

---

# UTILIZACIÓN DE SENSORES EN LOS CONTENEDORES DE RECOGIDA DE RESIDUOS. EJEMPLO DE IMPLEMENTACIÓN

## Mejora en la eficiencia de las rutas de recogida de residuos a través de la sensorización en Granada (Andalucía)

### Descripción

---

Granada es un municipio, capital de la provincia homónima, que cuenta con una población de 232.462 habitantes<sup>1</sup>. INAGRA, empresa de capital público-privado (perteneciente en un 85% a Ferrovial Servicios) encargada del servicio de recogida de residuos del municipio, puso en marcha en 2015 un proyecto basado en la instalación de sensores de llenado en contenedores de recogida de vidrio, con el objetivo de incrementar la eficiencia en las rutas de recogida especialmente en aquellas zonas más alejadas de la ciudad, ofreciendo un servicio más sostenible y rentable a la ciudadanía.

Previo al inicio del proyecto y a modo de prueba piloto, se colocó un sensor de llenado en un contenedor alejado del casco urbano, con el objetivo de analizar la operabilidad y funcionamiento del mismo durante un año. Posteriormente, una vez obtenidos los resultados de la prueba piloto, se colocaron sensores en el resto de contenedores para la recogida de vidrio situados en las zonas residenciales alejadas del centro de la ciudad.

En una primera fase, el municipio incorporó sistemas de sensorización a un total de 38 contenedores de vidrio (suponiendo el 5,8% del total de los contenedores para vidrio), conectados a un sistema de almacenamiento de datos. Posteriormente, en 2017 se amplió la instalación de sensores a 420 contenedores de envases ligeros de seis barrios periféricos de la ciudad (Ronda, Zaidín, Genil, Beiro, Chana y Norte).

---

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Estadística, 2019.





Figura 1. Contenedores de vidrio con sensores de llenado en la ciudad de Granada. Fuente: INAGRA, 2015.

En lo que respecta a la instalación y operativa, los sensores se sitúan en la parte superior e interior del contenedor, evitando así impactos con el residuo durante el proceso de llenado y vaciado del contenedor. Estos dispositivos miden objetos desde los 25 a los 300 cm de distancia a través de ultrasonidos, con un error asociado de  $\pm 2$  cm, por lo que se pueden emplear en cualquier tipo de contenedor de superficie. Asimismo, estos sensores realizan dos mediciones diarias del grado de llenado, recogándose la información para los dos turnos de servicio de recogida de envases de vidrio. Cuando dichos sensores indican un nivel de llenado superior al 70%, los contenedores asociados a esos sensores se incorporan en una de las rutas predefinidas de recogida para proceder a su vaciado.

Asimismo, con el objetivo de complementar la información recibida de los sensores, el Ayuntamiento de Granada y Ferrovial Servicios, en colaboración con la empresa tecnológica Cisco, instalaron una red de comunicación propia apoyada en la tecnología LoRa (*Low Rate*). Esta red emplea un protocolo estándar que transmite toda la información procedente de dispositivos mediante antenas estratégicamente distribuidas que cubren el 75% de la ciudad. Estos dispositivos, dotados con baterías con una durabilidad de hasta diez años, se encargan de almacenar datos meteorológicos, de tráfico o de eventos puntuales que impliquen el corte de calles o avenidas. Posteriormente, estos datos se transmiten empleando una frecuencia de radio de largo alcance que no requiere licencia, puesto que opera por debajo de 1 GHz.



---

La información recogida a través del sistema LoRa, conjuntamente con los datos de llenado recogidos a través de los sensores (tal como se ha apuntado previamente), son enviados a una plataforma de almacenamiento de datos, donde, a partir de modelos analíticos y matemáticos, se genera diariamente la ruta óptima para la recogida de residuos de los contenedores seleccionados.



*Figura 2. Imagen del navegador a bordo con el sistema de optimización de rutas. Fuente: eSMARTCITY, 2018.*

Adicionalmente, la ciudad cuenta con un total de 4.059 contenedores con chip que ayudan a la monitorización del servicio, ofreciendo información a tiempo real del momento de recogida, la fecha y la hora de vaciado, el tiempo de operación y el pesaje de cada contenedor.

### Resultados

La exactitud de los datos recogidos diariamente ha permitido optimizar al máximo las rutas de recogida, evitando así desplazamientos innecesarios e incrementando el número de contenedores que se incluyen en cada ruta predefinida que se vaya a realizar en los próximos días en un área cercana, hasta un 15% en algunos casos. En este sentido, la instalación de sensores en los contenedores destinados a la fracción vidrio ha permitido reducir la frecuencia del vaciado de los contenedores situados en áreas periféricas de la ciudad. Concretamente, la variación en la reducción oscila entre un 133% y un 3.817%, vaciándose los contenedores desde una vez cada 14 días o cada 235 días, respectivamente; mientras que inicialmente la frecuencia de recogida era de 1 vez cada 6 días.



---

Por otro lado, la digitalización del servicio de recogida de residuos ha permitido una mejora en la operativa, modelizando las aportaciones de la ciudadanía y optimizando las rutas de recogida, reduciéndose la contaminación acústica y entre un 15% y un 30% la emisión de gases de efecto invernadero. Asimismo, la monitorización constante del servicio ha permitido incrementar la eficiencia del servicio con el ahorro de costes asociado al menor uso de dispositivos.

Por último, en cuanto a los costes asociados a los dispositivos de sensorización, proporcionados por la empresa tecnológica Distromel, tienen un coste aproximado de 200 euros/unidad. En este contexto, la única incidencia que se detectó en la operativa de los mismos fue que, en un primer momento, las mediciones se mostraban distorsionadas debido a las altas temperaturas que se registraron en el lugar. No obstante, el problema se solucionó sin mayores implicaciones.

### Enlaces de interés

---

- Proyecto de Recogida dinámica de residuos urbanos en la ciudad de Granada: <https://www.ferrovialservicios.com/es/proyecto/recogida-dinamica-de-residuos-en-granada/>
- Vídeo del Proyecto de Recogida dinámica de residuos urbanos en la ciudad de Granada: <https://www.youtube.com/watch?v=bhMbC-XEx1k>

### Más información

---

Ayuntamiento de Granada

