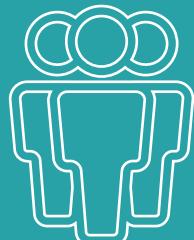
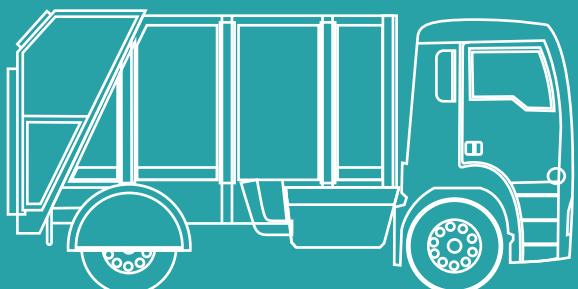


IDENTIFICACIÓN DE LOS USUARIOS EN LA RECOGIDA DE RESIDUOS MUNICIPALES EN CONTEXTOS CON ALTA DENSIDAD DE POBLACIÓN



Marzo 2019

Versión 4

AUTORES

Diana Saleh
Marie Salova
Biel Bulbena
Thomas Loderus
Maria Calaf Forn (ENT)

COORDINADORES

Maria Calaf Forn (ENT)
Dr. Ignasi Puig Ventosa (ENT)

DISEÑO

Thomas Loderus
Raimon Ràfols Florenciano (ENT)

TRADUCCIÓN

Oliver Canosa (ENT – Universitat de Barcelona)

Director del “Circular Design” European Project

Dr. Jordi Segalàs Coral (UPC)

El proyecto se desarrolló de marzo a junio de 2018, bajo la supervisión de Maria Calaf Forn (ENT) y en el marco del proyecto europeo “Circular Design” coordinado desde la UPC (Universitat Politècnica de Catalunya) por el Dr. Jordi Segalàs, Gemma Tejedor y Aya Ulan.

CONTACTO

info@ent.cat



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

- 0 INTRODUCCIÓN
- .1 RESIDUOS MUNICIPALES
- 1 GESTIÓN DE RESIDUOS
- .1 TECNOLOGÍA DISPONIBLE
- .2 PAGO POR GENERACIÓN
- 2 TECNOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN DEL USUARIO
- .1 IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA (RFID)
- .2 NEAR FIELD COMMUNICATION (NFC)
- .3 CÓDIGOS QR
- .4 PROVEEDORES DE TECNOLOGÍA
- .5 TECNOLOGÍA ADICIONAL
- .6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
- 3 IMPLEMENTACIÓN
- .1 USUARIOS
- .2 COMUNICACIÓN
- .3 CONTENEDORES DE RECOGIDA
- .4 FRACCIONES DE RESIDUOS A CONTROLAR
- .5 FASE DE PRUEBA, MONITORIZACIÓN Y CONTROL
- .6 ASPECTOS ECONÓMICOS
- .7 EFECTOS SOBRE LOS FLUJOS DE RESIDUOS
- 4 CASOS DE ESTUDIO

0. INTRODUCCIÓN

La gestión de residuos municipales es un área clave de las políticas ambientales a nivel local, y a la vez necesita de una gran aportación de recursos.

Los países europeos han cambiado cada vez más el foco de atención, de los métodos de eliminación, a la prevención y el reciclaje.

Existen grandes diferencias entre los estados miembros de la UE, particularmente en relación a la generación, reciclaje y separación de los residuos municipales.

La inversión pública, la regulación local y las campañas de comunicación tienen que servir para conseguir una mejora consistente de los resultados de preventión de residuos y la separación en origen.

La identificación de los usuarios puede ayudar a conseguir un grado elevado de separación en origen y disminuir los niveles de generación de residuos.

Un sistema de identificación de usuarios está basado en mecanismos mediante los cuales el usuario del servicio de recogida de basuras es identificado y su generación de residuos queda registrada. Este sistema puede ser aplicado fácilmente en contextos de baja densidad de población usando un sistema de recogida puerta a puerta. Implementar sistemas de identificación de usuarios deviene más complejo en entornos urbanos de alta densidad donde se utilizan contenedores de uso colectivo.

Esta guía pretende aportar a las autoridades locales de núcleos con elevada densidad de población, información sobre estos sistemas, así como una descripción de los pasos a seguir para su implementación.



Aspectos económicos



Fracciones de residuos a controlar



Fase de prueba, monitorización y control



Comunicación



Pago por generación



Tecnología disponible



Adopción por parte de los usuarios



Efectos sobre los flujos de residuos

0.1 RESIDUOS MUNICIPALES

La generación de residuos municipales (RM) varía considerablemente entre países, de los 779 kg por cápita de Dinamarca hasta los 337 kg de la República Checa [1], para el año 2016. Esta variabilidad hace patente los diferentes patrones de consumo y poder adquisitivo, pero a la vez también depende de a la gestión y recogida de residuos municipales.

Los residuos municipales representan aproximadamente el 10% del total de residuos generados en la Unión Europea (UE) [2].

Los países de la UE han logrado para el 2016, una media de reciclaje total del 46% de los RM.

El objetivo para 2025 es de un 55% de reciclaje, llegando al 65% el 2035 [3]. Los resultados de cada país y la comparación con los objetivos se ven representados en el Gráfico 1.

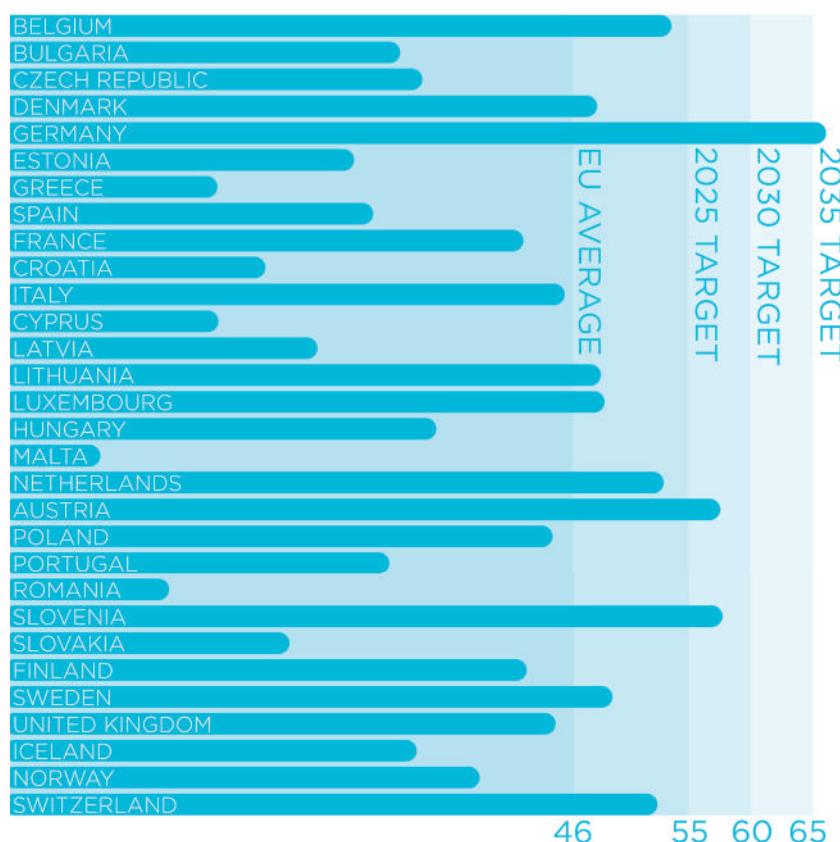
Alemania es el único país que ya ha alcanzado el objetivo establecido para el 2025, situándose en el 66% [4]. Austria, Eslovenia, Bélgica, Suiza y Holanda reciclaron como mínimo la mitad de sus residuos municipales en 2016 [4].

España, en 2016 se encontraba en el 30% [4] y la generación en 444 kg per cápita [1].

Para 2030 también hay el objetivo de limitar el vertido de los RM a un máximo del 10% y prohibir el vertido de RM recogidos separadamente [3]. El porcentaje de residuos municipales que acabó vertido en la UE disminuyó un 60% entre 1995 y 2016 [5]. Los resultados de los diferentes países varían ampliamente.

Estos objetivos de la UE suponen para los municipios un impulso para mejorar su gestión de residuos. Hay que añadir también que los costes asociados a una gestión ineficiente de los residuos ponen presión a las cuentas municipales.

Gráfico 1. RESULTADOS Y OBJETIVOS DE RM EN LA UE



[1] OECD Data, Municipal Waste Total, Kilogram/Capita 2000-2016.

[2] Eurostat, Municipal Waste Statistics.

[3] Directiva Marco de Residuos.

[4] Eurostat, Municipal Waste By Waste Operations.

[5] Eurostat, Municipal Waste Landfilled, Incinerated, Recycled and Composted in the EU-28.

Gráfico 1: Adaptado de [3], [5].

1. GESTIÓN DE RESIDUOS

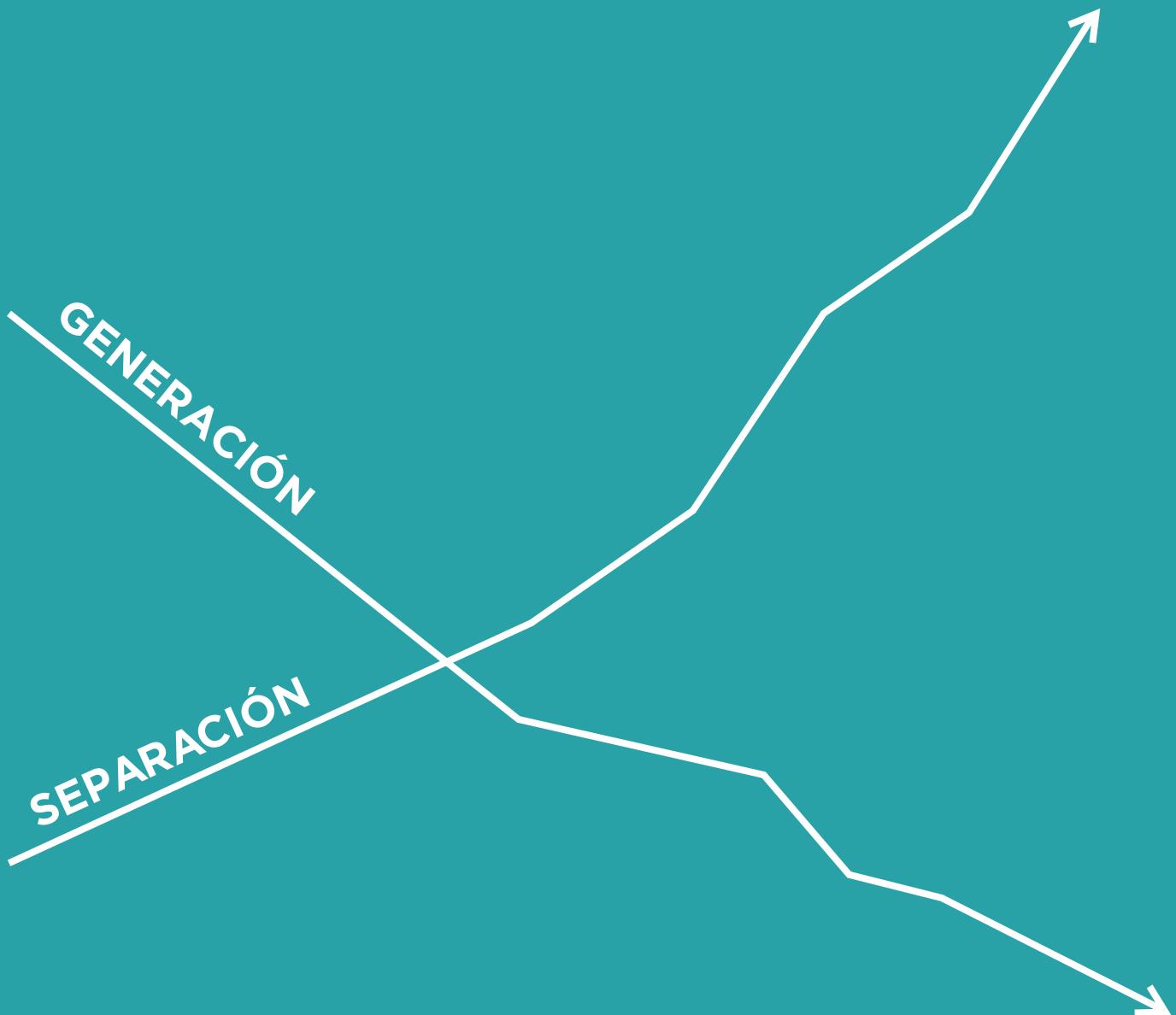
Hay varios elementos que permiten una implementación y mantenimiento exitosos de un sistema de gestión de residuos con identificación de usuario. Estos elementos ayudarán a conseguir un grado de separación en origen elevado y/o una disminución de la generación de residuos municipales.



Tecnología
disponible



Pago por
generación



1.1 TECNOLOGÍA DISPONIBLE

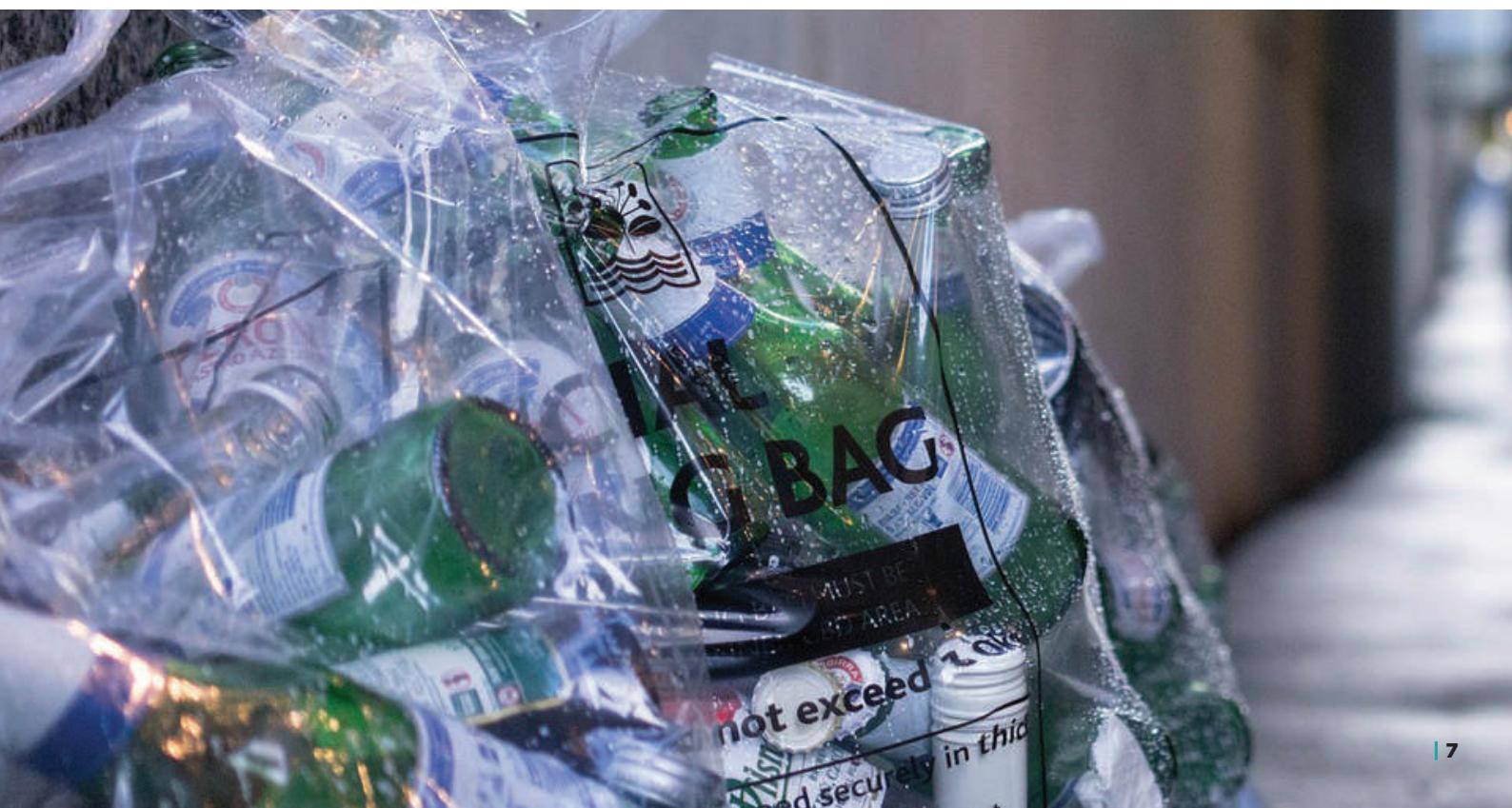
Un sistema de identificación de usuarios está basado en mecanismos por los que el usuario del sistema de recogida es identificado y en algunos casos también registrada su generación de residuos. Esta tecnología puede ser de uso obligatorio o voluntario por parte de los residentes, dependiendo del tipo de tecnología y de los sistemas implementados.

La tecnología permite una identificación precisa de los usuarios. Se requieren dos características fundamentales para garantizar el sistema: fiabilidad y robustez.

Aparte de la tecnología de identificación, se pueden emplear sensores para seguir y registrar el peso o volumen de los residuos depositados, así como el nivel de llenado del contenedor. Los sensores también son capaces de detectar y registrar varias incidencias.

Aparte de los sensores, hay sistemas de cierre electrónicos aplicables a la gestión de residuos. La identificación por radio frecuencia (Radio-Frequency-Identification - RFID) y la comunicación de campo cercano (Near-Field-Communication - NFC) son tecnologías que se pueden utilizar para controlar la apertura de los contenedores.

Las tecnologías disponibles para ser utilizadas en la gestión de residuos y en la identificación de usuarios se describen detalladamente en el capítulo 2.



1.2 SISTEMAS DE PAGO POR GENERACIÓN

Los sistemas de pago por generación (PxG) representan una forma de aplicar el principio de "Quien contamina paga" en el ámbito de la gestión de residuos. En sistemas de PxG los residentes pagan de acuerdo con la cantidad de residuos generada.

El tipo y cantidad de residuos depositados por cada residente se traduce en tarifas diferenciadas. Se ha demostrado que el pago por generación es un sistema eficiente para incentivar la prevención de residuos y niveles altos de recogida selectiva.

La tarifa se puede dividir en dos elementos: uno general y otro variable. La parte variable de la tarifa está basada en la cantidad real de residuos generados. En general, la fracción resto siempre se cobra, pero también se pueden cobrar otras fracciones (ver 3.4 Fracciones de residuos a controlar).

La recogida puerta a puerta es una manera fácil de vincular un hogar con su propia generación de residuos. Sin embargo, en contextos de gran densidad de población, se requieren modelos diferentes debido a la presencia de contenedores de uso colectivo para la recogida de los residuos. Los contenedores cerrados equipados con un sistema de identificación de usuario permiten vincular los ciudadanos con su propia generación de residuos. Los sistemas de cámara, que miden el peso y/o el volumen de los residuos depositados también son una solución viable para aplicar sistemas de PxG en contextos de alta densidad de población (ver caso de estudio de Linköping, Suecia).

En sistemas de gestión de residuos con identificación del usuario, implementar un sistema de PxG es opcional. Para más información sobre la implementación de sistemas con PxG consultar la "Guía para la implementación de sistemas de pago por generación de residuos municipales (PxG)" publicado por la Agencia de Residuos de Cataluña [6].

Las últimas tendencias en sistemas de PxG indican que se tiende a hacer un uso mayor de tecnología que en el pasado, así pues, hay más dependencia en la fiabilidad de esta tecnología para asegurar una facturación precisa.

[6] Puig Ventosa, I., Calaf Forn, M., Mestre Montserrat, M. (2010). *Guía para la implementación de sistemas de pago por generación de residuos municipales (PxG)*. Agencia de Residuos de Cataluña.



2. TECNOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN DE USUARIOS

Los sistemas de identificación de usuarios están basados en la implementación de mecanismos por los que los usuarios del servicio de recogida de residuos son identificados y sus patrones de disposición registrados. Esta tecnología puede ser de uso obligatorio o voluntario para los residentes, dependiendo del tipo de tecnología y sistema implementado.

IDENTIFICACIÓN OBLIGATORIA

En sistemas de identificación obligatoria, las soluciones para la identificación se basan en la integración de sistemas de cierre electrónicos en los contenedores, con Identificación por Radio Frecuencia (RFID), Near Field Communication (NFC) o PIN de acceso.

Dado que los contenedores se encuentran cerrados, la única opción para los residentes es hacer uso del sistema.

Estos sistemas de gestión de residuos brindan datos más precisos y mejoran los resultados, ya que los ciudadanos se sienten más controlados que en sistemas voluntarios. Aun así, hay potencial para un aumento del fraude o las malas conductas. Existe el riesgo de que los residuos se acumulen alrededor de los contenedores, dentro de papeleras o que aumente la cantidad de impropios dentro de los contenedores de las fracciones que se mantienen abiertas.

IDENTIFICACIÓN VOLUNTARIA

En sistemas de uso voluntario, las etiquetas NFC y los códigos QR son opciones comunes. Estos sistemas requieren de la implementación de un chip NFC o de un adhesivo con código QR. De esta forma, los usuarios se identifican ellos mismos escaneando el chip NFC o el adhesivo QR con su teléfono móvil al hacer entrega de los residuos.

De esta manera, las administraciones municipales adquieren datos de cuando se utiliza cada contenedor y de cuales lo hacen.

Cuando se requiere identificación, los resultados de la gestión de residuos tienden a mejorar. Si la identificación es voluntaria, en general, hay menos participación y el grado de separación en fracciones disminuye, pero a la vez hay menos vertidos ilegales, menos bolsas en el suelo y menos presencia de impropios.

NOTA: La distribución de bolsas estandarizadas con identificación del usuario también puede conectar el usuario con sus residuos. Este sistema implica la integración de la tecnología en las bolsas y no en los contenedores. Las bolsas pueden ser identificadas con códigos QR, alfanuméricos o con códigos de barras. Las bolsas estandarizadas también pueden incorporar tecnología RFID.



RFID



NFC



QR

2.1 IDENTIFICACIÓN POR RADIO FRECUENCIA

La identificación por radio frecuencia, conocida como **RFID**, es un método para identificar inequívocamente elementos mediante radiofrecuencia. Los requerimientos mínimos son una antena, un lector y un *tag*. El lector envía una señal al *tag* a través de la antena, a la cual el *tag* responde con su información única.

La **RFID** se puede utilizar para identificar, autenticar y guardar datos con el mínimo de intervención humana. Está pensada para ser resistente a la manipulación gracias a la utilización de algoritmos criptográficos. La **RFID** ha surgido recientemente como una tecnología con potencial de implantación en el sector de la gestión de residuos.

Los *tags* de **RFID** pueden ser activos o pasivos:

Los *tags* **RFID ACTIVOS** contienen su propia fuente de energía que les proporciona la capacidad de emitir ondas leíbles hasta los 100 m de distancia. El gran alcance de lectura de los *tags* **RFID** activos los hace idóneos cuando la ubicación del objeto o las mejoras logísticas son importantes. Un ejemplo de uso de esta tecnología está en los peajes. Son bastante más caros que los *tags* de **RFID** pasivos [7].

Los *tags* **RFID PASIVOS** no tienen su propia fuente de energía, son alimentados por la energía electromagnética transmitida desde el lector **RFID**. Puesto que se requieren ondas de radio lo bastante potentes como para alimentar los *tags* pasivos, el alcance de lectura es inferior, desde el casi contacto hasta los 25 metros. La longitud de la onda emitida por el lector **RFID** determina la aplicación de este:

[7] Wikipedia, *Radio-Frequency Identification*.

| Alta frecuencia (High Frequency (HF)): frecuencia media con un alcance típico de lectura desde 1 centímetro hasta 1 metro. El ejemplo de uso de este rango de frecuencias sería para la identificación de usuarios mediante tarjeta **RFID** en los contenedores de acera (que contendrían el lector).

| Muy alta frecuencia (Ultra High Frequency (UHF)): una longitud de onda muy corta permite llegar a una mayor distancia de lectura de los *tags* **RFID**: desde 1 metro hasta los 5-6 metros (algunos pueden llegar hasta los 30 metros). La identificación de *tags* ubicados en cubos de basura gracias a la antena del camión o la muñequera que pueden llevar los operarios utilizaría esta longitud de onda.

CONTENEDORES CERRADOS

Los residuos depositados en contenedores de uso colectivo podrían ser controlados mediante la instalación de lectores de **RFID** y sistemas de cierre electrónico, a partir del uso de tarjetas **RFID** pasivas (*smart cards*) los usuarios se identificarían y los contenedores se abrirían. El funcionamiento es el siguiente: cuando una tarjeta **RFID** pasiva se acerca al panel **RFID**, se comprueba la identificación, y si es aceptada, se procede a la apertura del contenedor para poder depositar los residuos. Cada uso queda registrado.

Los contenedores pueden ser equipados con sensores de peso o de nivel de llenado, hecho que puede ayudar a obtener datos más precisos de los patrones de comportamiento de los ciudadanos y optimizar el sistema de recogida de basuras. Estos sensores se explican en detalle en el apartado 2.5 Tecnología Adicional.



2.2 NEAR FIELD COMMUNICATION

La *Near Field Communication* (NFC) permite la comunicación entre dos dispositivos electrónicos, uno de los cuales acostumbra a ser un dispositivo portátil como un *smart-phone*. Ambos dispositivos deben estar a menos de 4 cm el uno del otro. Debido a la gran proximidad que se requiere entre dispositivos, se ha convertido en una alternativa popular entre consumidores para llevar a cabo transacciones seguras [8].

Los dispositivos capacitados con NFC pueden actuar a la vez como lector, como clave o como documento de identificación electrónica. El corto alcance de la NFC y la encriptación ofrecen más privacidad que los sistemas de RFID.

La NFC también se ha convertido en una tecnología popular en el área de la gestión de residuos.

CONTENEDORES CON SISTEMA DE CIERRE

Los residuos depositados en contenedores de uso colectivo pueden ser controlados mediante la instalación de sistemas de cierre con tecnología NFC. Así pues, estos contenedores requieren de la utilización de un dispositivo NFC para ser abiertos. Cuando un dispositivo NFC aprobado se acerca al sistema de cierre, el contenedor se abre y permite la disposición de los residuos. Cada uso queda registrado.

CONTENEDORES SIN SISTEMA DE CIERRE

Los sistemas de uso voluntario también pueden implementar la tecnología NFC, y monitorizar los hábitos de uso de los contenedores de uso colectivo. Cuando un dispositivo NFC, normalmente un *smart-phone*, se acerca al panel NFC, el uso del contenedor queda registrado. Este sistema se ha probado en la Mancomunitat de l'Urgell y se puede encontrar más información en el caso de estudio incluido en esta guía.

NOTA: Es posible combinar tecnologías. Por ejemplo, en sistemas de uso voluntario, un mismo adhesivo puede incluir tecnología NFC y códigos QR. Los usuarios pueden usar de manera rápida la NFC, pero si no disponen de un *smart-phone* con lectura NFC, pueden escanear el código QR para registrar sus hábitos de disposición. La Mancomunitat de l'Urgell ha probado esta opción y se presenta en detalle como caso de estudio en esta guía.

[8] Wikipedia, Near Field Communication



2.3 CÓDIGOS QR

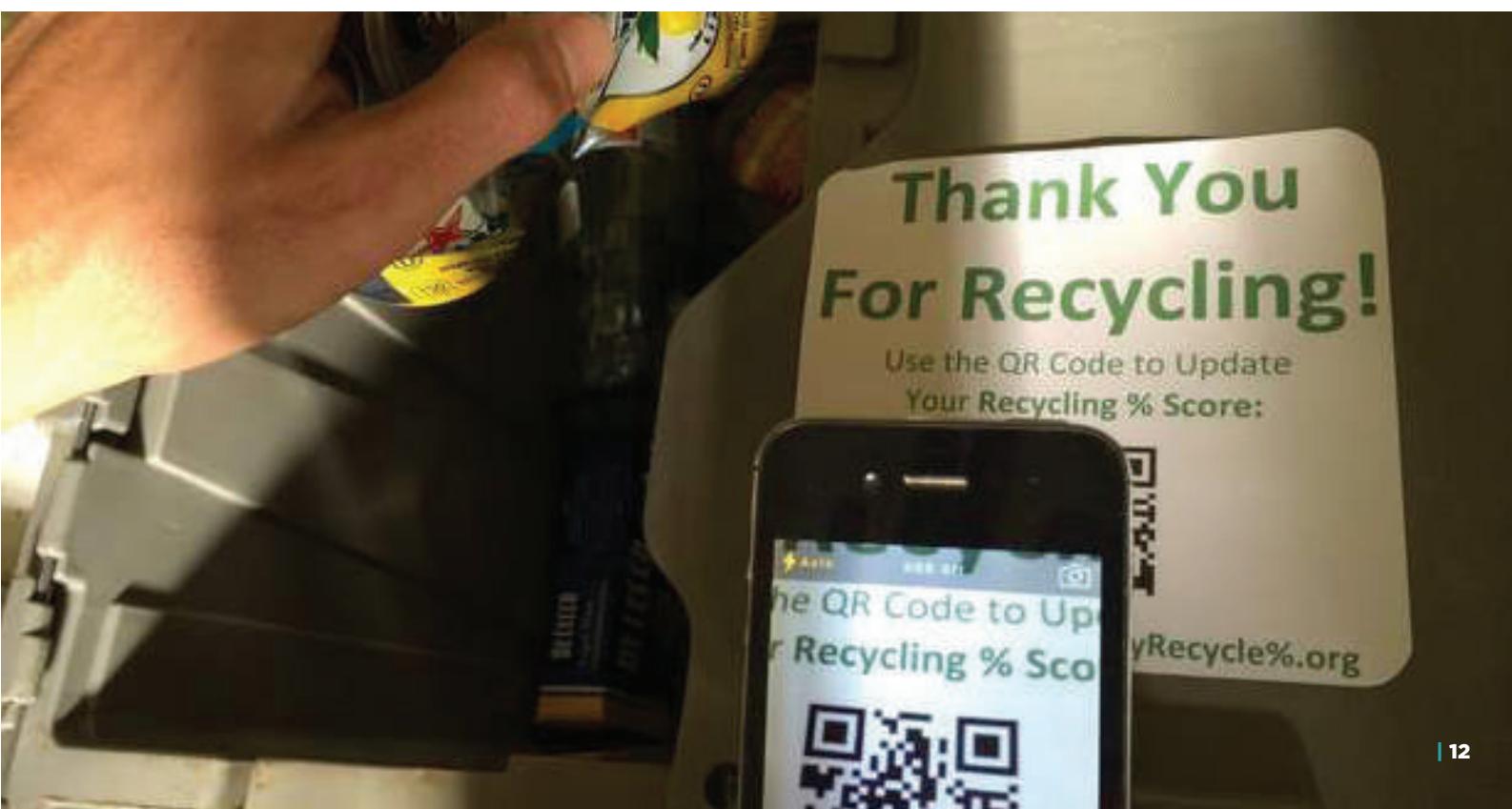
Un código *Quick Response* o QR es una matriz cuadrada de dos dimensiones que actúa como un código de barras. El propósito principal de este es registrar y transmitir información, generalmente a *smart phones* u otros dispositivos inteligentes.

CONTENEDORES CON SISTEMA DE CIERRE

En puntos de recogida donde los contenedores tienen un sistema de cierre, se puede incorporar un escáner QR. Los usuarios pueden escanear las bolsas con código QR, que habrán sido específicamente distribuidas, y en caso de lectura satisfactoria se abrirá el contenedor adecuado. Esto ya se ha probado en Hangzhou, China.

CONTENEDORES SIN SISTEMA DE CIERRE

En contextos de gran densidad de población, en un sistema basado en la confianza, los usuarios pueden ser identificados con un sistema de código QR. Los usuarios se identifican ellos mismos al tirar la basura, escaneando con su teléfono móvil el código QR presente en el contenedor. Estas lecturas quedan registradas. Este sistema se ha probado en la Mancomunitat del Urgell, y se presenta como caso de estudio en esta guía.



2.4 PROVEEDORES DE TECNOLOGÍA

Tabla 1. PROVEEDORES DE TECNOLOGÍA EN EUROPA, DIFERENTES ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS QUE PROVEEN Y CON QUÉ CONTENEDOR SON COMPATIBLES

	MOBA	DORLET	ID&A	WINTTEC TNL	MARIMATIC OY	XARXA AMBIENTAL	ALQUIENVAS	ID WASTE S.L.	
TECNOLOGÍA	RFID	●	●	●	●		●	●	
	NFC	●				●			
	QR					●	●	●	
	BOSSES		●				●	●	
SISTEMAS	IDENTIFICACIÓ D'USUARI	●	●	●	●	●	●	●	
	SISTEMA DE CAMBRA	●		●	●				
	PESATGE RECOLLIDA	●		●					
	SENSORS VOLUMÉTRICS	●		●	●				
COMPATIBILIDAD	LATERAL	●	●	●		●		●	
	POSTERIOR	●	●	●		●		●	
	IGLÚ	●		●		●		●	
	PNEUMÀTICA	●		●	●	●		●	
MÁS	SOTERRATS	●		●		●		●	
	PROVEÏDORS	EMZ	DORLET	ID&A	WINTTEC TNL	MARIMATIC OY	XARXA	ALQUIENVAS	
	PÀGINA WEB	moba-automation.com	dorlet.com	ideabs.com	tnl.pt	marimatic.com	grupxarxa.cat	alquienvas.com	id-waste.com

✳ Más información en la Tabla 2. Especificaciones técnicas.

Tabla 1. Adaptada a partir de fuentes de ENT.

2.5 TECNOLOGÍA ADICIONAL

A continuación, se explican otras tecnologías que permiten la identificación de usuarios y tienen potencial para ser implementadas.

Los contenedores se pueden equipar con sensores capaces de desarrollar diferentes tareas. Gracias a su tamaño reducido pueden ser instalados en casi todos los modelos de contenedor, independientemente de la forma, tamaño o contenido.

Se pueden utilizar sensores para hacer seguimiento del peso de los residuos dentro de los contenedores, el nivel de llenado y para optimizar las rutas de recogida.

El **PESO** de los residuos se puede medir de varias maneras. Se pueden utilizar sensores para medir el peso de cada deposición o del contenido total del contenedor.

PESO POR CONTENEDOR

Cuando los residuos son recogidos se pueden pesar mediante sensores en la pinza elevadora del camión, los cuales pesan el contenedor mientras lo levantan y comparan el valor inicial con el final, ya vaciado. La diferencia de peso queda registrada para cada contenedor.

Otra opción es pesar el contenido del camión antes y después de vaciar el contenedor.

PESO POR DIPÓSITO

Los contenedores pueden ser equipados con sensores, los cuales pueden calcular y registrar el peso de los residuos depositados por cada usuario.

SISTEMA DE RECOGIDA POR PESO

Los puntos de recogida de basuras (donde deberían estar presentes todas las fracciones) están equipados con una balanza informatizada, que mide y registra el peso de los residuos depositados por cada usuario. Para depositar los residuos, el usuario debe pesar la bolsa y seleccionar la fracción correspondiente. Despues de completar este paso el correspondiente contenedor se desbloquea y se abre. Esto permite la aplicación de un sistema de PxG.

El **VOLUMEN** de los residuos se puede medir o estimar de diferentes maneras:

SENSORES VOLUMÉTRICOS

Se pueden instalar sensores en la tapa de los contenedores para medir el grado de llenado mediante ultrasonidos.

Esta información puede ser enviada al centro de administración para ser procesada y usada para optimizar las rutas de recogida. Además, la información relativa al volumen medio de los residuos, considerando el número de usuarios asociados a cada contenedor, la puede emplear el municipio para calcular un precio medio por volumen y usuario, haciendo así posible la aplicación de un sistema de pago por generación indirecta.

SISTEMAS DE CÁMARA

Un sistema de cámara principalmente consiste en un semi tambor cilíndrico rotativo anclado a la tapa del contenedor, con un sistema de apertura vinculado a la identificación del usuario. El sistema de cámara tiene un volumen de disposición limitado (p.e. 20, 30 o 50 litros) debido a la capacidad del tambor. Este sistema permite la aplicación de sistemas de pago por generación.

La siguiente sección presenta los diferentes proveedores de tecnología, los sistemas que son capaces de implementar y las opciones dentro de cada uno. También se señalan las limitaciones, así como las características energéticas y los softwares asociados.

2.6 ESPECIFICACIONES TECNOLÓGICAS

Tabla 2. ESPECIFICACIONES TECNOLÓGICAS

NOTA: Para todos los proveedores de tecnología de la siguiente tabla existe la opción de asignación de usuarios por contenedor, así como el establecimiento de horarios y días concretos de apertura de los mismos.

MOBA			
Sistemas	Identificación de usuario	Sistema de cámara	
Modelo 1	Flex: Tapa del contenedor completamente abierta con tarjeta inteligente	Versión adaptada para contenedores de recogida lateral y posterior	
Modelo 2	E-box: Tapa completamente abierta con tag inteligente (que asegura el cierre después del uso) y pantalla con paneles solares	Versión integral para contenedores soterrados y neumáticos	
Control de volumen	No. Sólo el número de disposiciones por usuario	20, 30 y 50l para contenedores laterales y posteriores	20 y 120l para contenedores soterrados y neumáticos
Fuente de energía	Panel solar (Modelo E-Box)	Batería, 2 años de autonomía	Panel solar con autocarga a partir del movimiento
Software MAWIS U2	Bidireccional ^a Dos sistemas de comunicación opcional entre contenedores y software Opción 1 GSM / GPRSb: Tarjeta SIM en el contenedor (Costes y mantenimiento por parte de MOBA) Opción 2 ISM: Datos recogidos por los camiones de recogida (sólo E-box y cámara)		

- a) Transferencia de datos del contenedor al software y viceversa.
b) Sistema inalámbrico para transferir o comunicar los datos sin cable.

ID&A			
Sistemas	Identificación de usuario	Sistema de cámara	Sistema de recogida por peso
Modelo 1	HORUS-ID-LOCK: Tapa completamente abierta	HORUS-ID-WSD: Versión adaptada para contenedores de recogida lateral y posterior	HORUS-ID-KG: Puntos de recogida informatizados para la identificación y pesaje de los residuos
Modelo 2	HORUS-ID-FLAP: Se abre una pequeña tapa del contenedor		
Control de volumen	HORUS-LT: Sensor volumétrico	221	Sistema de pesaje electrónico para poder usar el contenedor
Fuente de energía	Batería, 3 años de autonomía		
Software B-STATION	Bidireccional Opción 1: GPRS: Tarjeta SIM en los contenedores Opción 2: HORUS-OBC: Datos recogidos por los camiones de residuos		

DORLET

Sistemas	Identificación de usuario	Sistema de cámara
Modelo 1	DORLET: Kit de cierre para contenedores de carga lateral	No
Control de volumen	No, sólo el número de disposiciones por usuario	
Fuente de energía	4 pilas AA, con 30.000 ciclos de autonomía	
Software DASS	Unidireccional ^a Opción 1: Sistema NFC portátil y PC Opción 2: Sistema de radio del camión de recogida	

a) Transferencia de datos del contenedor al software, pero no viceversa.

Tnl/Winttec

Sistemas	Identificación de usuario	Sistema de cámara
Modelo 1	Sistema de cierre con tarjeta RFID para contenedores de recogida lateral	No
Control de volumen	Sí. Sensor volumétrico con tecnología GPRS	
Fuente de energía	Batería, 2 años de autonomía	
Software SICU	Bidireccional Opción 1: GPRS: Targeta SIM en los contenedores Opción 2 firmware: Actualizable por futuras redes IOT Opción 3: Sistemas de recogida de los camiones	

Xarxa Ambiental

Sistemas	Identificacióen de usuario
Modelo 1	QR/NFC (PVC) códigos en etiquetas en los contenedores. Contenedores abiertos
Control de volumen	No. Sólo el número de disposiciones por usuario
Fuente de energía	
Software	Red ambiental proporciona aplicaciones iOS/Android para leer códigos QR/NFC. Desarrollo y mantenimiento de la aplicación. Control y almacenamiento de datos

MariMatic Oy

Sistemas	Identificación de usuario	Sistema de cámara neumática
Modelo 1	MetroSense: Identificación y clasificación de bolsas de basura con etiquetas RFID ^a	Metro Taifun: Sistema neumático de recogida automática ^b con identificación de usuarios
Control de volumen	No. Sólo el número de bolsas por usuario a no ser que las bolsas estén estandarizadas	Sistema de cambra: Tuberías de 30 cm de diámetro (para bolsas de 20-40l, aprox.)
Fuente de energía		Terminal de transferencia de residuos, conectada a la red eléctrica local
Software	Metrosense: Detectores con tecnología RFID para seleccionar correctamente la fracción de cada contenedor	Metro Taifun: La empresa proporciona el software para el sistema neumático

a) Sistema automático de clasificación de residuos en las plantas de tratamiento de residuos.

b) El sistema de recogida neumática recoge la basura desde los buzones de entrega de los residuos y a través de una red de tuberías subterráneas las envía a la terminal de transferencia de residuos.

Alquienvas

Sistemas

Bolsas identificativas del usuario

Modelo 1

Bolsas de basura con código QR y código de barras impreso en etiquetas o códigos alfanuméricos en las bolsas

Modelo 2

Proveedor de bolsas de basura con chip electrónico

Control de volumen

Bolsas de 30l

Fuente de energía

Software

Esta empresa sólo proporciona las bolsas con los sistemas de identificación. Así pues, existe la necesidad de utilizar una aplicación para smart-phone para leer los códigos QR o alfanuméricos



3. IMPLEMENTACIÓN

La selección del sistema de identificación de usuario más conveniente debería tener en cuenta una serie de variables, tales como a qué tipo de usuarios va dirigido, si el sistema será obligatorio o voluntario, qué fracciones se desea controlar, si el tipo de tecnología se puede implementar en los contenedores en uso, el diseño del sistema de monitorización y control, etc. Asimismo, para tener información económica de las diferentes alternativas, en el capítulo 3.6 se presenta un rango con los precios unitarios de cada equipo.

La discusión de todos estos aspectos clave se presenta en las subsiguientes secciones.



Usuarios



Comunicación



Aspectos económicos



Fracciones de los residuos a controlar



Fase de prueba, monitorización y control



Contenedores de recogida



Efectos sobre los flujos de residuos

3.1 USUARIOS

Uno de los primeros factores a considerar cuando se trata de elegir un sistema de identificación es quienes serán los usuarios. Hay dos grandes categorías de usuarios: hogares y comercios.

RESIDENTES Cuando se implementa un sistema de identificación de usuarios, los residentes tienen que adoptar nuevos hábitos en relación con sus residuos. Por ello, se debe asegurar que estén involucrados en cada paso del proceso de implementación, desde su planificación hasta las pruebas y el despliegue completo. Que los ciudadanos estén informados permitirá conseguir una transición más fácil del sistema viejo al nuevo. Una campaña de comunicación suele alentar a la participación y crea un compromiso con el nuevo sistema, hecho que se aborda en la sección 3.2.

COMERCIOS Los comercios tienen unos hábitos muy diferentes en materia de residuos entre ellos y respecto de los residentes. Como usuarios comerciales producen más residuos, y es importante considerar sus necesidades, especialmente cuando la implementación de la identificación del usuario es obligatoria y esta restringe el volumen de los residuos por depósito, por ejemplo, en sistemas de cámara. Hay que prever soluciones para aceptar residuos voluminosos que se puedan producir. Una alternativa es proporcionar un sistema puerta a puerta para la recogida de residuos comerciales, que podría mejorar los resultados de separación y facilitar el seguimiento de las malas conductas.

Cuando nos fijamos en sistemas de uso **VOLUNTARIO**, el compromiso es muy importante para lograr resultados satisfactorios.

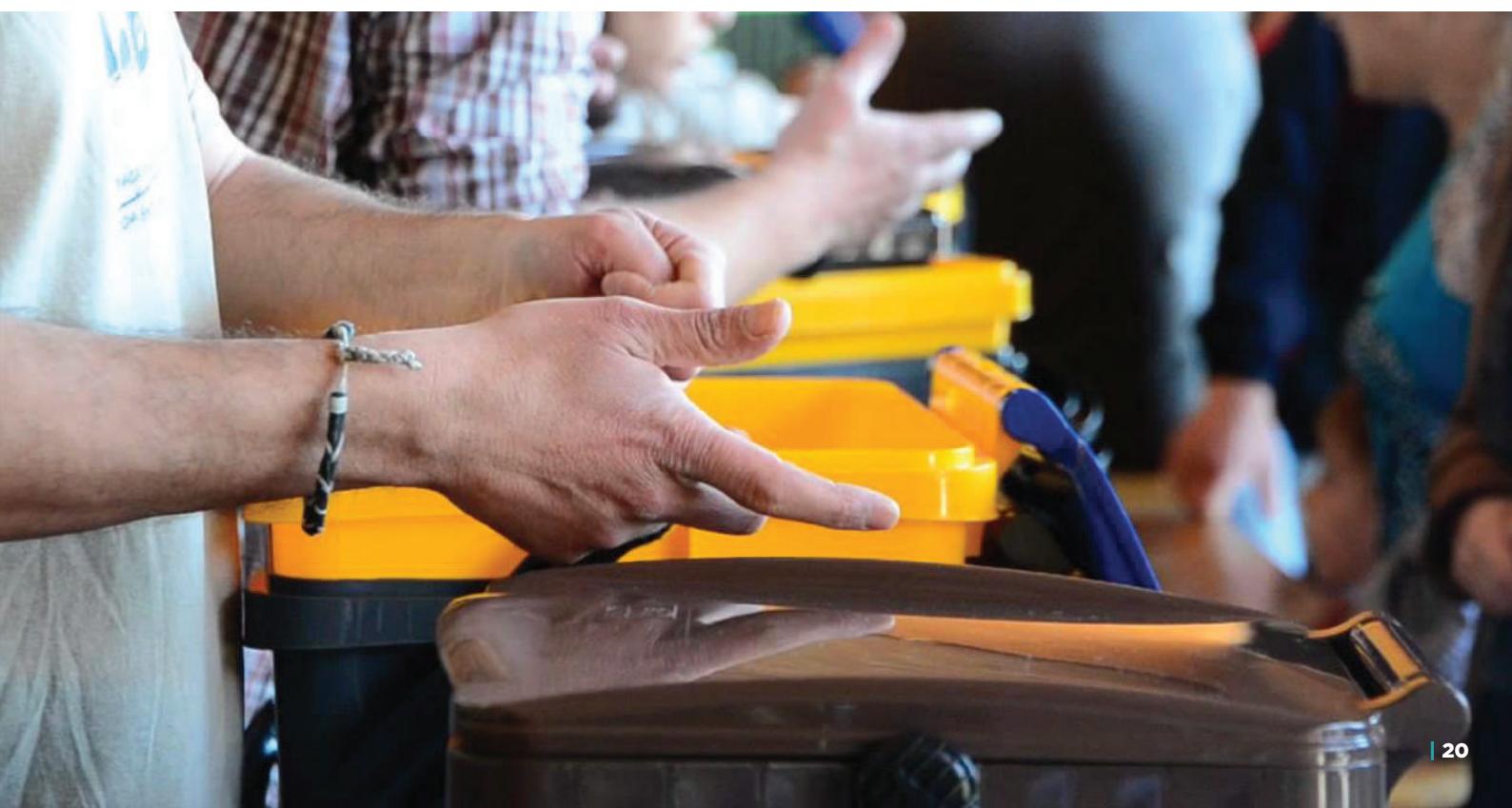
Cuando se utilice la tecnología NFC o QR, los usuarios necesitarán un teléfono inteligente y una aplicación específica para utilizar el sistema. Antes de poder utilizar la aplicación, los ciudadanos firmarían un contrato donde figurarían detallados los comportamientos que se esperan de ellos, resultados, etc. Cada miembro del hogar debería tener la posibilidad de descargar la aplicación, pero se utilizaría una única cuenta por hogar.

Cuando se plantea un sistema **OBLIGATORIO**, la distribución de claves de acceso (tarjetas inteligentes o tags inteligentes) es uno de los aspectos más importantes, ya que cada hogar debe tener, como mínimo, acceso a un punto de recogida.

Sería preferible que cada usuario tuviese asignado uno o dos contenedores por fracción, para facilitar la inspección. Con un sistema obligatorio existe la opción de restringir el número de días a la semana que cada usuario puede tener acceso a ellos. Esto se puede prever tanto para hogares como para comercios.

Cuando se utiliza la tecnología NFC se puede usar la misma aproximación que en el sistema voluntario que se acaba de describir.

En caso de emplear tecnología RFID, cada hogar o comercio debería recibir al menos dos claves de acceso. Se aconseja proveerlos también con un pack informativo que incluya las claves de acceso y la información más relevante que el usuario pueda necesitar en relación con el nuevo sistema de gestión de residuos.



3.2 COMUNICACIÓN

Una consideración clave a la hora de implementar un sistema es la adaptación de los usuarios. Así pues, es necesario llevar a cabo una campaña de comunicación. Los materiales pueden incluir lo siguiente: horario del servicio especificando cuáles y cuántos días a la semana se pueden abrir los contenedores, información sobre la recogida, tipo de servicios prestados, cambios en la forma de pagar o facturar, cómo adquirir los elementos necesarios para la identificación, cómo utilizar el nuevo sistema, sanciones, bonificaciones, material educativo para reducir la generación de residuos y separar correctamente, etc.

También se abordarán los temores en relación con las disposiciones ilegales de residuos, la percepción de que la introducción de este nuevo sistema reducirá la privacidad o cualquier otra preocupación.

Antes de comenzar la campaña de comunicación dirigida a los residentes es importante presentar información sobre el estado y resultados del sistema de recogida actual, así como recoger opiniones, críticas, aspectos positivos y déficits del sistema. Este debería ser un proceso participativo y las propuestas deberían ser comunicadas a los vecinos, proporcionando información sobre el nuevo modelo.

Finalmente, los residentes deberían ser informados de los resultados alcanzados con el nuevo sistema.



3.3 CONTENEDORES DE RECOGIDA

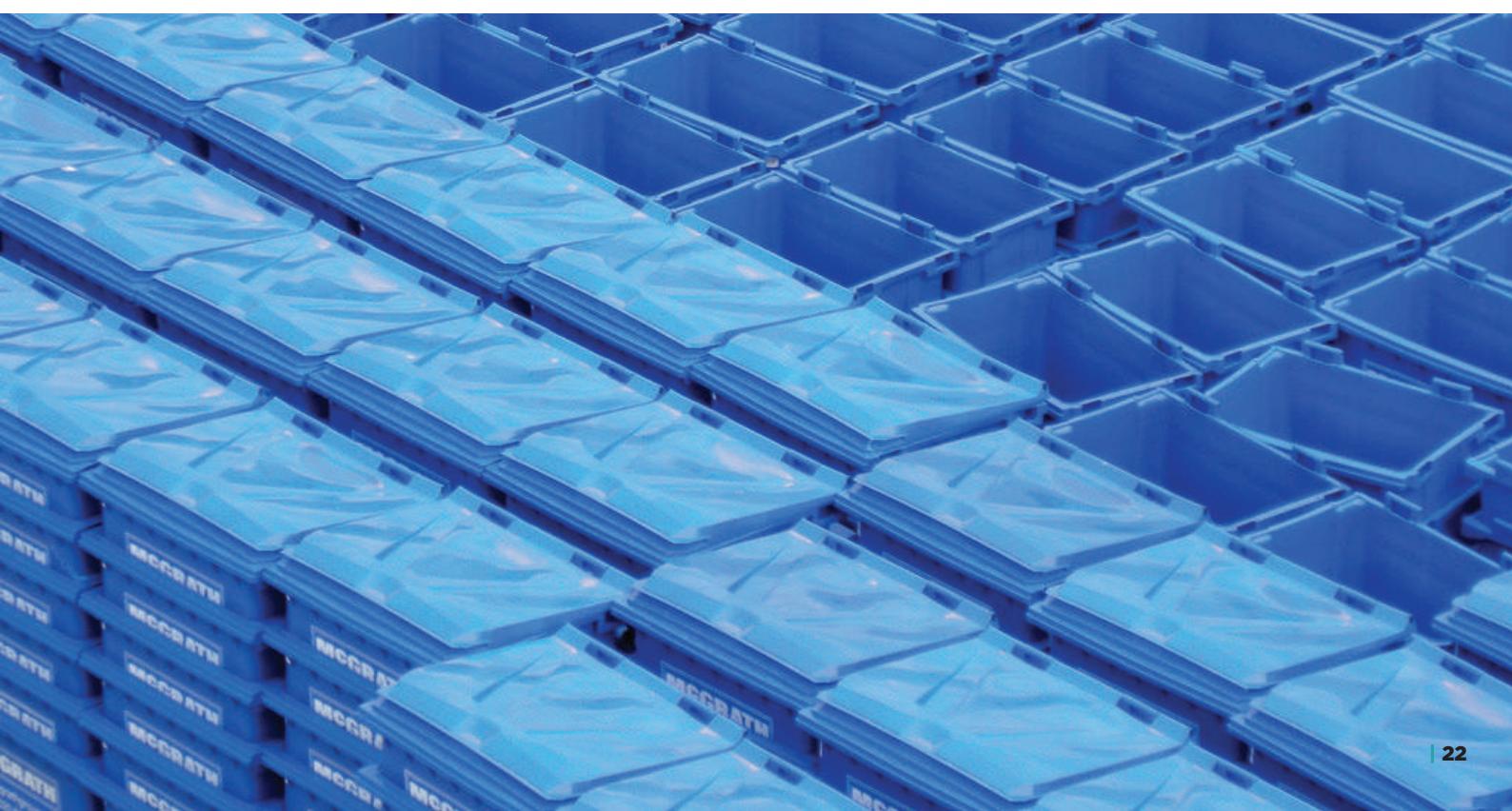
Ya que en un municipio puede haber diversidad en las tipologías de contenedores, la tecnología elegida debe ser compatible con los diferentes contenedores existentes en el área donde se quiera aplicar la identificación de usuarios, permitiendo así proveer un servicio óptimo de recogida.

El número y localización de los contenedores es un factor importante. Se debería priorizar un número pequeño, pero a la vez la distancia de un ciudadano al contenedor más cercano debería ser inferior a 100-150 metros. También se recomienda que al menos un contenedor de cada fracción esté presente en cada área de aportación.

NOTA: *La distribución de los puntos de recogida se puede optimizar más fácilmente si los contenedores disponen de sensores. Ver el apartado 2.5 para más información.*

La introducción de sistemas de identificación de usuarios en contenedores existentes requiere de su adaptación, ya sea cambiando la tapa, incorporando un sistema de cámara, colocando una pequeña tapa sobre la ya existente o lavándolos para poder pegar las etiquetas de código QR. Esto puede variar dependiendo del tipo de contenedor y de la fracción recogida.

Otra consideración clave es la asignación de diferentes contenedores con sistema de cierre para cada usuario. Una práctica habitual es la asignación de un número limitado de puntos de recogida. Cada usuario acostumbra a tener uno o dos asignados, para facilitar así la inspección. Si sólo se da acceso a un punto de disposición se debe asegurar una recogida efectiva, porque de lo contrario, si el contenedor estuviera lleno, se podrían producir vertidos.



3.4 FRACCIONES DE RESIDUOS A CONTROLAR

La selección de qué fracciones de los residuos se deben monitorizar o cerrar con un sistema de cierre es clave, tanto para prevenir una complejidad tecnológica demasiado elevada como para lograr una solución eficiente económica mente.

FRACCIÓN RESTO

Es un hecho que la fracción resto podría estar mejor separada, por lo tanto, la aplicación de tecnología en los contenedores busca reducir la cantidad de fracción resto y aumentar los niveles de reciclaje. El cierre de contenedores y/o el control de acceso de los usuarios son las dos opciones más obvias. Esto es inevitable si se quiere aplicar un sistema de pago por generación.

Algunos sistemas que sólo pretenden incentivar la recogida selectiva de la fracción orgánica y hacer disminuir los improprios, prefieren dejar la fracción resto sin monitorización.

FRACCIÓN ORGÁNICA

Las cantidades de improprios varían mucho la calidad de esta fracción. Por tanto, el cierre de los contenedores de la fracción orgánica y el control de acceso tiende a incrementar la calidad del material recogido.

Si el contenedor de resto se cierra, el de la fracción orgánica también debería estarlo.

ENVASES

La industria manufacturera produce una gran cantidad de envases que terminan como residuo. Así pues, hay que incentivar su prevención y recogida selectiva.

Por esta razón, si los contenedores de fracción resto se cierran y se implementa un sistema de pago por generación, es recomendable hacer lo mismo con los contenedores de envases y cobrar por su uso. En caso contrario, los contenedores de envases podrían recibir otros materiales que no fueran envases.

Alternativamente, si el sistema se basa en incentivar la recogida selectiva de los reciclables, monitorizar y bonificar esta fracción podría ser una opción, aunque no sería la ideal porque podría dar una idea falsa de que la recogida selectiva es preferible a la prevención.

PAPEL, CARTÓN Y VIDRIO

Estas fracciones suelen presentar buenos resultados y niveles de improprios bajos.

Por esta razón no se acostumbra a plantear el cierre de estos contenedores, a no ser que el municipio busque aplicar descuentos en la tasa de residuos para aquellos que depositen por separado estas fracciones.



3.5 FASE DE PRUEBA, MONITORIZACIÓN Y CONTROL

Ahora que diferentes aspectos de la implementación ya se han expuesto, conviene comentar la necesidad de planificar la implementación. Se plantea una estrategia de implementación sin fecha de inicio ni final. Cada municipio puede ajustar el tiempo que dedica a cada elemento, pero se sugiere seguir el orden establecido a continuación:

Se recomienda una fase de prueba, aunque no es imprescindible. El objetivo es que los vecinos se adapten al nuevo sistema.

El período de prueba puede ser definido por el municipio, y puede ser usado para examinar si la tecnología es suficientemente precisa y efectiva, asegurándose que el sistema funciona perfectamente antes de la implementación completa.

Una vez el sistema se implementa definitivamente, se debe asegurar un nivel de participación elevado. Las primeras semanas, después de la puesta en marcha, se tiene que llevar a cabo un monitoreo diario para asegurarse que los vecinos lo utilizan correctamente.

Si se detectan malos comportamientos, el ayuntamiento informará a los vecinos y notificará que se procederá a sancionarlos en caso de reiteración. Esto debería estar regulado a través de una ordenanza municipal.

NOTA: Si se introduce un sistema de pago por generación además de un sistema de identificación, se recomienda hacerlo en etapas subsiguientes, para no añadir dificultades adicionales a la implementación.



3.6 ASPECTOS ECONÓMICOS

Para implementar la tecnología de identificación de usuarios en la gestión de residuos municipales hay que tener en cuenta una serie de factores y, entre ellos, los costes jugarán un papel crucial en la selección del sistema a implementar.

Es fundamental llevar a cabo un estudio preliminar del área donde se implementará para asegurar la selección del sistema más adecuado y costo-eficiente posible.

Los costes iniciales pueden ser altos debido a la instalación de infraestructura y a la adaptación de la existente. Estos costes iniciales consisten en la instalación de tecnología en los contenedores, la compra de material tecnológico para el nuevo sistema, campañas publicitarias, etc.

Después de la implementación inicial, los costes son en forma de cargos mensuales, en concepto de mantenimiento, software, etc.

La siguiente tabla presenta una estimación de costes:

Tabla 3. PRECIOS ESTIMADOS DE LA TECNOLOGÍA DE CIERRE DE CONTENEDORES

Tecnología por contenedor	Rango de precios para sistemas de identificación de usuarios	Rango de precios para el sistema de cámara
	355 € - 900 €	1.382 € - 1.400 €
Instalación por contenedor	90 € - 100 €	50 €
Mantenimiento del hardware	5 €/contenedor /mes	9 €/contenedor/mes
Tarjetas RFID o tarjetas inteligentes		1,35 € - 3,76 €
Tags Inteligentes	2,65 €	
Sensores volumétricos	325 €-390 €	
Parrilla metálica para limitar el volumen de los residuos ^a	193 €	
A	Software online (mantenimiento incluido)	8 €/contenedor/mes 0,25 €/mes/tarjeta inteligente
	Licencia de software	1.950€ - 6.900 €
B	Instalación del software ^b	1.000 € - 6.000 € (per 3.000 habitantes)
	Mantenimientos del software y el hardware	150 ^c - 472 €/mes
Proyecto de implementación ^d		700 € - 6.500 €
Bolsas con código QR		0,098 €
Bolsas con código alfanumérico		0,079 €

a) Consisten en una parrilla metálica con agujeros cuadrados con el objetivo principal de distribuir el material de forma homogénea, también ayuda a limitar el volumen del material que el usuario puede introducir en el contenedor.

b) Depende del número de habitantes registrados.

c) Sólo se refiere al mantenimiento del software, por el sistema unidireccional.

d) Depende del número de contenedores instalados.

Nota: Rango de precios obtenido de un mínimo de 5 fabricantes y proveedores tecnológicos, precios para 2017.

Tabla 3. Adaptado de fuentes de ENT.

3.7 EFECTOS SOBRE LOS FLUJOS DE RESIDUOS

La implementación de sistemas de identificación de usuarios permite hacer un seguimiento de sus hábitos de gestión de residuos, brindando un incentivo para reducir y separar la basura.

Los sistemas de pago por generación crean un incentivo adicional. Dado que la tasa más elevada se suele aplicar sobre la fracción resto, el incentivo principal es reducir esta fracción, ya sea mediante un aumento de la recogida selectiva o adoptando medidas de prevención de residuos.

En los sistemas de pago por participación (que tratan de contar el número de veces que cada usuario hace uso de los contenedores de reciclaje para aplicar algún descuento en la tasa de residuos), la separación de las fracciones reciclables aumentará.

Una disminución de la generación de residuos y un incremento de la recogida selectiva se traducen en una disminución de los costes del tratamiento de residuos.

La magnitud de estos efectos puede variar ampliamente, y depende de la situación inicial de la ciudad donde se aplica la identificación de usuario, el modelo seleccionado y otros aspectos.

FRAUDE POTENCIAL

La conexión de los usuarios con sus propios residuos, gracias a las tecnologías de identificación del usuario y el cambio en el modelo de gestión de residuos, pueden causar cambios en los hábitos de muchos de ellos. También pueden aparecer comportamientos fraudulentos o antisociales.

Estos comportamientos pueden incluir la disposición ilegal de basura en papeleras y/o en zonas donde no está permitido, el *turismo de residuos* (depositar los residuos en un municipio cercano) o depositar residuos en los contenedores de otras fracciones (incrementando los improprios).

Todos estos comportamientos tienen el mismo objetivo: evitar o reducir la cantidad a pagar en localidades con sistemas de pago por generación. Si no hay sistemas de PxG en vigor, estos comportamientos son menos comunes.



4

CASOS DE ESTUDIO

- .1 SEOUL, COREA DEL SUR
- .2 LINKÖPING, SUECIA
- .3 ARNHEM, PAÍSES BAJOS
- .4 LEIDEN, PAÍSES BAJOS
- .5 URGELLET, ESPAÑA
- .6 SASIETA, ESPAÑA
- .7 LA GARROTXA, ESPAÑA



SEOUL, COREA DEL SUR

En el año 2012, el gobierno surcoreano desplegó un programa de pago por generación de la fracción orgánica a nivel nacional para reducir los residuos alimentarios. Antes de eso, Corea del Sur ya tenía las leyes más estrictas en cuanto a residuos alimentarios. Por ejemplo, el país ya prohibió que todos los residuos alimenticios acabaran en vertederos a partir de 2005 **[SK1]**.

El 61% de los costes asociados al tratamiento de los residuos alimentarios recae sobre la administración municipal, y el 39% restante lo cubre una nueva tasa de residuos **[SK1]**. Una parte de los restos alimenticios se transformaron en comida para animales, creando un valor aproximado de 11,693,520 USD.

Si nos centramos en Seoul, la capital de Corea del Sur, tiene una población de 25 millones de habitantes, y en 2012 presentaba un porcentaje de reciclaje del 65,3% **[SK2]**.

En 2013, el sistema se implementó en el distrito más grande de la capital, con una población de 680.000 personas, incluyendo 290.000 residentes que viven en bloques de pisos.

TECNOLOGÍA

El sistema de disposición de residuos alimentarios basado en el peso se puede llevar a cabo de cuatro maneras: utilizando los contenedores designados, con bolsas de plástico específicas y prepagadas, con contenedores que llevan un chip RFID o con contenedores con sistemas de cierre controlados por RFID.

El método de las bolsas de plástico de prepago requiere introducir los residuos alimentarios en estas bolsas autorizadas antes de introducirlas en el contenedor.

Las bolsas autorizadas se venden en supermercados, y tienen precios diferentes dependiendo del barrio, por ejemplo, una bolsa de un litro cuesta 35 won (0,027 €) en un distrito, mientras que en otro cuesta 80 (0,062 €). Desde la aplicación de este proyecto, los precios han aumentado un 30% **[SK3]**.

Las bolsas están etiquetadas con material educativo que informa sobre qué tipo de material se puede depositar. Por ejemplo, los huesos y las cáscaras no se deberían poner. También hay horas fijadas para sacar las bolsas de esta fracción. Los que infringen las normas pueden ser multados.

Por otra parte, hay vecinos que ponen sus residuos alimentarios en contenedores que tienen integrados sistemas de identificación por radiofrecuencia con cierre electrónicos. Cada casa dispone de una llave de acceso y se cobra mensualmente a los hogares dependiendo del peso de los residuos alimenticios depositados.



RESULTADOS

Dependiendo de la región y del sistema aplicado, se ha dado una reducción del peso de los residuos alimentarios de entre un 9 y un 31%.

Al inicio, debido a la falta de publicidad y promoción, hubo un poco de confusión. Los vecinos no sabían cómo funcionaba el nuevo sistema RFID, ni tampoco los costes asociados.

Cada distrito tiene un día designado para depositar los residuos, por ejemplo, los residentes de Jegi-dong pueden depositar la basura los martes, jueves y sábados. Aun así, muchos vecinos no parecen conscientes de los días designados para sacar la basura y los depositan cuando les va bien.

Según el gobierno, el sistema RFID es el que ofrece el método más eficiente para reducir el volumen de residuos alimentarios. Con este sistema de seguimiento de identificación por radio frecuencia, Corea del Sur ha hecho una de las campañas más exitosas en el mundo para prevenir los residuos de alimentos. Sin embargo, tiene un coste de instalación elevado, que de promedio alcanza los 2 millones de won (1.570 €) por contenedor.

[SK1] Seoul Solutions, *Minimizing Food Waste: Zero Food Waste Seoul 2018*

[SK2] Seoul Solutions, *Municipal Solid Waste Management*

[SK3] Seoul Solutions, *Volume Based Waste Fee (VBMF) System for Municipal Solid Waste*

LINKÖPING, SUECIA

Suecia tiene poco más de 10 millones de habitantes, que generan 446 kg de residuos municipales per cápita [1] con un porcentaje de reciclaje del 48% en 2016 [4]. El depósito en vertederos sólo representa el 0,6% [4].

Vallastaden es un barrio nuevo con alta densidad de población de la ciudad de Linköping. El distrito tiene más de 1.100 viviendas.

TECNOLOGÍA

El sistema de gestión de residuos consiste en un sistema de aspiración de las fracciones orgánica y resto. El sistema incluye 15 puntos de recogida con 30 bocas de entrada (15 para la fracción resto y 15 para la orgánica) que se encuentran conectadas a través de un sistema de tuberías a una central de recepción. Todo fluye a través de las mismas tuberías pero en días separados. Antes de entrar en las tuberías que llevan a la central de recepción los residuos permanecen en un contenedor intermedio.

Cada boca de entrada tiene un cierre electrónico, y se requiere de una llave RFID para poder depositar residuos en los contenedores. Cada hogar recibe dos claves de acceso, una por cada fracción.

Cuando se deposita la bolsa de basura, se pesa y se registra para calcular la tasa de residuos. Así pues, se trata de un sistema de PxG.

Otras fracciones reciclables no se cobran, y se pueden depositar en puntos de recogida que se encuentran abiertos y suelen estar más lejos que las entradas de orgánica y resto.

RESULTADOS

Durante la prueba piloto, los vecinos de Vallastaden generaron 416 kg per cápita, un 6% menos que la media del país en el mismo periodo [SW1].

Los sistemas de pago por generación, en teoría, crean un incentivo para que la gente separe mejor sus residuos y reduzca la cantidad de resto y fracción orgánica que genera. No se dispone de los resultados de recogida selectiva del distrito.

Sin embargo, hay una gran población estudiantil que paga los residuos con un importe fijo que da derecho a una cierta generación de residuos. Sólo si superan este umbral pagan un extra, pero esto no ha afectado a ningún estudiante desde 2016, porque el umbral de generación es demasiado alto.

El hecho de que las bocas para los reciclables se encuentren más lejos que las de la fracción resto y orgánica hace que algunos vecinos encuentren más fácil depositarlo todo en las bocas de fracción resto.

Cuando hay algún problema en una de las bocas, esto afecta todo el sistema y ya ha pasado varias veces. Si hay un bloqueo en la apertura por culpa de haber vertido demasiado residuos simultáneamente, se atasca la puerta y se bloquea todo el sistema, provocando la acumulación de basura alrededor de los contenedores.



[1] OECD Data, Municipal Waste Total, Kilogram/Capita 2000 - 2016

[4] Eurostat, Municipal Waste By Waste Operations

[SW1] Metrotaifun, Automatic Solid Waste Collection System

ARNHEM, PAÍSES BAJOS

Holanda generó 520,9 kg de RM per cápita en 2016 [1] y recicló el 53% [4]. Esto hace de Holanda uno de los países líderes en niveles de reciclaje en Europa.

El municipio de Arnhem está llevando a cabo en tres barrios una nueva iniciativa llamada "Recogida de residuos inversa" (RRI), que contabilizan 8.000 hogares. El proyecto empezó en julio de 2013 y se introdujo por completo en enero de 2014. El objetivo principal del proyecto es incrementar el reciclaje y disminuir las emisiones de CO₂ [HA1].

La RRI hace más fácil el reciclaje, alentando más gente a separar sus residuos. Sin embargo, esta prueba piloto no aplica un sistema de pago por generación.

Los barrios se seleccionaron principalmente en base a los siguientes criterios: tamaño, distribución dentro de la ciudad, fronteras del barrio claras, asociaciones de vecinos activas y ausencia de grandes proyectos en curso [HA2].

RECOGIDA DE RESIDUOS INVERSA

Los vecinos son responsables de llevar la fracción resto a unos contenedores soterrados del barrio, que tienen un sistema de control de acceso. Para abrirlos los vecinos usan una tarjeta con tecnología RFID, que proporciona acceso a todos los contenedores soterrados de la ciudad. El sistema registra todas las veces que un hogar utiliza un contenedor.

El número de veces que se utiliza un contenedor también proporciona información sobre su nivel de llenado, lo que ayuda a trazar rutas de recogida más eficientes. El sistema de control de acceso y los códigos de acceso hacen que los vecinos de otros municipios no puedan depositar sus residuos en los contenedores soterrados de Arnhem.

El vidrio se puede depositar en contenedores expresamente para esta fracción (la mayoría subterráneos).

Para las otras fracciones se pueden diferenciar dos tipos de operaciones:

a) Los residentes en **EDIFICIOS BAJOS** tienen un máximo de tres cubos que pueden dejar en la vía pública para la recogida puerta a puerta, uno para la fracción orgánica, uno para envases de plástico y uno para papel y cartón (el de papel y cartón no es obligatorio, pero lo tienen el 97% de los hogares).

Todos los cubos para la fracción orgánica y la fracción de envases plásticos están marcados con un chip. A los cubos para papel y cartón se les incorporó un chip durante la fabricación. Cada chip RFID es único y corresponde a un hogar.

Los vehículos de recogida de estos cubos están adaptados con lectores RFID para leer los chips automáticamente. De esta manera, cada hogar queda registrado y el sistema puede monitorear quién y cuándo saca la basura.

b) Los residentes en **GRANDES BLOQUES** de pisos llevan su basura a los contenedores soterrados en el barrio. Hay contenedores separados para envases de plástico, y para papel y cartón. Los vecinos interesados en reciclar la fracción orgánica lo pueden hacer utilizando un cubo para esta fracción, que se recoge quincenalmente.

RESULTADOS

Los resultados del sistema de Recogida de Residuos Inversa son muy positivos. De acuerdo con los análisis que se han llevado a cabo, seis meses después de la puesta en marcha, la cantidad de fracción resto en los tres barrios ha disminuido una media de un 23%: de 264 a 204 kg per cápita **[HA3]**.

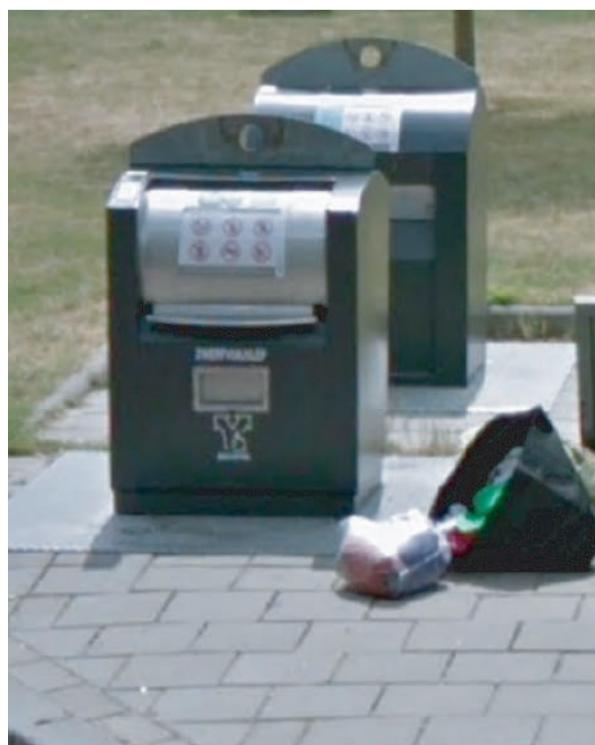
RESULTADOS DEL PRIMER AÑO DE LA PRUEBA PILOTO EN ARNHEM					
Barrio de prueba	Fracción	Medida de referencia	Objetivo	Resultados	Mejora
Over het Lange Water	Papel / cartón	26	35	43	65%
	Envases de plástico	4	12	18	350%
	Resto	206	186	205	0%
De Laar-West	Papel / cartón	31	43	61	97%
	Envases de plástico	5	17	22	340%
	Resto	270	238	212	-21%
Malburgen-oost Noord	Papel / cartón	26	35	36	38%
	Envases de plástico	2	6	18	800%
	Resto	305	287	225	-26%

El reciclaje de los envases de plástico y el papel y cartón incrementó, en paralelo a la disminución de la fracción resto.

La comunicación sobre la prueba piloto fue muy exitosa. Los residentes eran conscientes de los cambios y de cómo funcionaría el nuevo sistema. Las preocupaciones sobre las posibles afectaciones a la privacidad se corrigieron haciendo que la información sobre los hábitos relacionados con los residuos de los hogares se guardara sólo con la dirección, y no vinculada a los datos personales. Y además se garantizaba que no se compartirían con fines publicitarios. Esto fue claramente comunicado a los ciudadanos.

La educación fue un pilar fundamental de esta prueba. Se contrataron cuatro "Monitores de residuos" para educar a los residentes de cada barrio. Estaban por el barrio a diario, incluyendo noches y fines de semana, para responder las preguntas de los vecinos sobre reciclaje y separación. Activamente proporcionaban información, examinaban los contenedores y comunicaban las incidencias **[HA4]**.

Gracias a los buenos resultados del programa de Recogida de Residuos Inversa, en junio de 2015 el gobierno municipal decidió extender el mismo sistema a todo el municipio de Arnhem.



[1] OECD Data, Municipal Waste Total, Kilogram/Capita 2000 - 2016

[4] Eurostat, Municipal Waste By Waste Operations

[HA1] Arnhem, Reversed Waste Collection

[HA2] Arnhem, Reversed Waste Collection

[HA3] Arnhem, Underground Bin Location Choice

[HA4] Arnhem, Waste Coaches

LEIDEN, PAÍSES BAJOS

En 2015, el área urbana de Leiden (Países Bajos) contaba con 121.562 habitantes.

En Leiden, debido a la presión pública para conseguir un mejor sistema de gestión de residuos, se están empezando a implementar algunas iniciativas innovadoras.

Con anterioridad, había en vigor un sistema de recogida puerta a puerta para las fracciones orgánica, resto, papel y plástico, operado por diferentes empresas. El vidrio siempre se ha depositado en contenedores de uso colectivo.

En 2018 se introdujeron contenedores soterrados para la fracción resto.

TECNOLOGÍA

En la ciudad de Leiden hay más de 550 contenedores soterrados para la recogida de la fracción resto. Cada contenedor cuenta con un sistema de cierre electrónico. Con el uso de tecnología RFID los usuarios pueden hacer uso de los contenedores. Cada clave de acceso es asignada a un hogar y sólo da acceso a unos determinados contenedores.

Los contenedores están equipados con sensores de llenado, y cuando un contenedor llega a un nivel del 80% el sensor transmite una señal para ser vaciado lo antes posible **[HL1]**. También tienen un sistema de cámara que limita el volumen a 60 litros por uso.

El sistema de Leiden incorpora un sistema de pago por generación basado en el volumen de la fracción resto. Hay un cargo anual de 136 € y un cargo adicional de 1,40 € por uso (hasta 60 litros). Los vecinos reciben una factura anual. Si los usuarios no ponen sus residuos dentro del contenedor y los dejan fuera, serán recogidos, identificados y sancionados.

Otros residuos reciclables u orgánicos se recogen sin coste alguno en otros puntos de recogida **[HL2]**. Estos contenedores no requieren de un código de acceso para ser utilizados.

RESULTADOS

Inicialmente, hubo algunos problemas fruto de las dificultades de algunos usuarios para abrir los contenedores con sus códigos de acceso. Por este motivo, el sistema puerta a puerta anterior siguió funcionando mientras se acababa de implementar el nuevo sistema.

En Leiden, los plásticos y metales se depositan con la fracción resto, así pues, los residentes pagan por depositar este tipo de residuos reciclables.

RECOMENDACIONES

Aunque esta ciudad provee contenedores separados para que los ciudadanos puedan depositar el resto, el papel, la orgánica y el vidrio, no tiene contenedores separados para poder depositar plásticos y metales. Esto podría incrementar aún más el ya bastante alto porcentaje de reciclaje (53%) **[4]**.

[4] Eurostat, Municipal Waste By Waste Operations

[HL1] Municipality of Leiden, Waste Containers

[HL2] Avri, What Do You Pay For Your Waste



URGELLET, ESPAÑA

La Mancomunitat d'escombraries de l'Urgell està ubicada en el Alt Urgell, en el norte de Cataluña.

La Mancomunidad da servicio a once municipios: Alàs y Cerc, Arsèguel, Cava, Estamariu, Josa y Tuixent, Montferrer i Castellbó, Pont de Bar, Ribera del Urgell, La Seu d'Urgell, Valls de Valira y Vansa y Fórnols.

Estos once municipios presentan setenta y dos núcleos con una población de más de 16.000 personas.

Durante cuatro meses de 2017 se llevó a cabo una prueba piloto con 200 familias para favorecer una mejor separación de residuos en la región.

Previamente, la región utilizaba un sistema con puntos de recogida comunes. Cada punto de recogida incluía cinco contenedores para recoger las fracciones de residuos orgánicos, envases, vidrio, papel y cartón y resto.

TECNOLOGÍA

El nuevo sistema implicaba instalar en cada contenedor que formaba parte de la prueba una etiqueta con tecnología NFC y un código QR.

Los usuarios se podían instalar una aplicación en su *smart-phone* para que fuera capaz de leer el código cada vez que depositaban sus basuras en los puntos de recogida. La adopción del sistema fue voluntaria: los contenedores no estaban cerrados y los usuarios no estaban obligados a escanear el código cada vez que los utilizaban.

Las familias seleccionadas tuvieron que firmar un contrato, descargar la aplicación y pedir un código de activación. El código sólo está al alcance de aquellos que firmaron el contrato.

Los usuarios de la opción QR, simplemente abren la aplicación y escanean el código QR del contenedor con la cámara del móvil. El teléfono vibra y emite un sonido para confirmar que la lectura ha sido correcta. El código QR se puede leer incluso si está sucio y con la ayuda del flash del móvil cuando está oscuro.

La opción NFC hace necesaria que el dispositivo móvil esté equipado con esta tecnología. Hay que pasar el dispositivo, equipado con una aplicación, por encima de la etiqueta del contenedor. El teléfono también vibra y da una señal sonora para confirmar que la lectura ha sido correcta.

La aplicación identifica y registra el usuario, el tipo de contenedor, su ubicación y el momento de la disposición. El teléfono entonces muestra la información y la transmite al servidor. En caso de que no haya conexión, la aplicación tiene la capacidad de guardar los datos y transmitirlos cuando exista.

Si un ciudadano presenta lecturas habituales de los contenedores de recogida selectiva y no usa muy a menudo el de la fracción resto, es premiado con una reducción máxima del 50% en la tasa de residuos.



PAGO

Antes de implementar el sistema, se modificó la ordenanza fiscal para permitir las reducciones en la tasa de residuos, como incentivo para participar en la prueba piloto.

Antes de la prueba piloto no había ningún recibo relacionado con los residuos, como los que hay para la electricidad, el gas, el agua, etc. El nuevo sistema ha introducido un recibo de la tasa de residuos y, además, la aplicación incluye información adicional.

Ahora, los usuarios pueden ver cuánto dinero pagan por el servicio y por qué conceptos. Pueden ver los descuentos que se les aplican, los cuales se basan en sus porcentajes de recogida selectiva. El recibo también muestra posibles mejoras de los descuentos que pueden obtener si mejoran recogida selectiva.

El descuento es de 2 € a la semana, y puede llegar a un máximo de 60 €/año, pero hay que seguir un comportamiento apropiado durante 30 semanas. Así, cada contribuyente, si ha seguido un buen comportamiento durante 30 semanas, paga una factura de 60 €, pero si nunca separa correctamente pagará 120 € anualmente. Por analogía, una persona que separe correctamente 10 semanas recibirá un descuento de 20 € en la factura anual.

La tabla siguiente muestra los comportamientos que se espera que sigan los ciudadanos para conseguir los descuentos semanales.

Tabla 4. COMPORTAMIENTO ESPERADO POR HOGAR, NECESARIO PARA CONSEGUIR EL DESCUENTO SEMANAL EN LA TASA DE RESIDUOS

Fracción del residuo	Normas	Información
Orgánica	Mínimo 1 bolsa por semana	
Envases	Mínimo 1 bolsa por semana	
Vidro	1 bolsa cada 2 o 3 semanas	
Papel y cartón	1 bolsa cada 2 semanas	
Resto	1 bolsa cada 2 semanas	La fracción resto no puede exceder el 50% de la recogida selectiva



RESULTADOS

La prueba comenzó con 200 familias, 189 descargaron la aplicación y 168 la utilizaron. De éstas, unas 143 recibieron algún descuento y 105 familias recibieron el descuento máximo. Hubo un total de 13.710 lecturas durante los cuatro meses que duró la prueba piloto (Tabla 4).

Siguiendo la prueba piloto, pero también con el sistema antiguo, la región ha logrado llegar a un 51% de separación en 2017, uno de los porcentajes más altos de Cataluña y muy por encima de la media española del 30% [4].

Cabe destacar que sólo un 1% de los usuarios de la prueba optaron por el uso de la tecnología NFC. Esto puede ser atribuible al hecho de que las personas sin un móvil que permita utilizar este tipo de tecnología no la podían usar.

Tabla 5. DATOS SOBRE LA PARTICIPACIÓN DE LAS FAMILIAS EN DIFERENTES ASPECTOS DE LA PRUEBA PILOTO

Participación	Número de familias	Aplicación descargada	Lectura en días diferentes	Descuento en la tasa de residuos (>0€)	Máximo descuento (80 €)
Contratos firmados	200 (100%)				
Inicial	189 (94,3%)	x			
Activos	168 (84%)	x	x		
Efectivos	143 (71,3%)	x	x	x	
Eficientes	105 (53%)	x	x		x

[4] Eurostat, Municipal Waste By Waste Operations

La Mancomunidad de Sasieta es una asociación de municipios para gestionar conjuntamente los residuos, ubicada en la región de Goierri, en Gipuzkoa. Da servicio a 23 municipios: Altzaga, Arama, Ataun, Beasain, Ezkio, Gabiria, Gaintza, Idiazabal, Itsaso, Itsasondo, Lazkao, Legazpi, Legorreta, Mutiloa, Olaberria, Ordizia, Ormaiztegi, Segura, Urretxu, Zaldibia, Zegama, Zerain y Zumarraga.

La población total es de 60.984 habitantes.

El sistema previo se basaba en puntos de recogida con cinco contenedores abiertos para recoger las fracciones de residuos orgánicos, envases, vidrio, papel y cartón y resto.

El nuevo sistema implementado consiste en cambiar el contenedor abierto de la fracción resto y mantener la recogida selectiva igual. Los antiguos contenedores abiertos de color verde se cambian por contenedores de color gris con sistema de cierre.

En algunos municipios también cambiaron el antiguo contenedor abierto de color marrón de la fracción orgánica por uno nuevo del mismo color, más grande y con sistema de cierre.

La Mancomunidad de Sasieta también ha colocado un contenedor nuevo para pañales, que se puede abrir todos los días de la semana por parte de aquellas familias que lo necesiten.

El sistema también incorpora un kit para mejorar la separación de la materia orgánica, que incluye un pequeño cubo de color marrón para la cocina, una llave y una bolsa compostable.

La implementación de la prueba piloto comenzó el 30 de octubre de 2015 en dos de los municipios más pequeños de la región: Idiazabal y Oloberria. Subsecuentemente se extendió a otros municipios:

- Legorreta
- Ormaiztegi
- Zumarraga
- Urretxu
- Beasain
- Ordizia
- Legazpi

Actualmente en la región de Gipuzkoa hay más de 3.000 contenedores con sistema de cierre y más de 100.000 hogares con tarjetas RFID.

TECNOLOGÍA

Los contenedores grises se encuentran siempre cerrados y los ciudadanos sólo pueden abrirlos unos días específicos de la semana (por ejemplo, una vez a la semana, ver la tabla 6 para más detalle). Para abrir los contenedores el usuario necesita una tarjeta RFID, la cual se debe pedir al ayuntamiento.

El pago por generación no se ha aplicado en ninguno de los municipios.

Los contenedores son de la empresa Ros-Roca e incorporan tecnología RFID de Dorleta.

Sasieta también ha introducido en algunos municipios un nuevo contenedor para pañales, los usuarios que lo necesitan lo pueden abrir en cualquier momento.

En la siguiente tabla se muestran las especificaciones de los sistemas aplicados en cada municipio:

Tabla 6. EJEMPLOS DE IMPLEMENTACIÓN MUNICIPAL

Municipio	Fecha de implantación	Fracción resto	Fracción orgánica	Contenedor especial para pañales
Idiazabal	30/10/2015	Abierto los miércoles de las 00:00 a las 24:00 con tarjeta RFID	Cerrado Se abre con llave física	Sí
Olaberria	30/10/2015	Abierto los miércoles de las 00:00 a las 24:00 con tarjeta RFID	Cerrado Se abre con llave física	Sí
Legazpi	30/10/2015	Abierto todos los días de las 18:00 a las 24:00 con tarjeta RFID	Cerrado Se abre con llave física	No
Legorreta	27/09/2017	Abierto los lunes de las 00:00 a las 24:00 con tarjeta RFID	Cerrado Se abre con tarjeta RFID	Sí
Ormaiztegi	05/10/2017	Abierto los lunes de las 00:00 a las 24:00 con tarjeta RFID	Cerrado Se abre con llave física	Sí
Zumarraga	06/02/2017	Abierto los lunes y viernes de las 00:00 a las 24:00 con tarjeta RFID	Cerrado Se abre con tarjeta RFID	Sí
Beasain	16/09/2016	Abierto los lunes y viernes de las 00:00 a las 24:00 con tarjeta RFID	Cerrado Se abre con tarjeta RFID	Sí
Urretxu	06/02/2017	Abierto los lunes y viernes de las 00:00 a las 24:00 con tarjeta RFID	Cerrado Se abre con tarjeta RFID	Sí
Ordizia	24/10/2016	Abierto los lunes y viernes de las 00:00 a las 24:00 con tarjeta RFID	Cerrado Se abre con tarjeta RFID	Sí

Tabla 6. Adaptado de fuentes de la Mancomunidad de Sasieta.

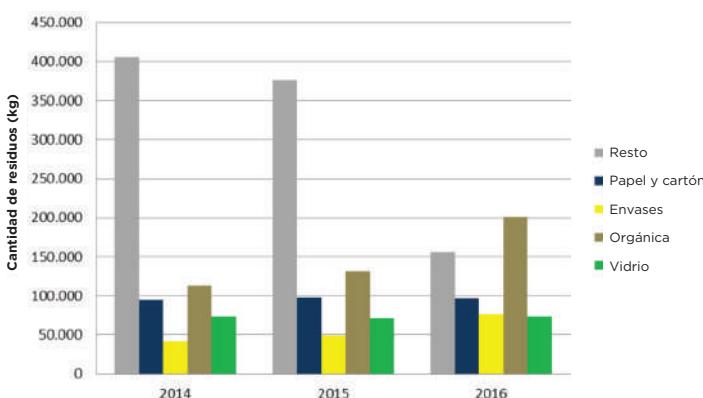
RESULTADOS

El nuevo sistema ha disminuido los costes de recogida, ya que ahora la fracción resto solo se recoge una vez a la semana en comparación a los 4 del sistema anterior. La reducción de la cantidad a tratar de fracción resto también ha comportado una disminución de los costes.

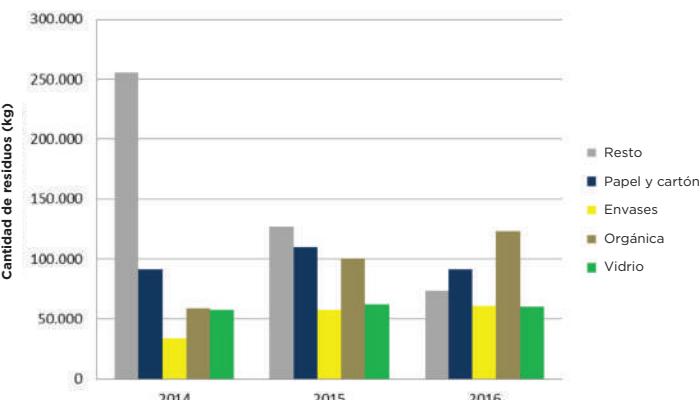
La prueba piloto ha supuesto una disminución de la fracción resto de un 50%, mientras que la fracción orgánica ha aumentado un 50% y los envases un 70%.

En Idiazabal y Olaberria, dos años después de la implementación, la cantidad de recogida selectiva ha aumentado del 45% al 75% y del 49% al 82%, respectivamente (ver los siguientes gráficos).

Idiazabal



Olaberria



En toda la Mancomunidad, gracias a la implementación del nuevo sistema, el porcentaje de recogida selectiva en mayo de 2017 era del 53%, 2,8 puntos más que el 2016.

LA GARROTXA, ESPAÑA

En 2017, durante un período de seis meses, se llevaron a cabo cuatro pruebas piloto de gestión de residuos en diferentes municipios de la Garrotxa (Girona). El objetivo era encontrar el sistema que mejor se adaptara a las necesidades de la zona.

La entidad encargada de llevar a cabo las pruebas era el Consorci de Medi Ambient i Salut Pública de la Garrotxa (SIGMA). Los contenedores y la tecnología los proporcionaban Ros-Roca y Dorlet.

En 2017, de acuerdo con información de la Agència de Residus de Catalunya, La Garrotxa llegó al 45% de separación.

Las pruebas se llevaron a cabo en los siguientes municipios:

- Argelaguer (235 habitantes)
- Sant Joan les Fonts, La Roureda (165 habitantes)
- Santa Pau, Can Blanch (194 habitantes)
- Vall d'en Bas, Les Olletes (74 habitantes)

ARGELAGUER

La prueba en este municipio se centró en la fracción resto y envases. Los contenedores de estas fracciones estaban cerrados, y los residentes sólo podían acceder haciendo uso de una tarjeta RFID personalizada. Cada vecino sólo tenía acceso a un contenedor específico, ubicado cerca de su vivienda.

Un problema técnico fue que, si un usuario se dejaba la tapa abierta, el contenedor no tenía la capacidad de cerrar la tapa y bloquearse de nuevo.

Las bolsas de basura utilizadas por los vecinos también llevaban un código alfanumérico que facilitaba la identificación de los usuarios y las subsiguientes inspecciones. A los ciudadanos se les daban dos bolsas de 30 litros para la fracción resto y tres bolsas de 30 litros para los envases cada semana. Si algún ciudadano necesitaba más bolsas, dado que estas llevaban un código alfanumérico personalizado se requería de algún gestor o administrador de las mismas, lo que introdujo algunas dificultades.

También se detectaron dificultades de adaptación de los usuarios: se detectaron bolsas acumuladas en los alrededores de los contenedores cerrados. Dado que la zona de prueba era pequeña, los ciudadanos podían conducir hasta el pueblo más cercano y depositar allí sus residuos sin necesidad de identificarse.

El uso de bolsas alfanuméricas no se pudo hacer obligatorio en la práctica. La prueba piloto incluía inspecciones, tales como la apertura de bolsas seleccionadas al azar para detectar malos comportamientos por parte de los vecinos. Aun así, los contenedores no rechazaban las bolsas normales, lo que hizo muy difícil la identificación de los usuarios en las inspecciones realizadas.

SANT JOAN LES FONTS, LA ROUREDA

La prueba piloto de esta zona focalizaba los esfuerzos en las fracciones resto y envases. Se distribuyeron bolsas de basura que llevaban un código QR pegado para identificar de qué hogar provenían los residuos. Los contenedores permanecieron como estaban.



El código QR lo utilizaba el municipio para facilitar la inspección de las bolsas con una aplicación específica.

La idea principal detrás de la utilización de códigos QR impresos en las bolsas y mantener los contenedores abiertos era mantener intactos los hábitos de los usuarios y hacer el sistema lo más sencillo posible. Sin embargo, los usuarios que no utilizaban bolsas QR no se podían identificar.

La carga administrativa de gestionar las bolsas con códigos QR personalizados es alta.

SANTA PAU, CAN BLANCH

La prueba en este municipio se centró en las fracciones resto y envases. En este caso, el sistema era diferente que el de Argelaguer, ya que en este caso los contenedores estaban abiertos permanentemente.

Los usuarios arrojaban la bolsa de basura y se registraban en el contenedor con una tarjeta RFID. Utilizando este sistema de identificación se podrían seguir los hábitos de los ciudadanos. Las bolsas de basura llevaban un código identificador para posibles inspecciones.

El fraude era posible porque los contenedores no estaban cerrados y los ciudadanos podían tirar bolsas de basura normales, sin código de identificación y sin emplear la tarjeta RFID. La prueba incluyó inspecciones aleatorias, como abrir bolsas para identificar malos comportamientos.

VALL D'EN BAS, LES OLLETES

El sistema aplicado en Les Olletes es el sistema habitual de recogida puerta a puerta. Consiste en establecer un calendario de recogida, donde cada día se recoge una fracción diferente, incluyendo la orgánica, los envases y la fracción resto.

La recogida puerta a puerta permite un control visual inmediato de los residuos entregados por cada vivienda. El sistema de recogida obligaba a los usuarios a utilizar bolsas alfanuméricas personalizadas para hacer el seguimiento de su comportamiento. También se complementaba con una inspección del sistema durante el proceso de recogida.

Las dificultades en relación a la identificación se vieron acentuadas en bloques de pisos donde la recogida se hacía en contenedores de dos ruedas de uso colectivo, también se detectaron casos de *turismo de residuos*.

Tabla 7. RESUMEN DE LA PRUEBA PILOTO

Ayuntamientos	Fracción monitorizada	Tecnología de los contenedores	Tecnología de las bolsas	Problemas generales
Argelaguer	Envases y resto	Contenedores cerrados con tarjetas RFID personalizadas	Códigos alfanuméricos personalizados impresos en las bolsas de basura. (2 bolsas de 30l para la fracción resto y 3 bolsas de 30l para los envases cada semana)	Bolsas de basura con código QR. Residuos en el suelo e insuficiente grado de adaptación a la tecnología
		Contenedores abiertos	Bolsas de basura con código QR	Pocos usos
La Roureda				
Can Blanch		Contenedores cerrados con tarjetas RFID personalizadas	Códigos alfanuméricos personalizados impresos en las bolsas de basura	Insuficiente adaptación de los usuarios a la tecnología
Les Olletes	Envases, orgánica y resto	Sistema puerta a puerta	Códigos alfanuméricos personalizados impresos en las bolsas de basura	Problemas con la identificación de usuarios en bloques de pisos y turismo de residuos

RESULTADOS

La tabla 8 refleja los niveles iniciales de producción de residuos en cada zona de prueba con respecto a las fracciones resto, envases y orgánica. Las diferencias entre antes y después de la prueba piloto se calculan en la Tabla 9.

La tabla 10 refleja la cantidad de impropios presentes en las pruebas piloto y la tabla 11 contiene los resultados finales de la recogida selectiva por cada fracción.

Tabla 8. PRODUCCIÓN DE RESIDUOS INICIAL(Kg/día)

	Fracción	Argelaguer	La Roureda	Can Blanch	Les Olletes
Producción inicial (kg/día)	Resto	195,58	221,86	297,81	82,46
	Envases	19,02	34,35	32,97	7,50
	Orgánica	48,96	68,04	92,92	5,89
Total		263,56	324,25	423,70	95,85

Tabla 9. VARIACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS (Kg/día)

	Fracción	Argelaguer	La Roureda	Can Blanch	Les Olletes
Producción inicial (kg/día)	Resto	-72,08	-28,73	-72,30	-70,81
	Envases	25,10	2,59	17,40	2,52
	Orgánica	33,80	12,88	59,28	23,45
Total		-13,18	-13,26	4,37	-44,84

Tabla 10. CANTIDAD DE IMPROPIOS EN LAS PRUEBAS PILOTO (%)

	Fracción	Argelaguer	La Roureda	Can Blanch	Les Olletes
Impropios (%)	Envases	14	22	22	13
	Orgánica	9	20	7	2,5

Tabla 11. RESULTADOS FINALES DE RECOGIDA SELECTIVA (%)

	Fracción	Argelaguer	La Roureda	Can Blanch	Les Olletes
Resto	49%	62%	53%	50%	
Envases	18%	12%	12%	13%	
Orgánica	33%	26%	36%	37%	
Envases + orgánica	51%	38%	47%	50%*	

*En Les Olletes se ha hecho una corrección porque se han perdido unos 20kg/día (19,47%) de los residuos debido al turismo de residuos..



La tabla siguiente presenta una evaluación cualitativa de los diferentes sistemas.

Tabla 12. AUTO-EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LOS RESULTADOS

	Les Olletes (Puerta a puerta)	Argelaguer (Contenedores cerrados + tarjeta RFID)	Can Blanch (Contenedores abiertos + tarjeta RFID)	La Roureda (Bolsas QR)
Nivel de selección del residuo	Muy bueno 8	Bueno 7	Aceptable 5	Bajo 4
Coste del servicio	Fuerte incremento de personal + bolsas 4	Contenedores + Tarjetas RFID + Bolsas 6	Tarjetas RFID + Bolsas 8	Bolsas 9
Aplicación del PxG	Factible 7	Factible 7	Bonificaciones 6	Difícil 4
Aceptación de los ciudadanos	Media 6	Buena 7	Muy buena 8	Muy buena 8
Inspección y control	Alto 5	Alto 5	Alto 5	Alto 5
Puntuación TOTAL	7,5	8,0	7,5	7,5

Tabla 7: Adaptado a partir de datos del Consorcio Sigma.

Tabla 8: Adaptado a partir de datos del Consorcio Sigma.

Tabla 9: Adaptado a partir de datos del Consorcio Sigma.

Tabla 10: Datos recopilados del Consorcio Sigma a través de inspecciones.

Tabla 11: Adaptado a partir de datos del Consorcio Sigma.

Tabla 12: Adaptado a partir de datos del Consorcio Sigma.



REFERENCIAS

[1] OECD Data, Municipal Waste Total, Kilogram/Capita 2000 – 2016
<https://data.oecd.org/waste/municipal-waste.htm>

[2] Eurostat, Municipal Waste Statistics
http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics

[3] EU Commission, 2018 Circular Economy Package
http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm

[4] Eurostat, Municipal Waste By Waste Operations
<https://bit.ly/2JnChoS>

[5] Eurostat, Municipal Waste Landfilled, Incinerated, Recycled and Composted in the EU-28
http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Municipal_waste_landfilled,_incinerated,_recycled_and_composted_in_the_EU-28,_1995_to_2016_.png

[6] Puig Ventosa, I., Calaf Forn, M., Mestre Montserrat, M. (2010) Guía para la implementación de sistemas de pago por generación de residuos municipales. Agència de Residus de Catalunya.
http://residus.gencat.cat/web/.content/home/lagencia/publicacions/prevencio/guia_pwg_es.pdf

[7] Wikipedia, Radio-Frequency Identification
https://en.wikipedia.org/wiki/Radio-frequency_identification

[8] Wikipedia, Near Field Communication
https://en.wikipedia.org/wiki/Near-field_communication

[SK1] Seoul Solutions, Minimizing Food Waste: Zero Food Waste Seoul 2018
<https://seoulsolution.kr/en/content/minimizing-food-waste-zero-food-waste-seoul-2018>

[SK2] Seoul Solutions, Municipal Solid Waste Management
<https://seoulsolution.kr/en/content/municipal-solid-waste-management>

[SK3] Seoul Solutions, Volume Based Waste Fee (VBMF) System for Municipal Solid Waste
<https://www.seoulsolution.kr/en/content/6326>

[SW1] Automatic Solid Waste Collection System
http://www.metrotaifun.com/automatic_solid_waste_collection_system/index.php/en/news-media/news/388-marimatics-waste-system-enables-weight-based-invoicing-for-vallastaden

[HA1] Arnhem, Reversed Waste Collection
https://www.arnhem.nl/Inwoners/wonen_en_milieu/afval/omgekeerd_inzamelen/Reversed_Waste_Collection

[HA2] Arnhem, Revered Waste Collection
https://www.arnhem.nl/Inwoners/wonen_en_milieu/afval/reversed_waste_collection

[HA3] Arnhem, Underground Bin Location Choice
https://www.arnhem.nl/Inwoners/wonen_en_milieu/afval/reversed_waste_collection/the_method/ub_location_choice

[HA4] Arnhem, Waste Coaches
https://www.arnhem.nl/Inwoners/wonen_en_milieu/afval/reversed_waste_collection/communication_and_enforcement/waste_coaches

[HL1] Municipality of Leiden, Waste Containers
<https://gemeente.leiden.nl/inwoners-en-ondernehmers/afval/afvalcontainers/>

[HL2] Arvi, What do you pay for your refuse
[Avri.nl - wat betaalt u voor uw afval](http://Avri.nl)

[SG1] Sasieta Mankomunitatea
<http://www.sasieta.eus> (descripción de todos los municipios que han participado de la prueba piloto)
<https://www.eysmunicipales.es/actualidad/nuevo-sistema-de-recogida-de-residuos-en-idioma>
<http://residusrecursos.cat/uploads/activitats/docs/20170427115760.pdf>
<http://www.europapress.es/euskadi/noticia-tasa-reciclaje-gipuzkoa-situa-4887-punto-objetivo-europa-2020-20180323135503.html>
<http://www.diariovasco.com/gipuzkoa/tasa-reciclaje-gipuzkoa-20180323124335-nt.html>
<http://residusrecursos.cat/actuaciones>

GLOSARIO

| IDENTIFICACIÓN DE USUARIO

La identificación de usuario es una entidad lógica utilizada para identificar a un usuario con un sistema de software, web o cualquier tipo de sistema de información. Se utiliza en el marco de cualquier tipo de sistema de información para identificar y distinguir entre usuarios que accedan o que lo utilice.

| GESTIÓN DE RESIDUOS

La gestión de residuos se refiere a la recogida, transporte, tratamiento y disposición de los residuos.

| GENERACIÓN DE RESIDUOS

Peso o volumen de los materiales que entran en el flujo de residuos.

| FRACCIÓN RESTO

La fracción resto se refiere al material que queda después de la separación de los reciclables.

| SEPARACIÓN EN ORÍGEN

La separación en origen consiste en separar diferentes materiales en el punto de generación, así pueden ser recogidos por separado y subsiguientemente reciclados.

| PAGO POR GENERACIÓN

El Pago por Generación (PxG) es un modelo de tarificación basado en el uso. A los usuarios se les cobra una tasa que depende de la cantidad y tipo de residuos que les son recogidos.

| PUERTA A PUERTA

Es un sistema de recogida selectiva que se caracteriza porque el camión se detiene casa por casa a recoger la basura, de acuerdo con un calendario para las diferentes fracciones.

AVISO LEGAL

Aunque los autores han hecho todos los esfuerzos posibles para asegurar que la información proporcionada es correcta, las condiciones del mercado y los precios pueden cambiar, y / o algunos agentes del mercado pueden haber sido involuntariamente omitidos. Los autores declinan toda responsabilidad por cualquier pérdida o daño que pueda causar cualquier error u omisión.

IDENTIFICACIÓN DE LOS USUARIOS EN LA RECOGIDA DE RESIDUOS MUNICIPALES EN CONTEXTOS CON ALTA DENSIDAD DE POBLACIÓN



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH