work: A toolkit - How to turn organic waste into compost using worms, wasteaid, Editor. 2017.



ISWA: [A handbook for schools on organic waste management](#), 2015



MOOC Youtube videos:

— [MOOC Mod. 3.10 Vermicompostaje residuos orgánicos](#)

PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

Insumos	Pretratamiento	Necesidades de funcionamiento y mantenimiento	Description	Principales parámetros técnicos
Residuos orgánicos adecuados: - Residuos de pescado o carne - Cáscaras de verduras/frutas - Estiércol animal Residuos orgánicos inadecuados: - Recortes de jardín - Grandes trozos de materiales leñosos - Materias primas con alto contenido en sal	Separación de residuos en origen Opcional: trituración	Se requiere un funcionamiento y mantenimiento regulares.	Degradación anaeróbica de los residuos que produce biogás, que puede utilizarse como combustible, y digestato.	Duración del proceso: 10-40 días Reducción de masa: Ninguna (o 20% de sólidos totales (SOWATT)) Espacio: 100-530 m ² /t*d SOWATT
Resultados / productos	Complejidad técnica	Nivel de madurez	Aspecto educativo	
Biogás, gas combustible (principalmente CO ₂ , CH ₄) Digestate	Competencias de alto nivel necesarias para un diseño adecuado de las infraestructuras Habilidades de nivel superior requeridas en la construcción (hermética a gases) Competencias de nivel medio en O&M	Tecnología probada en todo el mundo La experiencia con la aplicación puede variar según el país	Temas: Procesos anaerobios, Degradación orgánica, Microbiología, Cálculo de emisiones, Energías renovables, Recuperación de nutrientes Ejercicios prácticos: ejemplo piloto con globo	



La digestión anaerobia (DA) es un proceso microbiológico mediante el cual los materiales orgánicos se descomponen bioquímicamente generando biogás y digestato rico en nutrientes. El biogás es una mezcla de metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) y otros gases traza, que pueden convertirse en calor, electricidad o luz. El proceso de AD tiene lugar en ausencia de oxígeno en tanques reactores herméticos llamados digestores.

El proceso de AD es común a muchos entornos naturales, como los pantanos o los estómagos de los rumiantes [1].

Existe una amplia gama de biomásas que pueden utilizarse como sustratos para la producción de biogás. Entre las materias primas de la AD se encuentran los lodos de depuradora, el estiércol animal, los residuos de la industria alimentaria (incluidos los residuos de matadero), los cultivos energéticos y los residuos de cosechas (incluidas las algas), así como la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos. [2]. Normalmente, las materias primas con un alto contenido en humedad (> 60% de contenido en agua) pueden procesarse sin tratamiento previo.

Los principales productos de la AD son el biogás y el digestato. El biogás es un gas combustible compuesto principalmente por metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2). Además de CH_4 (55-60%) y CO_2 (35-40%), el biogás también contiene otras "impurezas" gaseosas, como sulfuro de hidrógeno, nitrógeno, oxígeno e hidrógeno. El valor energético del biogás se deriva del metano que contiene y muestra unos valores caloríficos inferiores (VCI) típicos para el biogás de 21-24 MJ/m³ o alrededor de 6 kWh/m³.

La combustión directa del biogás en estufas es la forma más sencilla de aprovechar la energía del biogás. El purín producido (digestato) es rico en nitrógeno.

El proceso de AD sólo es capaz de inactivar parcialmente las semillas de malas hierbas, las bacterias, los virus, los hongos y los parásitos y, dependiendo de si se utilizan lodos de depuradora como materia prima, es necesario un tratamiento para poder utilizarlos como abono.

Aplicabilidad: Los digestores de biogás pueden utilizarse a diferentes escalas y con diferentes usos de mecanización de la tecnología. Son especialmente aplicables en zonas rurales donde puede añadirse estiércol animal y existe la necesidad de utilizar el digestato como fertilizante y gas para cocinar. Los reactores de biogás son menos apropiados para climas más fríos (< 15°C) ya que la tasa de conversión de materia orgánica en biogás se vuelve muy baja. Aunque los reactores de biogás son estancos, no se recomienda construirlos en zonas con niveles freáticos elevados o donde se produzcan inundaciones frecuentes. [3].

Consideraciones sobre el diseño: Los reactores de biogás pueden construirse como domos fijos, domos flotantes o digestores tubulares (también llamados flexidigestores). En la cúpula fija, el volumen del reactor es constante. Cuando se genera gas, éste ejerce una presión y desplaza los purines hacia arriba, hacia una cámara de expansión. Cuando se retira el gas, los purines vuelven al reactor. La presión puede utilizarse para transportar el biogás a través de tuberías. En un reactor de cúpula flotante, la cúpula sube y baja con la producción y la retirada del gas.

El tiempo de retención hidráulica (TRH) en el reactor debe ser de al menos 15 días en climas cálidos y de 25 días en climas templados. Esto significa que el tamaño del reactor debe ser capaz de contener 15-20 días de volumen de residuos (incluida el agua si es necesario). Para entradas altamente patógenas, debe considerarse un TRH

de 60 días. Los tamaños pueden variar desde 1.000 L para una sola familia hasta 100.000 L para aplicaciones en aseos institucionales o públicos. Dado que la producción de digestato es continua, deben tomarse medidas para su almacenamiento, tratamiento, uso y/o transporte fuera del emplazamiento. [3].

Material necesario: Un digestor de biogás puede fabricarse con ladrillos, cemento, acero, arena, alambre para la resistencia estructural (por ejemplo, malla de gallinero), aditivo de cemento impermeable (para el sellado), tuberías de agua y accesorios, una válvula y una tubería de salida de gas prefabricada. Las soluciones prefabricadas incluyen geo-bolsas, módulos de fibra de plástico reforzado y unidades moldeadas por router, y están disponibles en proveedores especializados [3].

Funcionamiento y mantenimiento: Para poner en marcha el reactor, debe inocularse con bacterias anaerobias (por ejemplo, añadiendo estiércol de vaca). Una vez en funcionamiento, es necesario añadir residuos con regularidad (idealmente a diario), de lo contrario las bacterias morirán de hambre. El digestato debe retirarse del rebosadero con frecuencia y dependerá del volumen del tanque en relación con la entrada de sólidos, la cantidad de sólidos no digeribles y la temperatura ambiente, así como del uso y las características del sistema. Debe controlarse la producción de gas y utilizarlo con regularidad. Los colectores de agua deben revisarse periódicamente y las válvulas y tuberías de gas deben limpiarse para evitar la corrosión y las fugas. Dependiendo del diseño y de los insumos, los materiales indigeribles que se acumulan en el fondo del reactor deben vaciarse y el reactor debe limpiarse y revisarse cada 5 a 10 años.

Salud y seguridad: El digestato está parcialmente desinfectado, pero sigue entrañando un riesgo de infección, por lo que, durante su retirada, los trabajadores deben ir equipados con el equipo de protección individual (EPI) adecuado. Dependiendo de su uso final, el líquido vaciado y el digestato requieren un tratamiento adicional antes de su uso en la agricultura. La limpieza del reactor puede suponer un riesgo para la salud, por lo que deben tomarse las precauciones de seguridad adecuadas (llevar el EPI adecuado, garantizar una buena ventilación). También hay peligros asociados a los gases inflamables, pero los riesgos son los mismos que los del gas natural. No existe ningún riesgo adicional debido al origen del gas. [3].

Costes: Se trata de una opción de coste bajo a medio, tanto en términos de capital como de costes operativos. Sin embargo, hay que tener en cuenta los costes adicionales relacionados con las operaciones diarias que necesita el digestor. Las instalaciones comunitarias suelen ser más viables económicamente, siempre y cuando sean aceptadas socialmente. Los costes de desarrollo de capacidades y formación de operadores y usuarios deben presupuestarse hasta que los conocimientos estén bien asentados.

Consideraciones sociales, legales y medioambientales: La aceptación social puede ser un reto para las comunidades que no están familiarizadas con el uso del biogás o el digestato. La cohesión social puede crearse a través de la gestión compartida y los beneficios compartidos (gas y fertilizante) de los reactores de biogás; sin embargo, también existe el riesgo de que los beneficios se distribuyan de forma desigual entre los usuarios, lo que puede dar lugar a conflictos [3]. [3].

Si el digestor no es estanco al gas, existe riesgo de fugas de metano, un gas de efecto invernadero que contribuye al cambio climático. Además, el digestato tiene una carga orgánica (DQO) 5 veces superior a la reglamentada para su vertido en aguas superficiales. El digestato puede contener patógenos y no debe utilizarse directamente en los cultivos sin tratamiento previo ni verterse directamente al medio ambiente sin un tratamiento adecuado.

Puntos fuertes y débiles:

- ⊕ Generación de productos utilizables como gas y fertilizantes
- ⊕ Requiere poca superficie (si la estructura es subterránea)
- ⊖ Requiere un diseño experto y una construcción cualificada
- ⊖ Eliminación incompleta de patógenos, el digestato podría requerir un tratamiento adicional.
- ⊖ Producción de gas variable en función del material de entrada y producción de gas limitada por debajo de 15°C
- ⊖ Coste de inversión medio

> Referencias y lecturas complementarias

1. Zabaleta, I., et al, Selecting Organic Waste Treatment Technologies. SOWATT, Eawag, éditeur. 2020.
2. Lohri, C.R., et al, Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products : a review with focus on low- and middle-income settings. 2017.
3. Gensch, R., et al, Compendium of Sanitation Technologies in Emergencies. 2018.



Vögeli et al. *Anaerobic Digestion of Biowaste in Developing Countries*. 2014



MOOC Youtube videos:

- [MOOC Mod.3.7 Fundamentos de la digestión anaerobia de los residuos orgánicos](#)
- [MOOC Mod. 3.8 Tecnologías y funcionamiento de la digestión anaerobia](#)
- [MOOC Mod. 3.9 Utilización de los productos de la digestión anaerobia](#)

INSTALACIÓN DE RECUPERACIÓN DE MATERIALES (MRF)

Insumos Suitable recyclables waste: – Papel, cartón – Metal – Vidrio – Ropa – Plástico denso (HDPE, PET) Residuos orgánicos inadecuados: – Residuos orgánicos – Residuos peligrosos	Pretratamiento Separación de residuos en origen Opcional: limpieza y secado	Funcionamiento y mantenimiento Requiere poco mantenimiento y funcionamiento regular. Puede realizarse interna o externamente (subcontratado).	Objetivos / Características principales Instalación que recibe, separa y almacena los materiales reciclables para facilitar su posterior uso/reciclado.	Principales parámetros técnicos El espacio necesario depende de la tasa de generación de materiales reciclables y del tiempo de almacenamiento
Outputs / paroducts Reciclables clasificados listos para la venta	Complejidad técnica Infraestructura limitada (zona cubierta con espacio de almacenamiento) Se requiere un bajo nivel de conocimientos para la construcción y una adecuada O&M	Nivel de madurez Práctica generalizada	Aspecto educativo Temas: Consumo; Finanzas Ejercicios prácticos: Cálculo del tamaño del almacén; Cálculo de los ingresos	



Una Instalación de Recuperación de Materiales (MRF del inglés) es una instalación que recibe, separa y almacena residuos sólidos para facilitar el uso posterior y el reciclaje de los materiales.

En la MRF, las fracciones de residuos se separan en categorías específicas como papel, cartón, vidrio, botellas de PET, plástico ligero, etc. y se almacenan en distintos contenedores/compartimentos. Dado que una gran parte de los residuos son materiales reciclables, una planta de tratamiento de residuos permite maximizar la recuperación de estos materiales, que pueden venderse posteriormente, al tiempo que reduce la cantidad de materiales que requieren transporte y disposición final.

Aplicabilidad: La MRF puede utilizarse a nivel escolar y comunitario y sirve como unidad de almacenamiento antes de vender los materiales reciclables y, en parte, también como estación de clasificación. Puede ser gestionado por personas y personal de la escuela o subcontratado a personas o empresas externas.

Technical Consideraciones sobre el diseño: Se requiere una zona cubierta que proteja de la lluvia y el viento. Se recomienda construir un suelo de hormigón para facilitar la limpieza de la zona. El espacio necesario dependerá del volumen de materiales reciclables generados y del tiempo de almacenamiento requerido. Se pueden utilizar jaulas metálicas o simples bolsas de yute para almacenar los distintos materiales reciclables por separado. Se necesita acceso a agua y electricidad cuando se prevea la limpieza de los materiales reciclables (y/o su trituración) para aumentar el valor de mercado.

Se puede utilizar la siguiente fórmula para determinar el volumen del compartimento MRF:

volumen del compartimento MRF m³=

$$\frac{\text{Residuos compactados diarios generados} \left(\frac{\text{L}}{\text{day}} \right) * n_{\text{días de almacenamiento}}}{1000 \left(\frac{\text{L}}{\text{m}^3} \right)}$$

Los criterios para la ubicación de la MRF son:

- Fácil acceso por carretera
- Lo más cerca posible de los principales generadores de residuos

Material necesario: Jaulas o contenedores para almacenar los diferentes materiales reciclables. Los trabajadores necesitan equipos de protección individual (EPI) con guantes. Se utiliza una escoba para limpiar el suelo. Se puede utilizar una mesa para seguir clasificando los residuos.

Funcionamiento técnico y mantenimiento: Los materiales reciclables deben clasificarse periódicamente. Dependiendo del mercado local de reciclaje, puede ser necesario limpiarlos y secarlos. También podría realizarse una trituración para aumentar el valor de mercado de los materiales reciclables. Es aconsejable llevar un registro de las cantidades reciclables vendidas.

Salud y seguridad: Aunque la clasificación de residuos en una MRF no es una actividad intrínsecamente peligrosa, es necesario tomar precauciones para evitar lesiones, especialmente en presencia de objetos punzantes.

Costes: Los costes de construcción de una MRF varían en función del diseño elegido y de las fases de tratamiento posteriores (es decir, sólo clasificación, limpieza y secado, trituración, etc.).

Consideraciones sociales, legales y medioambientales: La recolección y venta de materiales reciclables suelen ser medios de vida del sector informal que podrían verse negativamente influenciados por la implementación de una MRF. Cuando sea posible, deben evaluarse las oportunidades de integrar a estas personas en la gestión de la MRF.

Puntos fuertes y débiles:

- ⊕ Potenciar la recuperación de recursos
- ⊕ Fácil de hacer
- ⊕ Generación de ingresos
- ⊖ Lleva mucho tiempo si lo gestiona la escuela
- ⊖ Impacto potencialmente negativo en los medios de subsistencia del sector informal

> Referencias y lecturas complementarias



Wasteaid, Making Waste Work: A toolkit – How to prepare plastics to sell to market. 2017

ECOBICKS

Insumos Residuos plásticos adecuados: - PET (envase) - Film de plástico: - LDPE (por ejemplo, bolsas de plástico) - PP (envases alimentarios) - PS (envases y embalajes alimentarios)	Pretratamiento Separación de residuos en origen Limpiar y secar la película de plástico y la botella de PET	Necesidades de funcionamiento y mantenimiento No requiere funcionamiento ni mantenimiento	Objetivos / Características principales Una forma muy sencilla de rellenar botellas de PET con láminas de plástico y utilizarlas después como material de construcción. Una forma eficaz de reducir el vertido de residuos y reducir el volumen de hormigón o cemento en la construcción.	Principales parámetros técnicos Densidad óptima del ecobrick: > 0,37 g/ml; Densidad normal: 0,33 g/ml (por ejemplo, botella de PET de 600 ml: 200 g; botella de PET de 1500 ml, 500 g)
Resultados / productos Relleno para la construcción (por ejemplo, bancos, pequeños muros, sillas, mesas, etc.).	Complejidad técnica No requiere infraestructura No se requieren conocimientos para hacer ecobricks Competencias de nivel medio necesarias para construir con ecobricks	Nivel de madurez Probada globalmente para aplicaciones a pequeña escala (por ejemplo, escuelas, pequeñas comunidades, etc.)	Aspecto educativo Temas: Reducción de la basura plástica, consumo Ejercicios prácticos: Elaborar ecobricks con los alumnos (escuela + casa)	



La fabricación de ecobricks o ecoladrillos es un método de downcycling que consiste en envasar botellas de PET con plásticos no reciclables limpios y secos. Son una forma estupenda de mitigar la cantidad de plástico que se envía a los vertederos y al medio ambiente, y pueden utilizarse como bloques de construcción para edificaciones no estructurales (por ejemplo, bancos o pequeños muros).

Los plásticos blandos y duros no reciclables, como bolsas, envases, recipientes de alimentos, entre otros, se empaquetan herméticamente en botellas de PET hasta alcanzar una densidad de 0,33 g/ml para su posterior uso en la construcción.

Los ecoladrillos pueden almacenarse en interiores, al abrigo del calor, el sol y la humedad hasta su utilización.

Aplicabilidad: Los Ecobricks están orientados a su aplicación a pequeña escala (por ejemplo, a nivel de comunidades o barrios), cuando se carece de un servicio adecuado de gestión de residuos sólidos.

Consideraciones sobre el diseño: El ecobrick debe cumplir unos requisitos mínimos de peso de 0,33 x volumen de la botella (es decir, la botella de 600 ml debe pesar más de 200 gramos, y la de 1.500 ml más de 500 gramos). Los ecobrickers experimentados consideran óptima una densidad

> 0,37 g/ml. [1]. La selección de las botellas debe ajustarse a la disponibilidad local. Para los módulos de construcción (pequeñas construcciones que se pueden mover una sola vez, como bancos o taburetes), las botellas deben ser de tamaño y forma similares. Para proyectos de construcción al aire libre, el tamaño y la forma importan menos que el volumen (por ejemplo, las botellas pequeñas hacen paredes más resistentes, las botellas grandes hacen buenos bancos).

Material necesario: Para fabricar los ecobricks se necesita un palo de diámetro inferior a la abertura de la botella. Se recomienda un espacio de almacenamiento interior con poca humedad y exposición al sol. Para construir pequeñas infraestructuras con ecobricks, se necesita agua y tierra disponible localmente, arcilla y arena. Una vez que la tierra y la arcilla se mezclan, deben conseguir una textura que no se desmorone, denominada “mazorca”. Se puede utilizar paja de arroz, fibra de coco u otra fuente orgánica como aglutinante. También se puede utilizar cemento como material de construcción y aglutinante.

Funcionamiento técnico y mantenimiento: Es importante limpiar y secar el plástico utilizado como relleno de la botella, ya que el plástico sucio y la humedad en el interior de un ecobrick conducen al crecimiento microbiológico y a la formación de metano. La introducción del plástico en la botella debe hacerse con cuidado para no romper las paredes de la botella. Para un envasado eficaz, se llena la botella hasta la mitad y se presiona el relleno con el palillo. Lo mismo se repite para la segunda mitad de la botella. Debe dejarse un espacio de 1-2 cm entre el relleno de plástico y el tapón para evitar sobrepresiones. A continuación, hay que cerrar la botella con el tapón.

Se recomienda proteger los ecobricks con un paño o una lona durante su almacenamiento, ya que el PET atrae el polvo y los productos químicos. El apilamiento horizontal ligeramente por encima del nivel del suelo, con los extremos apuntando hacia fuera, permite una clasificación eficaz de los ladrillos y evita que las ratas los mastiquen.

Se recomienda no dejar las tapas de los ecobricks expuestas en paredes que den al exterior, ya que el plástico HDPE de la tapa se degrada rápidamente incluso con pequeñas cantidades de exposición al sol. Al rellenar alrededor de los ecobricks con cob, puede ser útil colocar pequeñas piedras entre las botellas para ocupar espacio y minimizar el uso de cob.

Salud y seguridad: Los ecobricks deben cumplir siempre los requisitos mínimos de densidad/peso; si no, son un peligro potencial de incendio.

Costes: Como los ecobricks pueden fabricarse a partir de residuos plásticos y construirse con material disponible localmente, el coste asociado es muy bajo.

Social, legal, and environmental considerations: Los ecobricks deben cerrarse correctamente, ya que su relleno de plástico puede filtrar sustancias químicas al exponerse a la luz solar, lo que puede causar daños inmediatos al suelo y, en última instancia, filtrarse a las masas de agua [2].

Puntos fuertes y débiles:

- ⊕ Barato
- ⊕ Una forma eficaz de mitigar la liberación de macroplásticos y microplásticos en el medio ambiente
- ⊕ Se necesitan pocos conocimientos técnicos
- ⊕ Utilizar los recursos locales disponibles
- ⊕ Es fácil implicar a los estudiantes y a los hogares en la fabricación de ecobricks
- ⊕ Fácil de vincular con fines educativos
- ⊖ Opción de reciclado descendente (no es posible reciclar más)

> Referencias y lecturas complementarias

1. Alliance, G.E., 10 step guide to making eco-bricks. 2020.
2. Duarte, L. et C. Barajas, Is the use of filled PET bottles as a building blocks a safe practice. Journal of Solid Waste Technology and Management, 2016. 42 : p. 930-934.



Wasteaid, Making Waste Work: A toolkit – How to turn mixed plastic waste and bottles into ecobricks. 2017



www.ecobrickexchange.org



www.ecobricks.org

ADOQUINES

Insumos	Pretratamiento	Necesidades de funcionamiento y mantenimiento	Objetivos / Características principales	Principales parámetros técnicos
– Arena Residuos plásticos adecuados: – LDPE (por ejemplo, bolsas de plástico, etc.)	Separación de residuos en origen LDPE limpio y seco	No requiere funcionamiento ni mantenimiento periódicos.	Sencillo proceso de mezcla de plástico LDPE con arena para producir adoquines	Temperatura de reblandecimiento: 70°C [1] Mín. Temperatura de fusión 121°C [1]
Resultados / productos	Complejidad técnica	Nivel de madurez	Aspecto educativo	
Adoquines	Baja cualificación necesaria para la construcción adecuada de infraestructuras Se requiere poca habilidad para fabricar azulejos	Pocos casos documentados en todo el mundo	Temas: Reducción de la basura plástica, Consumo Ejercicios prácticos: Cálculo de las cantidades de plástico por artículo producido	



El proceso de fabricación de adoquines es un método de reciclaje que consiste en triturar plástico, fundirlo, mezclarlo con arena y, finalmente, verterlo en moldes para adoquines antes de enfriarlo.

Las películas de plástico LDPE, como las bolsas de plástico y las bolsas de agua, se funden en un recipiente (por ejemplo, un barril) utilizando una fuente de combustible (por ejemplo, madera o gas). Una vez fundido el plástico, se añade arena y la mezcla se transfiere a un molde engrasado. Una vez endurecida la mezcla, se saca la baldosa del molde y se deja enfriar más.

Aplicabilidad: Las adoquines de pavimentación están destinadas a aplicaciones a pequeña escala (por ejemplo, a nivel de comunidades o barrios).

Consideraciones sobre el diseño: El contenedor de fusión puede hacerse con un barril de aceite cortado por la mitad (~80cm de ancho y 50cm de alto) y tres patas hechas con barras de refuerzo

unidas a él [2]. Si es posible, utiliza un escudo para mantener el fuego concentrado bajo el barril.

El molde puede construirse del mismo modo que el molde para adoquines de hormigón. Las paredes del molde no deben tener más de 4 cm de profundidad para evitar que el material se pegue a los lados [2].

Material necesario: Para fabricar adoquines se necesita un barril de fundición, un equipo de agitación (por ejemplo, una pala con eje metálico), una mesa metálica, un molde para adoquines y una paleta. Además, se necesita combustible (leña, otro combustible sólido o gas), así como grasa o aceite (por ejemplo, aceite de motor usado) y arena limpia, seca y tamizada (por ejemplo, arena de construcción).

Funcionamiento técnico y mantenimiento: Es importante seleccionar el tipo de plástico adecuado para garantizar una temperatura de fusión uniforme (120-150°C).

El plástico se añade lentamente al recipiente caliente. Mientras se funde, debe removerse continuamente hasta que no queden grumos. El proceso de fusión puede durar hasta 20 minutos. Hay que tener cuidado para evitar que el plástico fundido se caliente demasiado y empiece a quemarse.

Una vez fundido el plástico, se añade arena continuamente en pequeñas cantidades mientras se sigue calentando y removiendo. Normalmente, la proporción entre arena y plástico es de 3:1, pero puede variar en función de la arena y el tipo de plástico utilizados. Se recomienda probar diferentes proporciones de la mezcla antes de empezar a producir adoquines en masa.

A continuación, se remueve la mezcla de plástico y arena con una pala y se vierte en un molde limpio y aceitado con una paleta. La mezcla se presiona en el molde para evitar espacios de aire y se deja fraguar durante unos minutos, mientras se agita repetidamente el molde para aflojar los bordes. Una vez que la mezcla se ha endurecido lo suficiente como para que la baldosa no se desmorone, se retira el molde. A continuación, se deja enfriar la baldosa.

Seguridad e higiene: El proceso de fabricación de adoquines de pavimentación debe tener lugar en una zona bien ventilada. Los trabajadores deben ir equipados con el equipo de protección individual (EPI) adecuado, con guantes ignífugos (de tela y no de goma), botas resistentes al calor y una mascarilla apropiada.

Las personas no deben situarse directamente sobre el plástico en fusión mientras se remueve e intentar evitar respirar los humos liberados por la fusión.

Asegúrese de que sólo hay PEBD y sobre todo que no se funde PVC u otros plásticos, ya que los humos de otros plásticos pueden ser peligrosos para la salud. Puede considerar tener un dispositivo de medición de temperatura en el barril para tener un mejor control sobre la temperatura de fusión.

Tenga en cuenta que el equipo se calentará para evitar quemaduras accidentales.

Costes: Como las adoquines se fabrican a partir de residuos plásticos y arena de construcción, el coste asociado es muy bajo. La instalación de un dispositivo de control de la temperatura haría considerablemente más seguro el proceso, pero también aumentaría el coste asociado.

Consideraciones sociales, jurídicas y medioambientales: El plástico es inflamable por naturaleza, por lo que se utiliza arena como retardante del fuego. Una vez desgastadas las adoquines, ya no es posible separar el plástico de la arena para su reciclado. Las adoquines de plástico pueden agrietarse con el tiempo si se cargan con peso, lo que puede provocar un desprendimiento de microplástico.

Puntos fuertes y débiles:

- ⊕ Más barato que las adoquines convencionales
- ⊕ Las adoquines son resistentes al agua
- ⊕ Las adoquines son buenas aislantes para mantener el calor y el frío
- ⊕ Utiliza los recursos locales disponibles
- ⊖ Opción de reciclado descendente (no es posible reciclar más)
- ⊖ Riesgo de liberación de gases nocivos si la temperatura es demasiado alta y se quema el plástico

> Referencias y lecturas complementarias

1. PreciousPlastic, [Commodity plastic practical info poster](#). 2018
2. Wasteaid, Making Waste Work: A toolkit – How to transform plastic waste into paving tiles. 2017

TRITURACIÓN

Insumos Residuos plásticos adecuados: - Plástico sólido (HDPE, PS, PP) Residuos plásticos inadecuados: - Plástico blando	Pretratamiento Plástico limpio y seco	Necesidades de funcionamiento y mantenimiento Es necesario un mantenimiento regular	Objetivos / Características principales Proceso de descomposición del plástico en trozos más pequeños para su posterior transformación o venta.	Principales parámetros técnicos Tensión: 380 V AMP: 5,8A Potencia nominal: 1,5 kW mín. Velocidad de salida: +/- 70 r/min [1]
Resultados / productos Plástico triturado	Complejidad técnica Competencias de alto nivel necesarias para el diseño y la construcción adecuados de infraestructuras Se requiere un nivel inferior de conocimientos para la operación y el mantenimiento	Nivel de madurez Tecnologías probadas	Aspecto educativo Temas: Reducción de la basura plástica; Consumo Ejercicios prácticos: -	



La trituración de plástico es el proceso de descomponer plástico de gran tamaño en pequeños copos por medios mecánicos motorizados. El plástico triturado obtenido puede utilizarse para su posterior procesamiento in situ o venderse con un mayor valor de mercado.

El plástico limpio y clasificado según el tipo de plástico, y potencialmente el color, se tritura por separado para crear copos de plástico homogéneos de tamaño definido. El tamaño del plástico triturado depende de las necesidades de su posterior procesamiento. Mientras que los

copos grandes, de 0 a 30 mm, son adecuados para la prensa de láminas, los copos de 0 a 7 mm son necesarios para las extrusoras.

Aplicabilidad: La trituración de plástico es un proceso que puede utilizarse hasta a escala industrial. Sin embargo, el diseño y la infraestructura que aquí se presentan están pensados para su aplicación a pequeña escala (por ejemplo, en comunidades o barrios).

Consideraciones sobre el diseño: Las trituradoras pueden construirse desde cero o comprarse en el bazar de plásticos preciosos. Se

requiere una habilidad de nivel superior para un diseño y construcción apropiados. Los enlaces a los planos para la construcción de trituradoras están disponibles en las referencias [1].

Material necesario: La trituradora se compone de una tolva, una caja de trituración y una malla. Los componentes eléctricos necesarios son un motor (aprox. 2,2 kW con una velocidad de 70 rpm), un indicador LED y un cable de alimentación doméstico.

Funcionamiento técnico y mantenimiento: Durante la trituración, las cuchillas deben revisarse regularmente y el plástico debe empujarse hacia las cuchillas. Cuando termine de trabajar con la trituradora, se recomienda etiquetar y almacenar el plástico triturado para su uso posterior [1].

Al cambiar el tipo de plástico utilizado, primero debe retirarse la malla y cepillarse los pequeños copos triturados en la máquina. Opcionalmente, se puede utilizar aire a presión o un aspirador para soplarlos.

Salud y seguridad: Las cuchillas de la trituradora están afiladas, por lo que nunca deben utilizarse las manos para empujar el plástico hacia las cuchillas. Debe evitarse llevar ropa suelta, joyas o el pelo largo sin atar, ya que pueden quedar atrapados en las piezas móviles. La máquina debe estar siempre desconectada para su mantenimiento.

Costes: El coste del material es de unos 500 USD. El precio de la trituradora en el bazar de Precious Plastic es de unos 3000 USD. El precio puede disminuir si se construye localmente.

Consideraciones sociales, jurídicas y medioambientales: El proceso de trituración puede liberar microplásticos al medio ambiente.

Puntos fuertes y débiles:

- ⊕ Importante primer paso de la mayoría de los procesos de reciclado de plásticos
- ⊕ Manera eficaz de granular el plástico y reducir su volumen de almacenamiento
- ⊕ Relativamente barato
- ⊖ Se necesitan conocimientos superiores para construir el equipo desde cero.

> Referencias y lecturas complementarias

1. Precious Plastic, [Build a Shredder Machine](#), 2022.



[Precious Plastic – Shredder starter kit](#)

EXTRUSIÓN

Insumos Residuos plásticos adecuados: – HDPE o – PP	Pretratamiento Separación de residuos en origen Plásticos homogéneos limpios, secos y triturados (HDPE o PP)	Necesidades de funcionamiento y mantenimiento Se recomienda lavar regularmente la extrusora con material virgen	Objetivos / Características principales Proceso de extrusión de residuos plásticos en un filamento continuo para crear un nuevo producto.	Principales parámetros técnicos Tensión: 380 V AMP: 5,8A Potencia nominal: 1,5 kW mín. Velocidad de salida: +/- 40-140 r/min [1]
Resultados / productos Filamento de plástico, vigas de plástico, adornos/objetos decorativos, etc.	Complejidad técnica Competencias de alto nivel necesarias para el diseño y la construcción adecuados de infraestructuras Se requiere un nivel medio de conocimientos para la instalación y el funcionamiento	Nivel de madurez Tecnología probada con una gran comunidad de práctica basada en Internet para proporcionar apoyo	Aspecto educativo Temas: Reducción de la basura plástica; Consumo Ejercicios prácticos: Cálculo de las cantidades de plástico por artículo producido	



La extrusión de plástico es una tecnología de reciclado que convierte los residuos de plástico desechados en un filamento de plástico continuo que puede moldearse para darle la forma deseada al producto final.

Los plásticos homogéneos limpios y triturados, como el HDPE o el PP, se introducen en una extrusora, donde el plástico es transportado por un tornillo accionado por un motor, hasta la sección de calentamiento de la máquina. El calor creado por la máquina junto con la presión creada por el tornillo permite que el plástico se funda y pase a través de una boquilla. Un filamento continuo de plástico sale de la boquilla. Se puede colocar un molde en el extremo de la boquilla para recibir el filamento de plástico fundido y darle la forma del molde.

Aplicabilidad: La extrusión de plásticos es un proceso que puede utilizarse desde pequeña a gran escala industrial. El diseño y la infraestructura presentados aquí muestran una aplicación a pequeña escala (por ejemplo, a nivel de comunidades o barrios).

Consideraciones sobre el diseño: Las extrusoras pueden construirse desde cero o comprarse en el bazar de "Precious Plastic". Se requiere una habilidad de nivel superior para el auto-diseño apropiado y la construcción de la extrusora. Los enlaces a los planos para la construcción de la extrusora están disponibles en las referencias [2].

Material necesario: La extrusora se compone de una tolva metálica, un tornillo, un barril, una boquilla y un motor eléctrico. Se necesita una

caja electrónica y elementos calefactores como: Regulador PID para el control de la temperatura, interruptor SSR, termopar, interruptor mecánico de encendido con indicador y calentador de banda.

Si el equipo se construye in situ, se necesita un espacio de trabajo con torno, taladradora, soldadora, lijadora de banda y amoladora angular.

Como molde para fabricar vigas pueden utilizarse simples tubos metálicos.

Funcionamiento técnico y mantenimiento: Es necesario comprobar la temperatura al empezar a utilizar la extrusora. Los valores indicativos de temperatura para diferentes plásticos son: PP 180°C en el barril, 200°C en la boquilla; HDPE 190°C en el barril, 210°C en la boquilla). Durante la extrusión deben introducirse continuamente en la tolva copos de plástico triturados homogéneos. Si se utiliza un molde después de la boquilla, asegúrese de enfriar el molde en agua antes de abrirlo. Se recomienda lavar regularmente la extrusora después de su uso con material virgen.

Salud y seguridad: Se aconseja utilizar la extrusora en una zona bien ventilada. Tenga en cuenta que el barril está caliente y el contacto directo puede provocar quemaduras accidentales. Los trabajadores deben ir equipados con el equipo de protección individual (EPI) adecuado, con guantes a prueba de calor, ropa de trabajo que cubra brazos y piernas, gafas de seguridad o careta para protegerse de la expulsión espontánea de sustancias calientes de la zona de la boquilla.

Costes: El costo del material para un diseño de Precious Plastic es de alrededor de 1'300 USD. Los precios de la extrusora completa en el bazar de Precious Plastic oscilan entre ~2'000 - 6'000 USD.

Consideraciones sociales, legales y medioambientales: Durante la fusión del plástico pueden liberarse humos tóxicos, aunque esto puede mitigarse con el uso de equipos adecuados de control de la temperatura. No deben extruirse lotes de plástico mezclado, ya que fundir plástico a una temperatura incorrecta aumenta el riesgo de emisiones nocivas.

Puntos fuertes y débiles:

- ⊕ Producción continua de plástico
- ⊕ Tecnología eficaz de reciclado de plásticos
- ⊕ Fácil de usar, una vez definidos los ajustes adecuados
- ⊕ Posibilidad de gran variedad de producto de salida
- ⊖ Se necesitan conocimientos superiores para construir desde cero
- ⊖ Se necesita un nivel medio de destreza para comprobar y ajustar la temperatura adecuada

> Referencias y lecturas complementarias

1. Precious Plastic, [Build an Extrusion Machine](#), 2022.
2. Precious Plastic, [Set up an Extrusion Work space](#), 2019

 [Precious Plastic – Extrusion starter kit](#)

GANCHILLO DE PELÍCULA DE PLÁSTICO

Insumos Residuos adecuados: – Plástico ligero limpio (LDPE, PP)	Pretratamiento Lavado y secado de plásticos	Necesidades de funcionamiento y mantenimiento Corte de tiras de plástico	Objetivos / Características principales Cose láminas de plástico en bolsas y alfombrillas	Principales parámetros técnicos Aguja de ganchillo tipo K
Resultados / productos Bolsas de plástico resistentes, cestas, esterillas	Technical complexity No requiere infraestructura Se requiere un nivel bajo de conocimientos	Nivel de madurez Uso generalizado	Aspecto educativo Temas: Reutilización; Consumo Ejercicios prácticos: Crochet film plástico	



Las tiras de plástico film, como los sobres de agua y las bolsas de plástico de un solo uso, pueden tejerse fácilmente a ganchillo y convertirse en bolsas, cestas y esterillas de plástico reutilizables y duraderas.

Los plásticos lavados y secos se cortan en tiras finas y se tejen a ganchillo para fabricar diversos productos. Se trata de un proceso muy fácil y barato para aprovechar residuos plásticos de escaso valor.

Aplicabilidad: La artesanía está destinada a ser aplicada a pequeña escala por individuos o grupos de individuos.

Consideraciones sobre el diseño: Indicaciones sobre la vida útil, el equipo/infraestructura necesarios, el espacio necesario, etc.

Material necesario: Se necesitan tijeras grandes y afiladas y aguja de ganchillo del tamaño K (6,5 mm) o superior.

Funcionamiento técnico y mantenimiento: Para fabricar una cinta de plástico, las bolsas o películas de plástico se enrollan ordenadamente. Mientras el borde se mantiene intacto., se cortan tiras del ancho del pulgar con una tijera a lo largo. Una vez hecho esto, se despliega el plástico y se coloca

sobre una mesa. Se hacen cortes diagonales en el labio intacto. La cinta larga se puede tejer a ganchillo para hacer bolsos, monederos, cestas y felpudos.

Salud y seguridad: Sólo debe utilizarse plástico limpio y hay que lavarse las manos después de manipular plástico sucio.

Costes: -

Consideraciones sociales, jurídicas y medioambientales: -

Puntos fuertes y débiles:

- ⊕ Una opción muy fácil y barata para aprovechar el plástico blando de un solo uso
- ⊕ Fácil de vincular con fines educativos
- ⊖ Una cantidad muy limitada de residuos plásticos puede gestionarse con esta práctica
- ⊖ Bajo valor de mercado del producto final

> Referencias y lecturas complementarias

1. WasteAid, [Making Waste Work: A toolkit - How to crochet film plastic into bags and mats](#) 2027

FOSA DE RESIDUOS

Insumos	Pretratamiento	Necesidades de funcionamiento y mantenimiento	Objetivos / Características principales	Principales parámetros técnicos
Suitable waste: – Residuos inertes Residuos orgánicos inadecuados: – Residuos orgánicos – Reciclables – Residuos peligrosos	Separación de residuos en origen	Requiere poco funcionamiento y mantenimiento	Disposición final segura de residuos sólidos	El espacio necesario depende de la tasa de generación de residuos y de la vida útil de la fosa (normalmente 5 años)
Resultados / productos	Complejidad técnica	Nivel de madurez	Aspecto educativo	
Disposición final segura de residuos	Infraestructura limitada (fosa) Baja cualificación necesaria para la construcción Habilidades de bajo nivel necesarias para una adecuada O&M	Práctica generalizada	Temas: tasa de degradación de residuos; contaminación ambiental Ejercicios prácticos: Cálculo del tamaño de la fosa de residuos	



Cuando el plástico u otros residuos “inertes” no orgánicos no pueden reciclarse, enterrar los residuos puede ser la opción más fácil y segura. Sin embargo, enterrar o verter residuos orgánicos y peligrosos o contaminados supone una amenaza para el medio ambiente y debe evitarse.

Prácticamente, los residuos se vierten en un hoyo y luego se cubren con una capa de tierra. Cuando el agujero está lleno de residuos, se añade una última capa de tierra para construir una colina ligeramente elevada. Una vez lleno, se cava un nuevo hoyo y el ciclo vuelve a empezar.

Aplicabilidad: Las fosas de residuos pueden ser desde pequeñas fosas domésticas hasta fosas de residuos comunitarias o escolares de tamaño medio, en función de la cantidad de residuos que deban disponerse de forma segura. A mayor escala, suele denominarse vertedero o relleno sanitario dependiendo del nivel de control.

Technical Consideraciones sobre el diseño: Se excava una fosa y se rodea de una pequeña berma y una zanja para evitar que el agua de lluvia fluya hacia la fosa. El tamaño necesario se determina

en función de la cantidad de residuos que será necesario disponer en los próximos 5 años como mínimo [1]. El fondo de la fosa debe estar muy por encima (>2 m) del nivel más alto de las aguas subterráneas. Si es posible, una capa de arcilla en el fondo y que cubra las paredes puede evitar que el agua se filtre a los alrededores [2].

Se puede utilizar la siguiente fórmula para determinar el volumen de la fosa:

Volumen de la fosa $m^3 =$

$$\frac{\text{Residuos diarios generados} \left(\frac{L}{\text{day}} \right) * 365 * 5 \text{ años (o más)}}{2 * 1000 (L/m^3)}$$

Los criterios para identificar la ubicación de la fosa son [2]:

- Cerca de una zona vacía para permitir la ampliación del emplazamiento
- El nivel más alto de las aguas subterráneas debe ser >2m más bajo que el fondo de la fosa
- Al menos a 200 m de la zona residencial más cercana
- Lejos de las principales actividades escolares

Material necesario: La fosa puede excavar manualmente con pala o mecánicamente con excavadora en función del tamaño requerido y de los recursos disponibles. Se utiliza una pala para cubrir regularmente la fosa con material de cobertura (tierra o compost de baja calidad).

Funcionamiento técnico y mantenimiento: Se añade periódicamente una capa de tierra sobre los residuos en la fosa para evitar el transporte de residuos por el viento y dificultar el acceso de aves y alimañas a los residuos. No está permitido quemar residuos en la fosa, ya que esto libera gases nocivos y contaminantes al medio ambiente y pone en peligro la salud.

Salud y seguridad: Aunque el vertido de residuos en fosas no es una actividad intrínsecamente peligrosa, es necesario tomar precauciones para evitar lesiones, especialmente en presencia de objetos punzantes.

Costes: La fosa de residuos es un método de disposición final de bajo coste.

Consideraciones sociales, jurídicas y medioambientales: La aceptación social de las fosas de residuos suele ser bastante baja. La mayor carga medioambiental se deriva de la combustión de residuos en la fosa (liberación de gases nocivos y contaminantes), que no está permitida, o bien de la contaminación de las aguas subterráneas por lixiviados si la distancia entre la fosa de residuos y las aguas subterráneas es demasiado pequeña.

Puntos fuertes y débiles:

- ⊕ Método de disposición final fácil y seguro
- ⊕ Evita la quema de residuos y que el viento los arrastre
- ⊖ Daños paisaje
- ⊖ Posible contaminación del suelo
- ⊖ Solución no sostenible (sin valorización de recursos)

> Referencias y lecturas complementarias

1. Lenkiewicz, Z. y M. Webster, Making Waste Work: A toolkit - How to design and operate a basic waste disposal site, wasteaid, Editor. 2017.
2. Leclert, L., et al., Blue Schools - Linking WASH in schools with environmental education and practice, Catálogo de tecnologías. 2018.



MOOC Youtube videos:

[MOOC Mod. 1.9 Mejora de un botadero](#)

Recursos adicionales & Referencias

Recursos para las escuelas

— Kit Escuelas Azules (Consortio Suizo de Agua y Saneamiento, ES) -

<https://waterconsortium.ch/blueschool/>



Kit Escuelas Azules, 2018. Escuelas azules - Vinculación de WASH en las escuelas con la educación y la práctica ambiental, Reseña conceptual. [59]



Kit Escuelas Azules, 2018. Escuelas azules - Vinculación de WASH en las escuelas con la educación y la práctica ambiental, Catálogo de tecnologías. [53]



Kit Escuelas Azules, 2018. Escuelas azules - Vinculación de WASH en las escuelas con la educación y la práctica ambiental, Catálogo de ejercicios prácticos. [6]



Kit Escuelas Azules, 2018. Escuelas azules - Vinculación de WASH en las escuelas con la educación y la práctica ambiental, Guía del facilitador. [60]

— Guías de recursos educativos (Ciudad Saludable, ES) -

<https://www.ciudadsaludable.org/recursos>



Ciudad Saludable, 2022. [Guía de recursos educativos de residuos sólidos dirigida a docentes de inicial, primaria y secundaria](#)



Ciudad Saludable, 2022. [Guía de recursos educativos para el cuidado de la higiene y su relación con las enfermedades epidemiológicas dirigida a docentes de inicial, primaria y secundaria](#)



Ciudad Saludable, 2022. [Guía de recursos educativos para implementar un biohuerto dirigido a docentes de inicial, primaria y secundaria](#)

— Guía para la educación medioambiental sobre la gestión de residuos sólidos en África (JICA, EN)-

<https://unhabitat.org/african-clean-cities-publications>



JICA, 2019. Guidebook for Environmental Education on Solid Waste Management in Africa [2]

— Guías y herramientas Waste Wise (ONU-Habitat, EN) -

<https://unhabitat.org/waste-wise-toolkits-and-guides>



Waste Wise Cities. [A Comic book: My waste our wealth](#)

— Waste Wise Education Factsheets (ONU-Habitat, EN) -

<https://unhabitat.org/waste-wise-good-practices>

— Cero residuos en las escuelas (Clean up Nepal, EN) -

<https://cleanupnepal.org.np/zero-waste-at-schools/>



Clean up Nepal, 2019. Zero waste at schools – [Toolkit for Waste Management Education](#)



Lecciones en línea para docentes y alumnos (Clean up Nepal) - <https://education.cleanupnepal.org.np/>

Cursos en línea sobre gestión de residuos sólidos



MOOC (Eawag/Sandec) - Gestión de residuos sólidos urbanos en los países en desarrollo [YouTube](#) / [Coursera](#)



Curso en línea (ONU-Habitat) - [De los datos al impacto tangible: Conseguir los ODS sobre residuos para 2030](#)



Curso en línea (UNITAR) - [Gestión de residuos y economía circular](#)

Referencias citadas

- (1) UNESCO, Shaping the Future We Want. 2014.
- (2) JICA, Guidebook for Environmental Education on Solid Waste Management in Africa. 2019.
- (3) Foundation, E.M., 2013.
- (4) UN-Habitat, From Data to Tangible Impact: Achieving Waste SDGs by 2030. 2021.
- (5) Wilson, D.C., Global Waste Management Outlook. Nairobi: International Solid Waste Associations (ISWA) and United Nations Environmental Programme (UNEP). 2015
- (6) Leclert, L., et al., Blue Schools - Linking WASH in schools with environmental education and practice, Catalogue of Practical Exercises. 2018.
- (7) Mertenat, A., et al., Towards a Circular Economy at School - Insights and Best-practices from Nepal. Sandec News, 2019.
- (8) Lenkiewicz, Z. and M. Webster, Making Waste Work: A toolkit, wasteaid, Editor. 2017.
- (9) UN-Habitat, Waste Wise Cities Tool - Step by step guide to assess a city's municipal solid waste management performance through SDG indicator 11.6.1 Monitoring. 2021.
- (10) Kaza, S., et al., What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. World Bank. 2018
- (11) Practical-Action, Managing our waste. 2021.
- (12) UNESCO, Issues and trends in Education for Sustainable Development. 2018.
- (13) Lüthi, C., et al., Community-Led Urban Environmental Sanitation Planning: CLUES, Eawag-Sandec, Editor. 2011.
- (14) Wilson, D., A. Whiteman, and T. A., Strategic Planning Guide for Municipal Solid Waste Management. For the Collaborative Working Group on Solid Waste Management in Low and Middle Income Countries (CWG). 2001.
- (15) Mosler, H.-J. and N. Contzen, Systematic behavior change in water, sanitation and hygiene. A practical guide using the RANAS approach. Version 1.1. 2016.
- (16) Mosler, H.J., A systematic approach to behavior change interventions for the water and sanitation sector in developing countries: a conceptual model, a review, and a guideline. Int J Environ Health Res. 2012.
- (17) Cavin, V., Behavior Change Manual. 2017.
- (18) Barth, M., Implementing Sustainability in Higher Education: Learning in an Age of Transformation. 2015.
- (19) Kolb, D.A., Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development. 1984.
- (20) Meziro, J., Learning as Transformation: Critical Perspectives on a Theory in Progress. 2000.
- (21) Slavich, G.M. and P.G. Zimbardo, Transformational teaching: theoretical underpinnings. Basic principles, and core methods. Educational Psychology Review. 2012.
- (22) Lotz-Sisitka, H., D. Kronild, and D. McGarry, Transformative, transgressive social learning: rethinking higher education pedagogy in times of systemic global dysfunction. 2015.
- (23) Wilson, D.C., C.A. Velis, and L. Rodic, Integrated sustainable waste management in developing countries. Waste and Resource Management. 2013.
- (24) Wilson, D.C., et al., 'Wasteaware' benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities. Waste Manag, 2015.
- (25) Zurbrugg, C., Assessment methods for methods for waste management decision-support in developing countries, F.d.I. Università degli Studi die Brescia. 2013.
- (26) Lenkiewicz, Z. and M. Webster, Making Waste Work: A toolkit - How to measure your waste, wasteaid, Editor. 2017.
- (27) Mertenat, A.O., Anali, P. Roldan Ruiz, and Z. Christian, A Zero Waste Approach for a School in the Peruvian Amazonian Rainforest. Sandec News. 2020.
- (28) CCAC. Black Carbon. Available from: <https://www.ccacoalition.org/en/slcps/black-carbon>.
- (29) Bond, T.C., et al., Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment. Journal of Geophysical Research Atmospheres. 2013.
- (30) Reyna-Bensusan, N., The Impact of Black Carbon Emissions from Open Burning of Solid Waste. 2020.
- (31) Zabaleta, I., et al., Selecting Organic Waste Treatment Technologies. SOWATT, Eawag, Editor. 2020.
- (32) IPCC, Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the IPCC. 2013.

- (33) C., Z., Biowaste management: the key to sustainable municipal solid waste management. Eawag. 2017
- (34) Geyer, R., J. Jambeck, and K. Lavender Law, Production, use, and fate of all plastics ever made. 2017.
- (35) Haynie, M. PET Drying. Available from: <https://www.ptonline.com/knowledgecenter/Plastics-Drying/Drying-Questions/PET-Drying>.
- (36) Hopewell, J., R. Dvorak, and E. Kosior, Plastics recycling: challenges and opportunities. Phil. Trans. R. Soc. B. 2009.
- (37) Tall, S., Recycling of Mixed Plastic Waste – Is Separation Worthwhile?, S. Royal Institute of Technology, Editor. 2000.
- (38) PreciousPlastic, Precious Plastic Manual 1.0. 2017.
- (39) Lenkiewicz, Z. and M. Webster, Making Waste Work: A toolkit - How to prepare plastic waste to sell to market, wasteaid, Editor. 2017.
- (40) EuropeanCommission. Bio-based, biodegradable and compostable plastics. 2022.
- (41) EuropeanBioplastics. Bioplastic materials. 2021; Available from: <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/materials/>.
- (42) EuropeanBioplastics. Oxo-degradable Plastics. 2021; Available from: <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/standards/oxo-degradables/>.
- (43) Lenkiewicz, Z. and M. Webster, Making Waste Work: A toolkit - How to collect waste safely and efficiently, wasteaid, Editor. 2017.
- (44) Coffey, M. and A. Coad, Collection of Municipal Solid Waste in Developing Countries, UN-Habitat, Editor. 2010.
- (45) Lenkiewicz, Z. and M. Webster, Making Waste Work: A toolkit - How to turn mixed plastic waste and bottles into ecobricks, wasteaid, Editor. 2017.
- (46) Maier, R. and I. Angway, EcoBrick Construction Guide.
- (47) Lenkiewicz, Z. and M. Webster, Making Waste Work: A toolkit - How to prepare plastic waste into paving tiles, wasteaid, Editor. 2017.
- (48) Lenkiewicz, Z. and M. Webster, Making Waste Work: A toolkit - How to crochet film plastic into bags and mats, wasteaid, Editor. 2017.
- (49) Lohri, C.R., et al., Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products: a review with focus on low- and middle-income settings. Reviews in Environmental Science and Bio-Technology, 2017.
- (50) Lenkiewicz, Z. and M. Webster, Making Waste Work: A toolkit - How to turn organic waste into compost, wasteaid, Editor. 2017.
- (51) Ricci, M., A handbook for school on organic waste management, ISWA Abrelpe, Editor. 2016.
- (52) Rothenberger, S., et al., Decentralized composting for cities of low- and middle- income countries, Eawag, Editor. 2006.
- (53) Leclert, L., et al., Blue Schools - Linking WASH in schools with environmental education and practice, Catalogue of Technologies. 2018.
- (54) Lenkiewicz, Z. and M. Webster, Making Waste Work: A toolkit - How to turn organic waste into compost using worms, wasteaid, Editor. 2017.
- (55) Lenkiewicz, Z. and M. Webster, Making Waste Work: A toolkit - How to convert organic waste into biogas, wasteaid, Editor. 2017.
- (56) Vögeli, Y., et al., Anaerobic Digestion of Biowaste in Developing Countries, Eawag, Editor. 2014.
- (57) Jaramillo, J., Guidelines for the design, construction and operation of manual sanitary landfills. 2003.
- (58) Lenkiewicz, Z. and M. Webster, Making Waste Work: A toolkit - How to design and operate a basic waste disposal site, wasteaid, Editor. 2017.
- (59) Leclert, L., et al., Blue Schools - Linking WASH in schools with environmental education and practice, Concept Brief. 2018.
- (60) Leclert, L., et al., Blue Schools - Linking WASH in schools with environmental education and practice, Facilitator's Guide. 2018.

Eawag
Überlandstrasse 133
8600 Dübendorf Switzerland
Phone +41 (0)58 756 52 86
www.eawag.ch
www.sandec.ch

La gestión de residuos sólidos (GRS) se considera «uno de los mayores retos del mundo urbano». Sin embargo, 2.000 millones de personas siguen sin tener acceso a servicios de recolección de residuos sólidos, mientras que 3.000 millones carecen de acceso a instalaciones de disposición final controlada. Esto da lugar a que enormes cantidades de residuos se tiren a la calle, se botan o se quemen abiertamente, contaminando el agua, las aguas subterráneas y los océanos del mundo.

Dado que la gestión de los residuos sólidos está estrechamente vinculada a las personas y a su comportamiento, es necesario un cambio de paradigma para considerar los residuos como un recurso potencial y no como basura. Ese cambio en la sociedad requiere concienciación, enfoques pragmáticos y acciones concretas que, creemos, pueden transmitirse mejor a través de la educación.

Esta caja de herramientas pretende desarrollar soluciones innovadoras que aprovechen al máximo las sinergias entre la gestión de los residuos sólidos, el agua, el saneamiento, la producción de alimentos, la salud, el medio ambiente y la generación de energía en las escuelas.

La caja de herramientas «Cero Residuos en las escuelas» se centra en el aprendizaje, la aplicación y la práctica para que los estudiantes se conviertan en agentes de cambio y embajadores de un comportamiento sostenible y un mundo más limpio en el marco de una economía circular.