



VII Simposio Iberoamericano  
en Ingeniería de Residuos  
Hacia una economía circular

## APLICACIÓN DE INDICADORES PARA EVALUACIÓN Y CONTROL DE SERVICIOS DE GESTIÓN DE RESIDUOS EN MUNICIPIOS DEL PAÍS VASCO

González de Audicana Bengoechea, Jone; Turcott Cervantes, Dolores Elizabeth; Lobo García de Cortázar, Amaya

Grupo de Ingeniería Ambiental (GIA), Dpto. de Ciencias y Técnicas del Agua y Medio Ambiente. Universidad de Cantabria, Av. De Los Castros, s/n 39005 Santander (España), [jonegoben@gmail.com](mailto:jonegoben@gmail.com)

### Resumen

Este trabajo pretende avanzar hacia la creación de un sistema de indicadores que permita optimizar los sistemas de gestión de residuos municipales. Es una metodología basada en indicadores para una evaluación integral, dividida en cuatro módulos: 1) marco legal e institucional, 2) economía y financiación, 3) aspectos sociales y 4) gestión de residuos. Un conjunto de 165 indicadores se ha aplicado a municipios y mancomunidades del País Vasco. Se ha comprobado que a nivel municipal la información disponible sólo permite evaluar los módulos de marco legal e institucional, economía y financiación, aspectos sociales, limpieza viaria, prevención y generación. Se tuvo que acceder a niveles administrativos más altos o a empresas gestoras para lograr información sobre recogida, transferencia, valorización y eliminación. Asimismo, los resultados obtenidos han permitido establecer nuevos valores de referencia comparativos y proponer mejoras en algunos indicadores para facilitar su cálculo e interpretación. Respecto al trabajo futuro, quedaría aplicar la metodología mejorada resultado de este trabajo en otros contextos regionales, para comprobar su utilidad y aumentar la base de datos de valores de referencia para identificar mejores prácticas.

**Palabras clave:** *evaluación, indicadores, País Vasco, residuos municipales, sistemas de gestión de residuos.*

### 1. Introducción

La Directiva Marco de Residuos 2008/98/CE de la Unión Europea (UE, 2008) establece la necesidad de adoptar puntos de referencia cualitativos o cuantitativos específicos, es decir, indicadores adecuados para controlar y evaluar los avances en la aplicación de la jerarquía de residuos. Así, los municipios y empresas gestoras se han situado frente a nuevos escenarios donde requieren reducir costes y cumplir nuevas exigencias basadas en una economía circular.

Es por esto que el grupo de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Cantabria ha desarrollado una metodología que no sólo abarca el aspecto técnico de los sistemas de gestión de residuos municipales (GRM), sino también aspectos legales, económicos y sociales. Las dos primeras etapas, consistentes en el análisis de indicadores y el diseño de la metodología, han sido realizadas previamente. Este trabajo forma parte de la etapa siguiente, cuyo objetivo principal es la aplicación y optimización del sistema de indicadores propuesto. Para lograr esto, se aplicó la metodología en diferentes municipios del País Vasco y así, realizar una evaluación integral de sus sistemas de GRM a través del análisis comparativo de indicadores.

### 2. Metodología

A partir de la GRM del País Vasco se seleccionaron los indicadores aplicables; de 239 indicadores diseñados sólo se utilizaron 165 (68 cualitativos y 97 cuantitativos) acorde a las características de los municipios estudiados (por ejemplo, no existen vertidos incontrolados), divididos en cuatro módulos:

1) marco legal e institucional, 2) economía y financiación, 3) aspectos sociales y 4) gestión de residuos. Estos indicadores fueron aplicados a 18 municipios del País Vasco. En la tabla 1 se muestran datos relevantes de cada municipio: Mun 01, 02 y 03, se evaluaron individualmente, y los demás, también de forma conjunta, a nivel de mancomunidad (Man 01 y Man 02), con la finalidad de medir la utilidad de esta herramienta en diferentes niveles administrativos.

**Tabla 10. Descripción general de los municipios evaluados**

Mancomunidad	Municipio	Población	Población Mancomunidad	Sistema de recogida selectiva <sup>1</sup>	Residuos recogidos selectivamente
-	Mun 01	10211	311613	PaP	Todos
-	Mun 02	11276	62808	PaP	Todos
-	Mun 03	1272	8636	CS	Todos excepto orgánico
Man 01	Mun 04	755	32388	CAA	Todos
	Mun 05	11844		PaP + CS	Todos
	Mun 06	14822		CS	Todos
	Mun 07	126		CAA	Todos
	Mun 08	525		CAA	Todos
	Mun 09	601		CAA	Todos
	Mun 10	3715		CM + CAA	Todos
Man 02	Mun 11	7535	24057	CS	Todos
	Mun 12	1379		CS	Todos excepto orgánico
	Mun13	7301		CS	Todos excepto orgánico
	Mun 14	311		CS	Todos excepto orgánico
	Mun15	3708		CS	Todos
	Mun 16	263		CS	Todos excepto orgánico
	Mun 17	522		CS	Todos excepto orgánico
	Mun 18	3038		CS	Todos excepto orgánico

<sup>1</sup> Puerta a Puerta (PaP), Contenedores de superficie (CS), Contenedores en área de aportación (CAA), Contenedores móviles (CM).

Se elaboraron cuestionarios para las administraciones públicas y empresas gestoras de los residuos municipales (RM) y fueron enviados por correo electrónico. También se mantuvo seguimiento vía telefónica, y en algunos casos reuniones de manera presencial, y visitas técnicas. Una vez recibida la información, se identificaron datos ausentes, complementando con datos publicados en memorias anuales e información disponible en páginas web oficiales. En algunos casos los datos fueron imputados empleando una ponderación o regresión lineal. Así, se calcularon los indicadores, siguiendo la metodología diseñada previamente para cada uno de ellos. Finalmente, se realizó la evaluación comparativa del valor de cada indicador obtenido con los valores objetivo (Munizaga, 2016) o de referencia.

### 3. Resultados

Los módulos con mayor porcentaje de respuestas fueron los relacionados con el marco legal e institucional, economía y financiamiento, aspectos sociales, limpieza viaria, prevención y generación; ya que todos estos aspectos son de competencia de las administraciones públicas municipales. Por otro lado, en los módulos relacionados con aspectos técnicos como la recogida, transferencia, valorización y eliminación, apenas hubo respuestas, ya que son responsabilidad de la diputación, mancomunidad y/o

de empresas público-privadas. Por cuestiones de espacio, no es posible discutir o mencionar todos los indicadores evaluados, sin embargo, se muestran en las siguientes secciones, una selección de los más relevantes o respondidos por la mayoría de los municipios.

### 3.1. Marco legislativo e institucional

En municipios europeos y en una zona con especial sensibilidad en aspectos ambientales, los municipios estudiados han obtenido una buena valoración en cuanto a marco legal y organizacional en los siguientes indicadores: *existencia de legislación, de planes marco y flujos específicos de residuos* (aunque su cumplimiento es parcial en algunos casos); *definición y coordinación de responsabilidades; asignación de funciones y responsabilidades; perfil del personal en puestos clave; control de la prestación de servicios; sistema de monitoreo continuo y cooperación institucional*. Hay localidades que se benefician de un *sistema de registro de sanciones* como Mun 01, Mun 02, municipios de la Man 01 y Mun 15, y también declaran tener *instrumentos económicos que promueven la prevención y el reciclaje de residuos*. Todas las localidades analizadas han realizado *diagnósticos de la gestión de residuos*. En Mun 02, Mun 03 y Man 01 se declaran *inversiones para proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) para la gestión de residuos* pero no se conoce ni el número de proyectos ni el *presupuesto total anual* destinado a ello. Actualmente, no existen *certificaciones ni auditorías* vigentes.

### 3.2. Economía y financiamiento

En todas las localidades se tiene un *presupuesto y tarifa específica* para la gestión de residuos municipales. Sin embargo, el *porcentaje del presupuesto que corresponde a la gestión de residuos respecto al presupuesto municipal general* varía de un lugar a otro, ninguna supera el valor de referencia de 15%. En cuanto al municipio con el menor costo es Mun 11 con 116,5€/Tn (44,5€/hab/año) y el mayor Mun 10 con 420,5€/Tn (125,8€/hab/año). La más baja *capacidad de pago* la tiene Mun 02 (0,17%) y la más alta en Mun 05 (0,38%). Respecto a la *recuperación de costos*, todos los municipios que han podido ser evaluados de Man 02 y Mun 03 tienen unas ganancias cercanas al 100%, mientras las más deficitarias son Mun 01, Mun 02 y los municipios de Man 01, pudiendo estar influenciado al tener sistema de recogida PaP.

### 3.3. Aspectos sociales

Los únicos indicadores valorados positivamente en todos los municipios son el *sistema de quejas y sugerencias* y el *plan de educación ambiental y concienciación*. La *disponibilidad pública de información* y el *procedimiento para comunicación, consulta y participación* se valoran de una forma intermedia o negativa. Hay localidades donde existen *encuestas de percepción ciudadana* (Mun 01, Mun 02, Mun 05) y su *grado de satisfacción* sólo es: 80% en Mun 01, 75% en Mun 02 y 30% en Mun 5. La *inclusión del sector informal, la existencia de cuotas reguladas al sector informal y la evaluación de la educación ambiental*, se han valorado negativamente en casi todos los casos (excepto el último indicador, en Mun 02).

### 3.4. Limpieza viaria

La mayoría de los indicadores que han podido ser calculados tienen valores positivos en todos los municipios: *cobertura, prestaciones relacionadas con el salario, progresión de carrera y formación adecuada, aspectos relacionados con seguridad e higiene*. En los casos de *personal formal por cada 10000 habitantes y el salario promedio comparado con el salario mínimo*, tienen valores positivos o intermedios. En el rendimiento de trabajo se han obtenido datos de municipios que utilizan barredoras mecánicas; Mun 02 (259,6 m<sup>2</sup>/día/empleada) y Mun 12 (38,5 m<sup>2</sup>/día/empleada). El coste del servicio se encuentra entre 0,5 €/km<sup>2</sup> en Mun 02, donde el barrido es mecánico y hay 8,9 trabajadores/10000 hab, y el coste más elevado, referido por Mun 10 (2,1€/km<sup>2</sup>) donde el barrido es mecánico también y hay 5,4 trabajadores/10000 hab, que realizan tareas adicionales al barrido. Se ha podido calcular la *intensidad de consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>eq)* mediante la cantidad de combustible utilizado en ciertos municipios: Mun 06 (14572,3 kWh/Tn) y Mun 11 (1824,1 kWh/Tn)

superando el rango de valor comparativo 34,4 - 580,3 kWh/Tn. En el caso de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq/tonelada Mun 06 (3,95) y Mun 11 (0,49).

### 3.5. Prevención

La *reducción y reutilización* son temas incluidos en el marco legal, en planes y políticas de GRM. Además, existen *incentivos económicos para prevenir la generación de residuos* y en todos los municipios hay opción de, por lo menos, *reutilizar tres flujos o más*. Con relación a la *evolución de la tasa de generación de residuos en los últimos 5 años* (entre 2011 y 2015), sólo cumplen el valor objetivo disminuyendo más del 5%: Mun 01, Mun 10 y Mun 11. El único municipio que *invierte en proyectos de I+D+i en reducción y reutilización* es Mun 02.

### 3.6. Generación

Los municipios con el sistema de recogida PaP hacen un mayor seguimiento de los residuos en función de su origen. En cuanto a las cantidades recolectadas en fracciones de residuos, los más controlados desde el municipio y mancomunidad son el aceite y las pilas y los que menos, todos aquellos recogidos en puntos limpios. Por otro lado, ni a nivel municipal ni de mancomunidad se hace ningún seguimiento de los vehículos al final de su vida útil (VFU) porque es cada propietario quien lo entrega en un desguace y la baja se comunica directamente en el Registro de la Dirección General de Tráfico. Sólo se ha podido calcular la *tasa de generación de hogares* en Mun 01 que es 230,9 kg/hab/año y algunas otras tasas de flujos de residuos específicos.

### 3.7. Recogida

A partir de este módulo, la información se ha preguntado en función de cada fracción de residuos municipales. Por un lado, no hay mucha información sobre los residuos que no se recogen selectivamente en contenedores o cubos y por otro, las administraciones municipales (e incluso las mancomunidades) no llevan un control después de la fase de recogida. Esto ha limitado la información a partir de este punto, no pudiéndose calcular la mayoría de indicadores. Se han calculado, únicamente, los indicadores de las fracciones más relevantes (envases, orgánicos, papel y cartón, resto y vidrio) para Mun 01, Mun 02, Mun 03 y Man 01 y Man 02.

El *grado de fraccionamiento* en municipios donde la recogida selectiva se realiza PaP o mediante áreas de aportación (Mun 01, Mun 02 y Man 02) tiene un porcentaje mayor de separación de residuos. Todos los *grados de pureza* logrados están dentro o por encima de los valores de referencia: total 27,6 – 57%; resto 23,9 - 52,2%; papel/cartón 77,2 - 98,6% ; vidrio 97,3-98,1%; envases 62,9 – 89%; orgánico 69 – 85%. El *grado de aprovechamiento de vehículos de recogida* varía respecto a municipios y fracciones, es mayor en Mun 02 y Man 01; mientras que en Mun 03 es el más bajo. En cuanto a la *frecuencia de lavado de contenedores y/o buzones* todos se encuentran por encima de los valores comparativos (resto 11,8 - 23,4; papel/cartón 3 – 12; vidrio 7 – 12; envases 7 – 12; orgánico 31,8). La *distancia media de cobertura respecto al punto de recolección* con PaP o áreas de aportación es más cercano (10-11,5 metros) comparado con CS (80m). Respecto al *personal formal de recolección y transporte por cada 1000 toneladas*, en todos los casos, los valores dan por debajo de los valores de referencia (resto 0,3 - 1,6; papel/cartón 1 - 4,5; vidrio 0,3 - 2,2; envases 1,8 - 3,6; orgánico 1,6). Para calcular el *costo de recolección y transporte* se debe considerar el tipo de recogida selectiva, se han utilizado los presupuestos municipales generales de Mun 01, Mun 02 y Mun 03. El sistema PaP suele ser más caro, pero en el caso de Mun 03 opera el convencional con los contenedores en superficie, y según estos datos, tiene un coste mayor. En cuanto a la *intensidad del uso de suelo en recolección y transporte* de los puntos limpios es mayor en Mun 03 que en de Man 02. La *única intensidad del uso de agua en recolección y transporte* que se ha podido lograr ha sido de Mun 02 con 0,53L/Tn.

### 3.8. Transferencia y transporte

Los únicos municipios y mancomunidades que tienen una planta de transferencia son Mun 01, Mun 02 y los municipios de Man 02 que transfieren a dichas instalaciones sólo las fracciones de resto y orgánico. En este módulo no fue posible calcular la mayoría de los indicadores por falta de información. Además, al ser plantas que dan servicio a una o varias comarcas, los residuos ingresados no coinciden con los recolectados solamente en los municipios y mancomunidades analizados en este trabajo. Entre los indicadores calculados, la *intensidad de desplazamiento* en Mun 01 (0,38 km/Tn), *intensidad del uso de suelo*: en Mun 01 ( 0,025 m<sup>2</sup>/Tn) y Man 02 (0,049 m<sup>2</sup>/Tn, fracción resto).

### 3.9. Valorización

Solamente respondieron el formulario, una *empresa clasificadora* de papel y cartón en Mun 03 y Man 02, que funciona a nivel regional y estatal por lo que pudo proporcionar algunos datos aplicables a otros casos analizados; y la *empresa pública* que gestiona la valorización y la eliminación de los residuos de Man 02 y de algunas fracciones de Mun 03, que no proporcionó mucha información.

La *tasa de recuperación de materiales* para la fracción de envases es de 70-91%, el orgánico entre un 96-97%, el papel y cartón un 90,7-94,8% y la fracción resto en el Tratamiento mecánico-biológico (TMB) entre un 55,7-91,4%. La *tasa de recuperación* en la planta TMB está por encima de los valores de referencia: Mun 03 (55,7%) y Man 02 (91,4%). En general, el *contenido de impropios* es menor en los municipios donde se recoge PaP o por áreas de aportación. El *grado de aprovechamiento* de las instalaciones está dentro de los valores de referencia en las instalaciones clasificadoras del papel y cartón (68,5%); y en la planta de valorización energética de Man 02, donde es del 96,9%. El *personal formal por cada 1000 toneladas* varía entre 0,24 y 1,44, quedando por encima de los valores de referencia. El *rendimiento del trabajo* está entre 1,91-11,3 Tn/h, por debajo de los valores de referencia (11,3 - 28,6). La planta de clasificación de papel y cartón tiene un *salario promedio comparado con el salario mínimo* de 153,6%. El *costo de valorización* es 172,3 – 174,9 €/Tn, dentro del rango de referencia. La *intensidad del uso de suelo* está entre 0,12-1,91 m<sup>2</sup>/Tn, dentro o por encima de los valores de referencia (0,06 - 0,24 y en valorización energética 0,07 - 0,481), exceptuando la de la planta clasificadora de papel, la planta TMB de Man 02 y la incineradora de Man 02. La *intensidad del uso de agua* en la incineradora es 3491,3L/Tn. La *intensidad de consumo energético* en planta de valorización energética es 3366,6 kWh/Tn y en la clasificadora de papel y cartón de 4,8 kWh/año, dentro de los valores de referencia. También se ha calculado la *Intensidad de energía generada* en valorización energética, que es 2245,7 kWh/Tn (valor de referencia 311,4 - 2297,2) y la *intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero* 1,04 t CO<sub>2</sub> eq/Tn (valor de referencia 0,341 - 1,134) y la *intensidad de agua contaminada generada* es relativamente alta de 512,6L/Tn (valor de referencia 0 - 106,1).

### 3.10. Eliminación: relleno sanitario

En el módulo de eliminación sólo se han tenido en cuenta las fracciones que se conocía donde se depositaban sus rechazos o impropios una vez salidas de las plantas de valorización (envases, papel y cartón, y resto en todos los municipios; orgánico en todos los que está implantado su recogida selectiva y los residuos de construcción y demolición de Mun 01).

El *porcentaje de residuos municipales vertidos* en relleno sanitario está, según el promedio ponderado de cada municipio, entre 13,9% (Man 02) – 64,3% (Man 01), además el Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos 2012-2022 (PEMAR 2016-2022) dicta que para 2020 ese porcentaje tendrá que ser menor a 35%. El *costo de vertido* de los rechazos generados en la planta de clasificación de envases de Mun 03 es de 27,3€/Tn, dentro de los valores de referencia (6,3 – 40).

Ya que los residuos de Mun 01, Mun 02 y Man 01 se llevan al mismo vertedero, los siguientes indicadores son iguales para todos: *intensidad del uso de suelo* 0,8 m<sup>2</sup>/Tn; *intensidad del uso de agua* 6,1L/Tn exceptuando los residuos de construcción de Mun 01, que se llevan a un vertedero de residuos inertes (26,2L/Tn). *Intensidad de uso de suelo* para el vertedero de Mun 03 es 9,3 m<sup>2</sup>/Tn.

La intensidad de consumo energético es 8,8 kWh/Tn en Mun 01, Mun 02 y Man 01 exceptuando el vertedero de inertes de Mun 01 que es 6,6 kWh/Tn, y la del vertedero de residuos peligrosos donde se llevan las cenizas de la incineradora de Man 02, que es 2,2kWh/Tn. Para el cálculo de la intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero de los vertederos en algunos casos sólo se tenían datos de uso de combustibles pero no de la emisión de CH<sub>4</sub> del vertido propiamente (0,0001 – 0,5665 Tn CO<sub>2</sub>eq/Tn), quedando los valores por debajo o dentro de los valores de referencia. La intensidad de agua contaminada generada fue de 1068,8 – 4841,2 L/Tn.

#### 4. Conclusiones

Se ha comprobado que a nivel municipal la información disponible sólo permite evaluar los módulos de marco legislativo e institucional, economía, aspectos sociales, limpieza viaria, prevención y generación, ya que el municipio o la mancomunidad intervienen directamente en la gobernanza y gestión económica de la gestión de residuos; además, tiene interés en evaluar aspectos directamente relacionados con los ciudadanos, sin embargo no controla los aspectos operativos realizados por otras entidades o empresas.

Asimismo, se han permitido identificar posibles mejoras en diversos indicadores como por ejemplo: registro de sanciones, diagnóstico de la gestión de residuos, gasto anual en educación ambiental, generación de residuos peligrosos domésticos, frecuencia de lavados de contenedores, indicadores relacionados aspectos ambientales (contaminación de agua, suelo, ruido, olores), grado de aprovechamiento, carga de residuos por vaciado, etc. Por otro lado, se han detectado indicadores que en general en la Comunidad Europea están claramente controlados y su valoración siempre es positiva, relacionados con aspectos laborales y la protección de la salud pública. Sin embargo, es conveniente incluirlos al menos en la primera evaluación de cada sistema GRM, como parámetros de detección de casos irregulares.

Respecto al trabajo futuro, quedaría aplicar la metodología mejorada resultado de este trabajo en otros contextos, para evaluar su utilidad y hacer la crecer la base de datos con casos de referencia que sirvan de ejemplo para otros lugares.

#### Referencias

- Munizaga, J. (2016). *Metodología para la Evaluación Integral de Sistemas de Gestión de Residuos Domésticos*. Universidad de Cantabria, Santander, España. Retrieved from <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/8431>
- UE. (2008). Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008 , sobre los RESIDUOS y por la que se derogan determinadas Directivas. *Parlamento Europeo*, 28 pags. (43 artículos). Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:01:ES:HTML>