

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Contexto . . . . .	1
<b>2. Objetivos de negocio</b>	<b>3</b>
2.1. Aumentar el rendimiento de los empelados . . . . .	3
2.2. Reducir la huella de carbono . . . . .	5
2.3. Aumentar los beneficios manteniendo la calidad . . . . .	6
<b>3. Diseño lógico</b>	<b>8</b>
3.1. Recursos Humanos . . . . .	8
3.2. Recogida de residuos urbanos . . . . .	10
3.3. Descripción de los atributos. . . . .	13
3.3.1. Recursos Humanos . . . . .	13
3.3.2. Recogida de residuos urbanos. . . . .	18
3.4. Descripción de las jerarquías . . . . .	21

# 1. Introducción

El abandono o la gestión inadecuada de los residuos produce impactos negativos tanto en la salud de las personas como en el medio ambiente. Una correcta gestión de los residuos contribuye al ahorro de materias primas, a la conservación de los recursos naturales y al desarrollo sostenible [5]. La planificación eficaz de los residuos es la clave para reducir su generación, mejorar su reutilización y reciclaje, y para mitigar el impacto en el medio ambiente. Las administraciones públicas deben garantizar la prestación de servicios de recogida de residuos mediante una gestión eficaz y eficiente.

La prestación de los servicios de recogida de residuos urbanos se realizan a través de empresas concesionarias, ganadoras de concursos públicos. En caso del Ayuntamiento de Murcia, la gestión de la recogida de residuos de la ciudad se adjudicó a Cespa, filial de servicios urbanos y medioambientales de la empresa Ferrovial [4].

Ferrovial, fundado en el año 1952, es un referente mundial en el sector de las infraestructuras y los servicios. Desarrolla su actividad en diferentes líneas de negocio, entre las cuales destaca Servicios. Consiste en prestación de servicios urbanos y medioambientales y el mantenimiento de infraestructuras e instalaciones [1]. A pesar de que Ferrovial es una empresa multinacional, este trabajo se va a centrar únicamente en su actividad dentro del territorio español, ya que las legislaciones cambian drásticamente de un país a otro, por lo que sería costoso realizar un estudio con enfoque multinacional.

## 1.1. Contexto

Los Residuos Sólidos Urbanos se definen como “residuos generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios, así como todos aquellos que no tengan la calificación de peligrosos y que por su naturaleza o composición puedan asimilarse a los producidos en los anteriores lugares o actividades” [3].

La gestión de los residuos sólidos urbanos contempla el conjunto de procesos que comprenden desde la recogida de los residuos y su traslado a los centros preparados, hasta su tratamiento para aprovechar el residuo o eliminarlo. La gestión de los residuos está regulada por ley y la Lista Europea de Residuos recoge la clasificación de todos los residuos, asignando un código LER a cada uno.

En este estudio nos centraremos únicamente en el proceso de recogida selectiva de los residuos sólidos urbanos. Los vehículos comienzan el viaje saliendo del centro de operaciones, visitan un número de **contenedores** para su recolección, descargan su contenido en la estación de transferencia o de tratamiento y vuelven al centro de operaciones. Los contenedores a recolectar se pueden agrupar en **puntos de conterización**, que son puntos localizados geográficamente que agrupan uno o varios contenedores, del mismo o distinto tipo de residuo. El recorrido o la **ruta** que realiza el vehículo recolector está prefijada y se podría definir como un conjunto ordenado de los puntos de conterización a los que visita. Una misma ruta puede estar definida para varios tipos de residuos, pero cada tipo de residuo se recoge por separado. Cada ruta fue planificada de tal forma que un vehículo determinado puede recolectar todos los contenedores (de un tipo de residuo<sup>1</sup>) sin sobre-

---

<sup>1</sup>Aunque ya existen camiones de doble caja para la recogida separada de dos residuos, no se van a contemplar en este estudio.

pasar su carga o capacidad máxima. Además, cada ruta se realiza en un único turno de trabajo y por un mismo vehículo. En este estudio se define una ruta como el recorrido que realiza el vehículo recolector desde la salida del centro de operaciones hasta el último punto de conterización a recoger.

El problema de la recogida de residuos consiste en planificar la asignación de los recursos disponibles (contenedores, vehículos y conductores) a rutas de recogida en un intervalo de tiempo. Se requiere el uso de algoritmos de búsqueda complejos, que suelen proporcionar soluciones óptimas locales y no globales. Por tanto, una vez implementada una posible solución, ésta tiene un amplio margen de mejora. Esta mejora podría alcanzarse monitorizando y analizando datos generados en el proceso tomando decisiones consecuentes.

Un contrato de prestación de servicio de recogida de residuos tiene una serie de restricciones que se deben cumplir. La calidad del servicio y la satisfacción del cliente dependen del cumplimiento de estas restricciones. por ejemplo, se podrían establecer restricciones de tiempo sobre la hora de recogida de los contenedores. En la recogida selectiva los diferentes residuos no pueden ser transportados en el mismo camión. Por otro lado, distintos residuos requieren una frecuencia de recogida diferente. Por ejemplo, los residuos que no huelen (papel, vidrio, plásticos) tienen frecuencia de recogida menor, siendo el único requisito que no se desborde el contenedor.

## Recursos

El motor de cualquier empresa son sus trabajadores, por lo que su éxito o fracaso depende del esfuerzo de los empleados. El objetivo principal del departamento de Recursos Humanos de Ferrovial Servicios es mejorar su eficiencia y efectividad. Para ello, es necesario realizar una gestión correcta de los recursos humanos, que comprende desde la organización de turnos y horarios hasta la definición de un plan de incentivos laborales.

En cuanto a los recursos materiales, Ferrovial Servicios presume de un amplio número de contenedores homologados, de diferentes tamaños y características, para cada tipo de residuo y una importante flota de camiones para el transporte de cualquier tipo de residuo [1]. Estos recursos tienen distintas características y sería interesante conocer sus ventajas y desventajas a través de los datos reunidos en el proceso de recogida de residuos.

Los recursos tecnológicos permiten recopilar y administrar las bases de datos e información de la empresa con el objetivo de generar conocimiento, que es esencial para dirigir una empresa. En este trabajo se va a proponer una forma de explotar los recursos tecnológicos con el fin de medir el cumplimiento de los objetivos estratégicos de Ferrovial Servicios.

La imagen de la empresa no depende únicamente de la calidad de servicios prestados, sino también de otros factores, entre los cuales se encuentra la sostenibilidad medioambiental. Ferrovial Servicios apuesta por la sostenibilidad, promoviendo la reutilización y el reciclaje en el entorno [2].

## 2. Objetivos de negocio

Mediante los objetivos planteados en este estudio se pretende obtener una mayor productividad de los empleados, una mejora de la imagen medioambiental, así como una reducción de los gastos derivados de la recogida de residuos. A continuación, se explican estos objetivos estratégicos con más detalle.

**Aumentar el rendimiento de los empleados.** Se trata de medir productividad laboral y buscar posibles patrones de comportamiento para aumentar el rendimiento de los empleados mediante incentivos o mejoras en el horario laboral. Se quiere asegurar que el capital humano está bien formado para aumentar su productividad, pero también se requiere tomar decisiones de contratación o despido según los resultados de la evaluación de desempeño.

**Reducir la huella de carbono.** Se quiere disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, concretamente, las emisiones producidas por los vehículos de recogida de residuos. El compromiso con el medio ambiente le dará una imagen más positiva a la empresa y una ventaja en concursos públicos, donde se valora este aspecto. Además, una disminución en la emisión de estos gases supone una reducción en el gasto de la compra de los derechos de emisión de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, este ahorro se verá cancelado por la considerable inversión en recursos que se necesita para alcanzar este objetivo.

**Aumentar los beneficios manteniendo la calidad.** La calidad del servicio se puede medir a través del cumplimiento de los servicios mínimos establecidos en el contrato. Estos servicios mínimos han de satisfacerse por obligación, por lo que la monitorización del proceso es primordial para el control de calidad. Por otro lado, la planificación de la recogida de residuos tiene un amplio margen de mejora, ya que la consideración al mismo tiempo de vehículos, calles, horarios, capacidades, localización de contenedores, etc., da lugar a problemas que requieren el uso de algoritmos de búsqueda complejos, que suelen proporcionar soluciones óptimas locales. Además, la generación de residuos es de carácter dinámico, ya que va evolucionando en función de numerosos factores, tales como el número de habitantes, apertura de nuevos comercios, etc.. Estos cambios suponen una necesidad continua de actualizar el modelo del proceso de negocio. Para detectar estos cambios de comportamiento se proponen indicadores relevantes que se verán más adelante.

### 2.1. Aumentar el rendimiento de los empleados

En el cumplimiento de este objetivo se han planteado las siguientes factores críticos de éxito:

- Satisfacción laboral de los empleados
- Eficiencia de los recursos humanos

Las medidas que podrían proporcionar una visión global de estos factores son las siguientes:

**Tasa de absentismo.** Se define como el porcentaje de las horas no trabajadas (sin contar vacaciones o festivos) respecto a la jornada pactada. Esta medida da una perspectiva sobre la productividad perdida debido a enfermedades u otras causas imprevistas. Los empleados altamente motivados y comprometidos tardan, en general, menos días en recuperarse de una enfermedad [6].

**Tasa de incidencias de absentismo.** Se calcula como el número de incidencias de ausencia dividido por el número de empleados (multiplicado por 100). A diferencia de la métrica anterior, no tiene en cuenta la duración de la ausencia de cada empleado. Altas tasas de incidencias de absentismo son un indicador de una mala gestión por parte de Recursos Humanos.

**Tasa de horas extra.** La tasa de horas extra calcula la relación entre las horas extra de un empleado frente al tiempo de trabajo planificado (en un período de tiempo específico). Los empleados que están dispuestos a hacer un esfuerzo adicional generalmente están más satisfechos con su trabajo. Pero, por otro lado, esta medida es un indicador de la eficiencia de la gestión de RR. HH., ya que tasas altas de horas extra pueden ser un indicativo de falta de personal o de la ineficiencia del proceso de negocio.

**Tasa de días de vacaciones tomadas.** Esta medida ayuda a mostrar la actitud del empleado hacia un equilibrio saludable entre la vida y el trabajo. Por otro lado, es conveniente que las vacaciones se repartan de manera más distribuida posible para evitar carencias de personal. Se determina en función del número de días de vacaciones tomados en comparación con el total acumulado de días de vacaciones, que el empleado tiene por derecho.

La Tabla 1 recoge los indicadores de cada factor crítico y las posibles acciones para llevar a cabo si procede.

Factor crítico de éxito	Indicador	Acción
Satisfacción	Tasa de absentismo supera un 30 %	- Modificar la distribución horaria. - Modificar el tipo de jornada (jornada continua frente a jornada partida). - Introducir incentivos y/o recompensas.
Eficiencia	Tasa de incidencias de absentismo supera un 20 % en un mes	- Introducir recompensas por asistencia continua. - Fomentar vacaciones planificadas para permitir que los empleados se recarguen. - Tomar medidas disciplinarias por absentismo excesivo.
Eficiencia	Tasa de horas extra supera un 40 %	- Mejorar la distribución horaria. - Contratar más empleados. - Optimizar el proceso de recogida de residuos mediante la búsqueda de rutas más eficientes.
Satisfacción y Eficiencia	Tasa de días de vacaciones tomadas está por debajo de un 20 %.	- Fomentar vacaciones planificadas para permitir que los empleados se recarguen.

Tabla 1: Tabla resumen del objetivo *Aumentar el rendimiento de los empleados*

## 2.2. Reducir la huella de carbono

En el cumplimiento de este objetivo se ha planteado el siguiente factor crítico de éxito:

- Reputación e imagen de la empresa en el aspecto de eficiencia medioambiental

Para realizar el cálculo de la huella de carbono debida a los desplazamientos en vehículos es necesario conocer su consumo de combustible. Por un lado, se plantea reducir el consumo de combustible y, por otro, reducir el CO<sub>2</sub> emitido por kilo de residuo recogido. Se obtiene la huella de carbono cuantificada en grm CO<sub>2</sub> multiplicando los litros de combustible consumidos por un factor de emisión<sup>2</sup> que depende del tipo de combustible (diésel, gasolina, etc.).

Se proponen las siguientes métricas para medir el logro del factor crítico de éxito:

**CO<sub>2</sub> emitido por kilo de residuo recogido.** Se calcula como gramos de CO<sub>2</sub> emitidos durante la ruta de recogida de residuo dividido por el total de kilos de residuos recogidos en esa ruta.

**Consumo de combustible por hora.** Esta medida expresada en litros/h se calculará con el objetivo de verificar el cumplimiento de la meta establecida en relación a la reducción del consumo de combustible.

---

<sup>2</sup>Este factor de emisión viene recogido en una fuente bibliográfica externa.

La Tabla 2 recoge los indicadores del factor crítico y las posibles acciones para llevar a cabo.

Factor crítico de éxito	Indicador	Acción
Reputación	CO <sub>2</sub> emitido por kilo de residuos recogido aumenta un 20 %	- Modernizar la flota de vehículos. - Optimizar la ruta de recogida de residuos. - Optimizar la frecuencia de paso de recogida de residuos.
Reputación	Litros de combustible por hora aumenta un 15 %	- Modernizar la flota de vehículos.

Tabla 2: Tabla resumen del objetivo *Reducir la huella de carbono*

## 2.3. Aumentar los beneficios manteniendo la calidad

Este objetivo plantea dos factores críticos de éxito:

- Beneficios generados por el ahorro
- Calidad de servicio

La recogida eficiente de residuos es un aspecto prioritario para aumentar los beneficios, por lo que se plantean las siguientes métricas que ayudan a cuantificar los factores críticos de éxito.

**Porcentaje de llenado.** Se calcula como ratio entre los kilos recogidos en el contenedor y la capacidad máxima del mismo (medida en kg). Existe la posibilidad de que ocurra uno de estos escenarios: que un contenedor se haya desbordado o que apenas contenga residuos. El primer escenario tiene un impacto directo sobre la calidad de servicio, ya que la empresa debe mantener altos estándares de satisfacción del cliente. En el segundo escenario, el servicio de recogida es ineficiente y supone un desaprovechamiento de recursos materiales y humanos. Además, dado un amplio histórico de datos, esta métrica permite detectar los periodos de menor y mayor generación de residuos. Por ejemplo, si la última semana de cada mes el porcentaje de llenado es significativamente más bajo que el resto de semanas<sup>3</sup>, se podría reducir la frecuencia de recogida dicha semana (si el contrato lo permite).

**Coste por kilo de residuo recogido.** El coste de recogida de residuos se calcula de manera simplificada en función del precio de combustible y su consumo, así como del coste del turno realizado. Por tanto, para una ruta establecida, el coste por kilo de residuo recogido viene dado por el ratio entre el coste de realizar dicha ruta y el total de kilos de residuos recogidos. Un elevado coste/kg podría estar relacionado con un modelo ineficiente o un cambio en la generación de residuos en un área específica.

<sup>3</sup>Para este estudio la frecuencia de recogida debe ser igual o superior a una vez por semana.

**Kilos generados por persona.** Cada punto de conterización cubre las necesidades de un área determinado. Dado el catastro de ese área, se puede estimar el número de personas que lo habitan y, por tanto, los kilos de residuo generados por persona. Esta métrica permite detectar cambios en la tipología de un área (residencial, comercial, empresarial, turística, etc.). Dicha tipología se podría obtener a través del catastro, pero éste se actualiza anualmente, por lo que un cambio posterior a esta actualización podría inducir pérdidas para la empresa.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que durante ciertos periodos (Navidad, Semana Santa, etc.) la generación de residuos aumenta drásticamente. Estas variaciones son puntuales y deben tener una planificación particularizada de recogida.

La Tabla 3 recoge los indicadores de los factores críticos y las posibles acciones para llevar a cabo.

<b>Factor crítico de éxito</b>	<b>Indicador</b>	<b>Acción</b>
Calidad	Porcentaje de llenado por encima del 80 %	- Aumentar la frecuencia de recogida. - Aumentar la capacidad máxima de la zona afectada. - Renegociar el contrato actual para subir la tarifa.
Beneficio	Porcentaje de llenado por debajo del 40 %	- Disminuir la frecuencia de recogida. - Quitar un contenedor si hay más de uno. - Cambiar el tipo del contenedor por uno de menor capacidad.
Beneficio	Aumenta el coste por kilo de residuo recogido en un 20 %	- Optimizar las rutas de recogida de residuos. - Modernizar la flota de vehículos.
Beneficio	Aumentan los kilos generados por persona en un 35 %	- Renegociar la tarifa del contrato actual ofreciendo el aumento de frecuencia de paso o de capacidad de los contenedores. - Realizar campañas de educación medioambiental para promover reducción, reuso y reciclado.

Tabla 3: Tabla resumen del objetivo *Aumentar beneficios sin sacrificar la calidad*



### 3. Diseño lógico

En vista de los objetivos definidos, quedan identificados dos procesos de negocio, Gestión de Recursos Humanos y Recogida de Residuos.

Debido a la gran cantidad de indicadores descritos, solo se va a tratar un subconjunto de éstos, de tal forma que permitan realizar dos cubos para el diseño lógico, que se denominarán TURNOS y CONTENEDOR. Para el primer proceso se quieren analizar las KPIs *tasa de absentismo* y *tasa de incidencias de absentismo*, mientras que para el segundo proceso se tendrán en cuenta las KPIs *CO<sub>2</sub> emitido por kilo de residuo recogido*, *consumo de combustible por hora*, *porcentaje de llenado*, *coste por kilo de residuo recogido* y *kilos generados por persona*.

#### 3.1. Recursos Humanos

Con el objetivo de facilitar que los Recursos Humanos tomen decisiones relacionadas con la asistencia laboral de los trabajadores se van a tener en cuenta las KPIs *tasa de absentismo* y *tasa de incidencias de absentismo*.

Para afrontar este problema se define un cubo cuya tabla de hechos no tiene medidas asociadas (*factless fact table*) y que refleja los eventos de asistencia y absentismo laboral. La **granularidad** de la tabla viene dada por: *Una fila por la transacción de cada empleado*. En este contexto el nivel de detalle de una transacción es un único turno de trabajo.

La tabla de hechos contiene las claves ajenas de las siguientes dimensiones:

**Dimensión Transacción** Esta dimensión recoge la información referente al tipo de transacción que se produce: asistencia o ausencia en el turno, cambio de turno, etc.. Para modelar el tipo de asistencia, se ha definido un código que recoge las características de asistencia, ausencia y cambios de turno. Por ejemplo, se podría definir este código de bloques:

Código	Tipo	Razón	Justificado
01 00 0	Asistencia	No especificado	No especificado
02 01 1	Ausencia	Razón médica	Justificado
02 02 2	Ausencia	Sin excusa	No justificado
03 00 0	Cambio de turno	No especificado	No especificado

**Dimensión Tiempo** Esta dimensión recoge toda la información referente a la fecha de transacción: el día de la semana, mes, cuatrimestre, si es festivo, etc.. Gracias a esta dimensión se podrían detectar patrones de comportamiento de los empleados referentes a los días de absentismo, que podrían servir de ayuda a la hora de decidir cómo asignar los turnos a los empleados.

Los festivos locales varían de una localidad a otra por lo que existe una dependencia entre la dimensión Tiempo y cada localidad. Dado que el número de localidades es elevado, es desaconsejable añadir un atributo a esta dimensión por cada localidad. Se decide, por tanto, relacionarlas por medio de un esquema de copo de nieve: se crea la dimensión Localidad y se añade una clave ajena de ésta a la dimensión Tiempo.

**Dimensión Localidad** Sirve para especificar los festivos locales para cada localidad y fecha en la dimensión Tiempo.

**Dimensión Empleado** Para poder tomar medidas efectivas y personalizadas es necesario conocer a qué empleado hace referencia cada transacción. Por ejemplo, se podrá saber quiénes son los empleados que más se ausentan de su puesto de trabajo. Esta dimensión es lentamente cambiante, pero todos los cambios que se realicen en el expediente del empleado sobrecribirán el valor original del atributo correspondiente. Los cambios en los atributos volátiles, que tengan relevancia para el negocio, se recogen en la dimensión Demográfica.

Por otro lado, se incluye la clave ajena (de la dimensión Empleado) del gerente a cargo en la tabla de hechos. En caso de tener un grupo de trabajadores con elevada tasa de absentismo, sería imprescindible identificar a los gerentes a cargo.

**Dimensión Demográfica** Los atributos tales como la edad, nivel de estudios, estado civil, etc. pueden cambiar a lo largo del tiempo y estas variaciones podrían ser determinantes en el análisis de los indicadores. Por tanto, se ha decidido reunir los atributos más volátiles que caracterizan a un empleado en una mini-dimensión. Esta mini-dimensión tendrá una fila por cada posible combinación de estos atributos. Los atributos dados por variables continuas se discretizan en rangos o niveles para evitar un crecimiento desmesurado de esta dimensión.

**Dimensión Contrato Laboral** Esta dimensión introduce las condiciones del contrato laboral del empleado que en sí es una mini-dimensión, ya que contiene atributos que varían en el tiempo: fecha de contratación/expiración, antigüedad laboral, salario, etc.. La información proporcionada por estos atributos es relevante para este proceso de negocio, ya que podría ser determinante en el análisis de los indicadores. Los atributos dados por variables continuas se discretizan en rangos o niveles para evitar un crecimiento desmesurado de esta dimensión.

**Dimensión Sede de la Empresa** El problema de absentismo podría darse como consecuencia de una pésima gestión en una sede en concreto y sería importante identificarla correctamente para tomar medidas apropiadas.

**Dimensión Turno** Esta dimensión ayudará a detectar patrones de comportamiento, que podrían ayudar a asignar los turnos. Por otro lado, si se diera el caso de un turno con una tasa de absentismo alta se podrían tomar acciones para incentivar al personal a realizar dicho turno.

La Figura 1 recoge el esquema en Copo de Nieve (*snowflake*) que refleja la estructura de la tabla de hechos y las dimensiones antes descritas.

Los rangos y valores de cada uno de los atributos de las tablas se verán en la Sección 3.3.

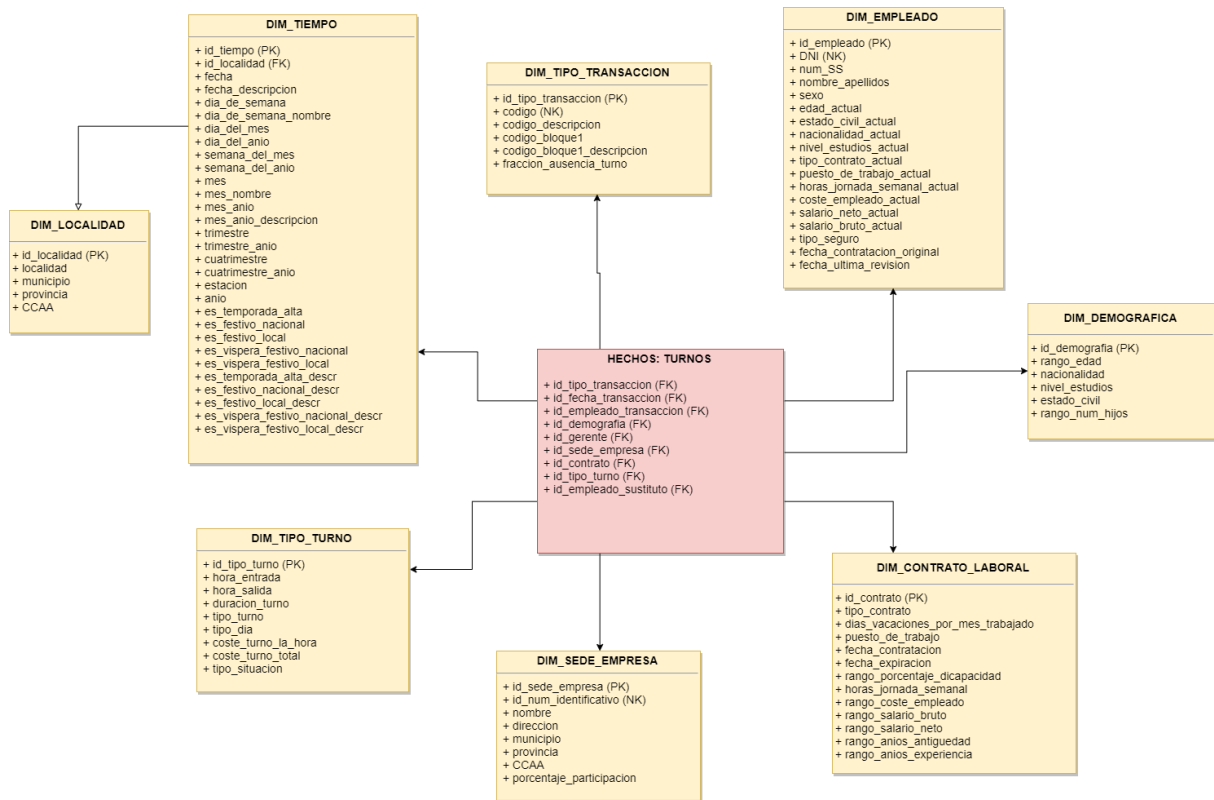


Figura 1: Diagrama para el proceso de Gestión de Recursos Humanos.

### 3.2. Recogida de residuos urbanos

Se quieren analizar las KPIs dadas por las métricas *CO<sub>2</sub> emitido por kilo de residuo recogido*, *consumo de combustible por hora*, *porcentaje de llenado*, *coste por kilo de residuo recogido* y *kilos generados por persona*. Por supuesto, dichas medidas se deberían poder calcular a nivel de contenedor para identificar aquellos con peores indicadores. También, se quiere poder identificar cada una de las rutas de recogida para poder analizar su eficiencia y optimizar su frecuencia de paso. Además, se puede dar el caso de que un tramo de la ruta<sup>4</sup> tenga complicaciones en una hora particular del día, retrasando su llegada, por lo que será necesario detectar ese tramo para solucionar el problema. Se plantea una tabla de hechos *snapshot* acumulativa que recoge la información de la cantidad de residuos recogidos, kilómetros recorridos, etc. durante el recorrido de una ruta concreta en un instante de tiempo. Estos hechos son semiaditivos, ya que solo tiene sentido sumarlos para distintas rutas.

Los requisitos nos indican que el máximo nivel de detalle que se necesita será la hora, el minuto y el segundo en que se realizó el pesaje de cada uno de los contenedores. Por tanto, la Dimensión Tiempo deberá tener información detallada hasta el nivel de segundos. Como además se quieren guardar los atributos relativos a los festivos locales, la tabla de dimensión Tiempo se vería incrementada enormemente por cada variación a nivel de segundo. Es por ello que se decide separar la fecha y hora en dos dimensiones.

<sup>4</sup>Recorrido entre un punto de conterización y el inmediatamente siguiente.

La **granularidad** de la tabla será el pesaje (o la recogida) de un contenedor por tipo de residuo y por ruta realizada (en un periodo determinado: *Una fila por cada contenedor recogido en un instante de tiempo*).

**Dimensión Fecha** Esta dimensión tiene la estructura en Copo de Nieve y los mismos atributos que la dimensión Tiempo vista en la sección anterior.

**Dimensión Localidad** Tiene la misma definición que la dimensión Localidad de la sección anterior.

**Dimensión Hora** Esta dimensión es necesaria para calcular los indicadores según la hora del día. También, para detectar horas problemáticas dentro del proceso.

**Dimensión Contenedor** Esta dimensión sirve para identificar cada uno de los contenedores existentes, de forma que se podrá conocer las características de cada modelo y se podrá filtrar en función de éstas. Además, contiene el atributo de la antigüedad del contenedor, útil por ejemplo, para resolver la *query* de cuántos contenedores hay con antigüedad superior a 5 años. A pesar de la naturaleza cambiante del atributo antigüedad, se decide sobreescribir el valor del mismo cada vez que haya cambios.

**Dimensión Punto de Conterización** Se podría necesitar identificar el punto de conterización de un conjunto de contenedores, para extraer o filtrar los datos para su análisis temporal.

**Dimensión Ruta** Cada ruta de recogida de residuos tiene sus propias características y es importante poder agrupar los puntos de conterización en función de la ruta de recogida que pasa por ellos.

**Dimensión Residuo** Esta dimensión caracteriza el tipo de residuos que se está recogiendo. Cada residuo tiene su propio código LER compuesto por bloques, y se utiliza para extraer y filtrar datos relativos a cada tipo de residuo.

**Dimensión Vehículo** El saber para qué vehículos se obtiene los mejores indicadores de rendimiento ayuda a tomar decisiones a la hora de modernizar la flota.

**Dimensión Empleado** Para poder tomar medidas más efectivas y personalizadas es necesario conocer qué empleado está realizando la ruta en un instante determinado. Se define al igual que en la sección anterior.

**Dimensión Contrato de Prestación de Servicios** Esta dimensión define las restricciones, limitaciones y obligaciones de la empresa contratada.

La Figura 2 recoge el esquema en Copo de Nieve (*snowflake*) que refleja la estructura de la tabla de hechos y las dimensiones antes descritas.

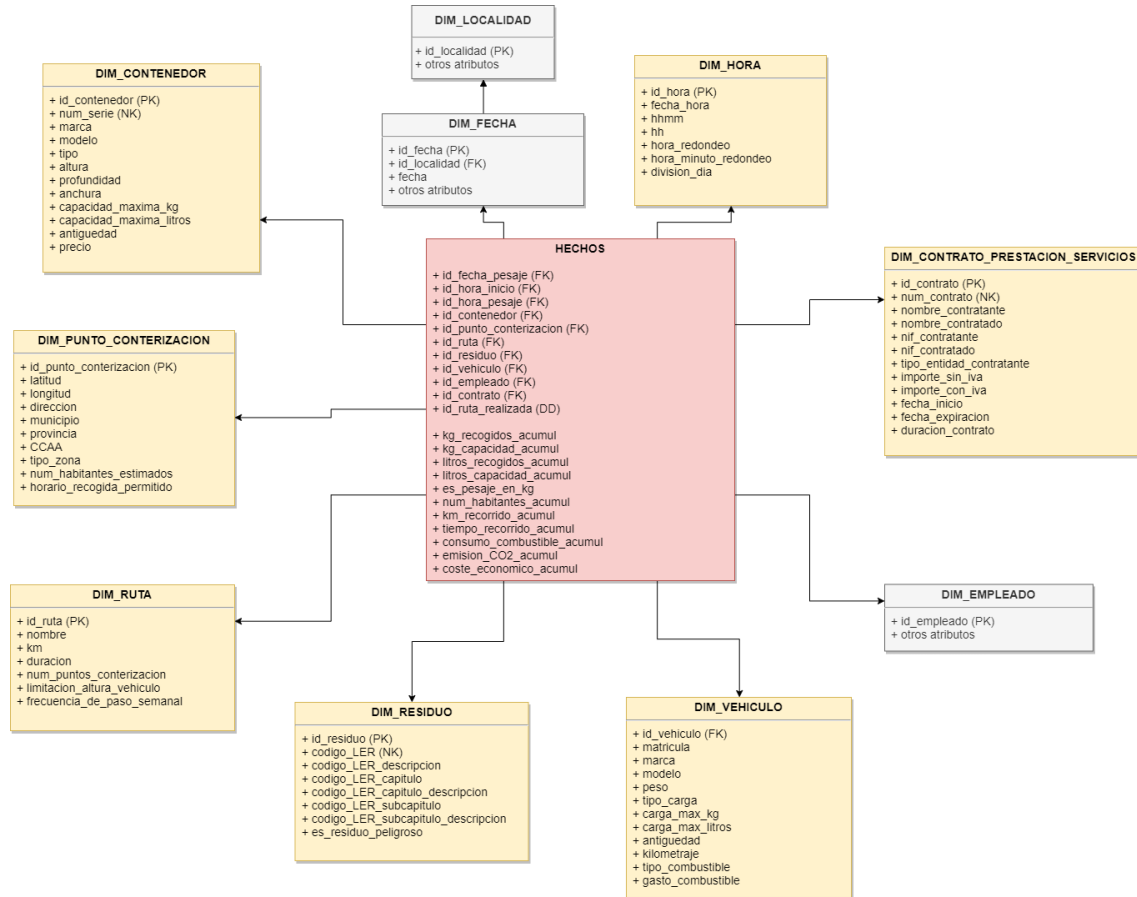


Figura 2: Diagrama para el proceso de Recogida de residuos urbanos.

Las dimensiones Fecha, Localidad y Empleado (en color gris) tienen la misma estructura que las dimensiones Tiempo y Empleado en el diagrama de la sección anterior.

### 3.3. Descripción de los atributos.

#### 3.3.1. Recursos Humanos

TABLA DE HECHOS: TURNOS	
<b>id_tipo_transaccion</b> int	Clave ajena del tipo de transacción que se está guardando.
<b>id_fecha_transaccion</b> int	Clave ajena del instante temporal correspondiente a la transacción. Si la transacción empieza y termina en fechas distintas esta clave hace referencia a la fecha en la que empieza.
<b>id_empleado_transaccion</b> int	Clave ajena del empleado que es el causante de dicha transacción.
<b>id_demografia</b> int	Clave ajena que hace referencia a las características demográficas del empleado.
<b>id_gerente</b> int	Clave ajena de la tabla DIM_EMPLEADO que hace referencia a la persona responsable del empleado id_empleado_transacción.
<b>id_sede_empresa</b> int	Clave ajena de la sede o filial de la empresa principal para la que se realiza este estudio.
<b>id_contrato</b> int	Clave ajena que especifica el tipo de contrato laboral que tiene el empleado con la empresa.
<b>id_turno</b> int	Clave ajena que hace referencia al tipo de turno.
<b>id_empleado_sustituto</b> int	Clave ajena que hace referencia al empleado que realiza la sustitución en caso de que el empleado asignado id_empleado_transaccion se ausente. Si la transacción no requiere la especificación de un empleado de sustitución, entonces id_empleado_sustituto hace referencia a un empleado “Nadie” que se crea previamente con atributos por defecto.

DIM.TIEMPO	
<b>id_tiempo</b> int	Clave primaria.
<b>id_localidad</b> int	Clave ajena de la dimensión LOCALIDAD. Es necesaria para introducir los indicadores relativos a los días festivos locales.
<b>fecha</b> date	Fecha que hace referencia al día en el que ocurre la transacción <sup>5</sup> .
<b>fecha_descripcion</b> string	Fecha en formato texto.
<b>día_de_semana</b> int	Número correspondiente al día de la semana: 1, ..., 7, donde 1 corresponde a lunes, 2 a martes, etc.
<b>día_de_semana_nombre</b> string	Día de la semana: "lunes", "martes", etc..
<b>semana_del_mes</b> int	Número ordinal de la semana del mes.
<b>semana_del_año</b> int	Número ordinal de la semana en el año.
<b>mes</b> int	Número ordinal del mes, donde 1 corresponde a enero, 2 a febrero, etc..
<b>mes_nombre</b> string	El nombre del mes: "enero", "febrero", etc..
<b>mes_año</b> string	Texto que recoge el mes seguido del año, por ejemplo, "01/2020".
<b>mes_año_descripcion</b> string	Texto que recoge el nombre del mes seguido del año, por ejemplo, "enero de 2020".
<b>trimestre</b> string	El trimestre del año: "T1", ..., "T4".
<b>trimestre_año</b> string	El trimestre y el año, por ejemplo, "T1-2020".
<b>cuatrimestre</b> string	El cuatrimestre del año: "Q1", ..., "Q3".
<b>cuatrimestre_año</b> string	El cuatrimestre y el año, por ejemplo, "Q1-2020".
<b>estacion</b> string	Estacion del año: "invierno", "primavera", "verano", "otoño".
<b>año</b> int	Año.
<b>es_temporada_alta</b> boolean	Indicador de si la fecha dada está dentro del periodo de temporada alta: 0 - no , 1 - sí.
<b>es_festivo_nacional</b> boolean	Indicador de si la fecha dada es un festivo nacional: 0 - no , 1 - sí.
<b>es_festivo_local</b> boolean	Indicador de si la fecha dada es un festivo local para la localidad dada por la clave ajena id_localidad: 0 - no , 1 - sí.
<b>es_vispera_festivo_nacional</b> boolean	Indicador de si la fecha dada es víspera de festivo nacional: 0 - no , 1 - sí.
<b>es_vispera_festivo_local</b> boolean	Indicador de si la fecha dada es víspera de festivo local para la localidad id_localidad: 0 - no , 1 - sí.
<b>es_temporada_alta_descr</b> string	Indicador de si la fecha dada está dentro del periodo de temporada alta para mostrar por pantalla: "temporada-alta", "temporada-baja".
<b>es_festivo_nacional_descr</b> string	Indicador de si la fecha dada es un festivo nacional para mostrar por pantalla: "festivo-nacional", "no-festivo-nacional".
<b>es_festivo_local</b> string	Indicador de si la fecha dada es un festivo local para la localidad dada por la clave ajena id_localidad: "festivo-local", "no-festivo-local".
<b>es_vispera_festivo_nacional_descr</b> string	Indicador de si la fecha dada es víspera de festivo nacional: "vispera-festivo-nacional", "no-vispera-festivo-nacional".
<b>es_vispera_festivo_local_descr</b> string	Indicador de si la fecha dada es víspera de festivo local para la localidad id_localidad: "vispera-festivo-local", "no-vispera-festivo-local".

DIM_LOCALIDAD	
<b>id_localidad</b> int	Clave primaria.
<b>localidad</b> string	Nombre de la localidad. Si no existe se pone por defecto el nombre de la unidad territorial más próxima en significado.
<b>municipio</b> string	Nombre del municipio. Si no existe se pone por defecto el nombre de la unidad territorial más próxima en significado.
<b>provincia</b> string	Nombre de la provincia. Si no existe se pone por defecto el nombre de la unidad territorial más próxima en significado.
<b>CCAA</b> string	Nombre de la comunidad autónoma. Si no existe se pone por defecto el nombre de la unidad territorial más próxima en significado.

DIM_EMPLEADO	
<b>id_empleado</b> int	Clave primaria
<b>num_identidad</b> string	Clave natural que viene dada por el código de identificación recogido en el DNI/NIE o pasaporte.
<b>num_SS</b> string	Número de Seguridad Social del empleado.
<b>nombre_apellidos</b> string	Nombre y apellido(s) del empleado.
<b>sexo</b> string	El sexo del empleado: “masculino.” “femenino”.
<b>edad_actual</b> int	La edad del empleado.
<b>estado_civil_actual</b> string	Estado civil: “casado”, “divorciado”, “soltero”, etc.
<b>nacionalidad_actual</b> string	La nacionalidad del empleado.
<b>nivel_estudios_actual</b> string	Nivel de estudios finalizados: “ESO”, “Bachillerato”, “Grado Medio”, “Grado Superior”, etc.
<b>tipo_contrato_actual</b> string	Texto que indica el tipo de contrato: “indefinido”, “temporal”, “prácticas”, etc.
<b>puesto_de_trabajo_actual</b> string	Texto que describe el puesto de trabajo: “conductor”, “limpiador”, etc.
<b>horas_jornada_semanal_actual</b> int	Horas pactadas en el contrato que el empleado ha de trabajar a la semana.
<b>coste_empleado_actual</b> float	El coste del empleado para la empresa, incluyendo los abonos a la Seguridad Social a cargo de ésta. (Medido en euros)
<b>salario_bruto_actual</b> float	El dinero total mensual que se paga al trabajador, antes de aplicar las retenciones y cotizaciones. (En euros)
<b>salario_neto_actual</b> float	Cantidad económica mensual que recibe el empleado tras aplicar todas las retenciones fiscales al salario bruto. (En euros)
<b>tipo_seguro</b> string	El tipo del seguro laboral que tiene el empleado contratado.
<b>fecha_contratacion_original</b> date	La fecha en la que entró en vigencia el primer contrato laboral del empleado en la empresa.
<b>fecha_ultima_revision</b> date	La fecha del último cambio en el contrato.



DIM.DEMOGRAFICA	
<b>id_demografia</b> int	Clave primaria.
<b>rango_edad</b> string	Rango de valores predefinido especificado como texto: “<18”, “18-24”, “25-34”, “35-44”, “45-55”, “>55”
<b>nacionalidad</b> string	Nacionalidad del empleado.
<b>nivel_estudios</b> string	Nivel de estudios finalizados: “ESO”, “Bachillerato”, “Grado Medio”, “Grado Superior”, etc.
<b>estado_civil</b> string	Estado civil: “casado”, “divorciado”, “soltero”, etc.
<b>rango_num_hijos</b> string	Texto que especifica el rango del número de los hijos a cargo de un empleado: “0”, “1-2”, “>2”.

DIM.CONTRATO LABORAL	
<b>id_contrato_laboral</b> int	Clave primaria.
<b>tipo_contrato</b> string	Texto que indica el tipo de contrato: “indefinido”, “temporal”, “practicas”, etc.
<b>dias_vacaciones_por_mes_trabajado</b> int	Número de días que le corresponden al empleado por mes trabajado.
<b>puesto_de_trabajo</b> string	Texto que indica qué puesto de trabajo ocupa el empleado.
<b>fecha_contratacion</b> date	Fecha en la que se ha hecho vigente este contrato.
<b>fecha_expiracion</b> date	Fecha en la que se expira el contrato. Cuando se trata del contrato indefinido se toma por defecto la fecha 9999-12-31.
<b>rango_porcentaje_discapacidad</b> string	Rango predefinido para el porcentaje de discapacidad de un empleado: “no-procede”, “0%”, “1%-24%”, “>24%”.
<b>horas_jornada_semanal</b> int	Horas semanales que un empleado ha de trabajar según el contrato. Dado que es un trabajo de turnos rotativos, no es posible indicar las horas diarias de trabajo.
<b>rango_coste_empleado</b> string	Rangos predefinidos.
<b>rango_salario_bruto</b> string	Rangos predefinidos.
<b>rango_salario_netto</b> string	Rangos predefinidos.
<b>rango_anios_antiguedad</b> string	Rangos predefinidos de los años que un empleado trabaja en esta empresa.
<b>rango_anios_experiencia</b> string	Rangos predefinidos de los años de experiencia que tiene un empleado en el sector al que se dedica.

DIM.TIPO_TURNO	
<b>id_turno</b> int	Clave primaria.
<b>hora_entrada</b> float	La hora en la que comienza el turno, por ejemplo, 20.5 representa las 20:30.
<b>hora_salida</b> float	La hora en la que termina el turno.
<b>duracion_turno</b> float	Total horas que ha de durar el turno.
<b>tipo_turno</b> string	Texto que indica si es un turno diurno o nocturno.
<b>dia_habil</b> string	Indicador de si es un turno realizado en el día hábil: “habil.” “no-habil”. Si el turno comienza y termina en días distintos (como los turnos nocturnos) y al menos uno de los días es no hábil, entonces se establece el valor del atributo como “no-habil”.
<b>coste_turno_la_hora</b> float	Coste bruto en euros de la hora trabajada en este turno.
<b>coste_turno_total</b> float	Coste bruto en euros de trabajar en este turno.
<b>tipo_situacion</b> string	Texto que indica si este tipo de turno corresponde a alguna situación extraordinaria: “normal”, “prealerta”, “alerta”, “emergencia”.

DIM.SEDE_EMPRESA	
<b>id_sede_empresa</b> int	Clave primaria.
<b>NIF</b> string	Es el Número de Identificación Fiscal, una clave natural que permite identificar a una empresa.
<b>nombre</b> string	Nombre de la empresa.
<b>localidad</b> string	Nombre de la localidad. Si no existe se pone por defecto el nombre de la unidad territorial más próxima en significado.
<b>municipio</b> string	Nombre del municipio. Si no existe se pone por defecto el nombre de la unidad territorial más próxima en significado.
<b>provincia</b> string	Nombre de la provincia. Si no existe se pone por defecto el nombre de la unidad territorial más próxima en significado.
<b>CCAA</b> string	Nombre de la comunidad autónoma. Si no existe se pone por defecto el nombre de la unidad territorial más próxima en significado.
<b>porcentaje_participacion</b> float	Es un valor que hace referencia al porcentaje que tiene la empresa de este estudio en id_sede_empresa (en el caso de que ésta sea su filial). Si es ella misma entonces el porcentaje se pone igual a 100.

### 3.3.2. Recogida de residuos urbanos.

TABLA DE HECHOS: CONTENEDOR	
<b>id_fecha_pesaje</b> int	Clave ajena de la fecha en la que se realizó el pesaje del contenedor.
<b>id_hora_inicio</b> int	Clave ajena del instante de tiempo (fecha-hora) en la que se inició la ruta, esto es, la hora a la que el vehículo abandonó el centro de operaciones.
<b>id_hora_pesaje</b> int	Clave ajena del instante de tiempo (fecha-hora) en la que se realizó el pesaje.
<b>id_contenedor</b> int	Clave ajena del contenedor que se pesó.
<b>id_punto_conterizacion</b> int	Clave ajena del punto de conterización en el que se encuentra dicho contenedor.
<b>id_ruta</b> int	Clave ajena de la ruta de recogida de residuos que pasa por el punto de conterización.
<b>id_vehiculo</b> int	Clave ajena del camión de recogida de residuos.
<b>id_empleado</b> int	Clave ajena del trabajador que realizó el pesaje del contenedor.
<b>id_contrato</b> int	Clave ajena del contrato de servicios de recogida que especifica los requisitos de recogida.
<b>id_ruta_realizada</b> int	Clave ajena de la dimensión degenerada que identifica una ruta realizada en un turno.
<b>kg_recogidos_acumul</b> float	Los kilos de residuo recogidos desde el primer contenedor recolectado hasta el contenedor pesado en el instante dado por <b>id_hora_pesaje</b> inclusive. Si el residuo se mide en litros, este valor es 0.
<b>kg_capacidad_acumul</b> float	La suma de las capacidades máximas en kg de todos los contenedores recogidos hasta el instante de tiempo <b>id_hora_pesaje</b> inclusive. Si el residuo se mide en litros, este valor es 0.
<b>litros_recogidos_acumul</b> float	Los litros de residuo recogidos desde el primer contenedor recolectado hasta el contenedor pesado en el instante dado por <b>id_hora_pesaje</b> inclusive. Si el residuo se mide en kg, este valor es 0.
<b>litros_capacidad_acumul</b> float	La suma de las capacidades máximas en litros de todos los contenedores recogidos hasta el instante de tiempo <b>id_hora_pesaje</b> inclusive. Si el residuo se mide en kg, este valor es 0.
<b>es_pesaje_en_kg</b> boolean	Indicador de si la cantidad de residuo recogido se mide en kilos o en litros: 0 - litros, 1 - kilos.
<b>num_habitantes_acumulado</b> int	El número estimado de habitantes que depositan los residuos en los contenedores recogidos (hasta el instante actual).
<b>km_recorrido_acumul</b> float	Kilómetros recorridos por el vehículo desde el centro de operaciones (inicio de la ruta) hasta el contenedor actual.
<b>tiempo_recorrido_acumul</b> float	La diferencia (en tiempo decimal) entre los instantes <b>id_hora_pesaje</b> e <b>id_hora_inicio</b> .
<b>consumo_combustible_acumul</b> float	Litros de combustible consumidos desde el inicio de la ruta hasta el instante actual.
<b>emision_CO2_acumul</b> int	Los gramos de CO <sub>2</sub> emitidos desde el inicio de la ruta hasta el instante actual.
<b>coste_economico_acumulado</b> float	Coste de la ruta estimado en función de consumo combustible, el precio del combustible y el coste de turno.

DIM_HORA	
<b>id_hora</b> int	Clave primaria.
<b>fecha_hora</b> datetime	La fecha y hora hasta el detalle de segundo.
<b>hhmm</b> string	La hora y el minuto en formato hh:mm
<b>hh</b> int	La hora.
<b>hh_redondeo</b> int	La hora redondeada a la hora más cercana.
<b>hh_mm_redondeo</b> string	La hora redondeada al minuto más próximo.
<b>division_dia</b> string	Texto que indica el momento del día: “mañana”, “mediodía”, “tarde”, etc.

DIM_PUNTO_CONTERIZACION	
<b>id_puntoconterizacion</b> int	Clave primaria.
<b>longitud</b> float	Coordenadas de GPS de longitud.
<b>latitud</b> float	Coordenadas de GPS de latitud.
<b>direccion</b> string	Dirección del punto de conterización.
<b>municipio</b> string	Municipio
<b>provincia</b> string	Provincia
<b>CCAA</b> string	Comunidad Autónoma
<b>tipo_zona</b> string	Clasificación de la zona en “residencial”, “comercial”, etc.
<b>num_habitantes_estimados</b> string	El número estimado de habitantes que depositan sus residuos en este punto de conterización.
<b>horario_recogida_permitido</b> string	El periodo de tiempo en el que se permite el paso del vehículo recolector.

DIM_RUTA	
<b>id_ruta</b> int	Clave primaria.
<b>nombre</b> string	Nombre asignado a la ruta.
<b>km</b> float	Distancia en kilómetros entre el centro de operaciones y el último punto de conterización, pasando por todos los puntos intermedios de la ruta.
<b>duracion</b> float	El tiempo estimado necesario para completar la ruta.
<b>cantidad_puntos_conterizacion</b> int	La cantidad de puntos de conterización por los que pasa la ruta.
<b>limitacion_altura_vehiculo</b> float	En el caso de haber algún tramo de la ruta con limitación de altura para los vehículos, se especifica en metros. En caso contrario, se guarda por defecto 9999.
<b>frecuencia_de_paso_semanal</b> int	Número de veces a la semana que se realiza esta ruta.

DIM_VEHICULO	
<b>id_vehiculo</b> int	Clave primaria.
<b>matricula</b> string	Matrícula del vehículo.
<b>marca</b> string	El nombre del modelo.
<b>modelo</b> string	El nombre del modelo.
<b>peso</b> int	El peso del vehículo en kilogramos.
<b>tipo_carga</b> string	Tipo de carga: “lateral”, “trasera”, “superior”, “híbrido”.
<b>carga_max_kg</b> int	Carga máxima del vehículo en kilos.
<b>carga_max_litros</b> int	Carga máxima del vehículo en litros.
<b>antiguedad</b> int	Años de antigüedad del vehículo.
<b>kilometraje</b> int	Kilometraje del vehículo.
<b>tipo_combustible</b> string	El tipo del combustible que requiere.
<b>gasto_combustible</b> int	El gasto estimado medido en litros por kilómetro.

DIM_RESIDUO	
<b>id_residuo</b> int	Clave primaria.
<b>codigo_LER</b> string	La clave compuesta por 3 bloques que se denominan capítulos (y un asterisco).
<b>codigo_LER_descripcion</b> string	Texto que describe el residuo al que hace referencia el código LER.
<b>codigo_LER_capitulo</b> string	El primer bloque del código.
<b>codigo_LER_capitulo_descripcion</b> string	Texto que describe un conjunto de residuos que engloba el primer capítulo.
<b>codigo_LER_subcapitulo</b> string	Los dos primeros bloques del código.
<b>codigo_LER_subcapitulo_descripcion</b> string	Texto que describe el conjunto de los residuos que están recogidos en el subcapítulo.
<b>es_residuo_peligroso</b> booleana	Indicador de si el residuo en cuestión es peligroso.

DIM_CONTRATO_PRESTACION_SERVICIOS	
<b>id_contrato</b> int	Clave primaria.
<b>num_contrato</b> int	Número identificativo del contrato.
<b>nombre_contratante</b> string	Nombre de la empresa que contrata los servicios.
<b>nombre_contratado</b> string	Nombre de la empresa contratada.
<b>nif_contratante</b> string	Número de identificación fiscal de la empresa contratante.
<b>nif_contratado</b> string	Número de identificación fiscal de la empresa contratada.
<b>entidad_contratante</b> string	Tipo de entidad contratante: “privada”, “pública”.
<b>importe_sin_iva</b> float	Importe en euros sin IVA por el que se contratan los servicios.
<b>importe_con_iva</b> float	Importe en euros con IVA por el que se contratan los servicios.
<b>fecha_inicio</b> date	Fecha en la que entra en vigor el contrato.
<b>fecha_expiracion</b> date	Fecha en la que termina el contrato.
<b>duracion_contrato</b> int	La duración de contrato. La diferencia entre fecha_inicio y fecha_expiracion.

### **3.4. Descripción de las jerarquías**

Las siguientes dos figuras recogen las jerarquías y niveles de los atributos de cada una de las dimensiones para los dos cubos.

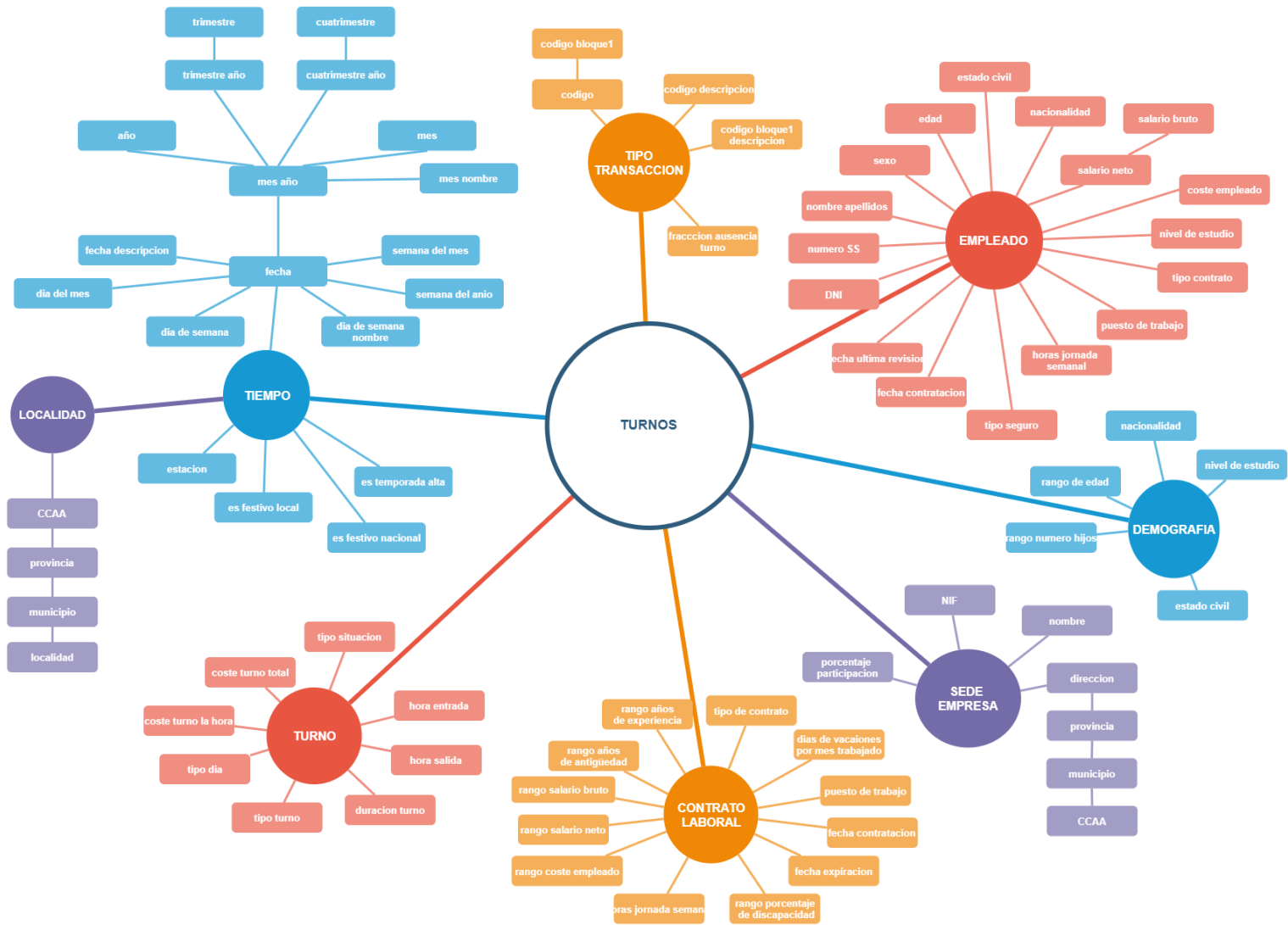


Figura 4: La jerarquía del cubo TURNOS.

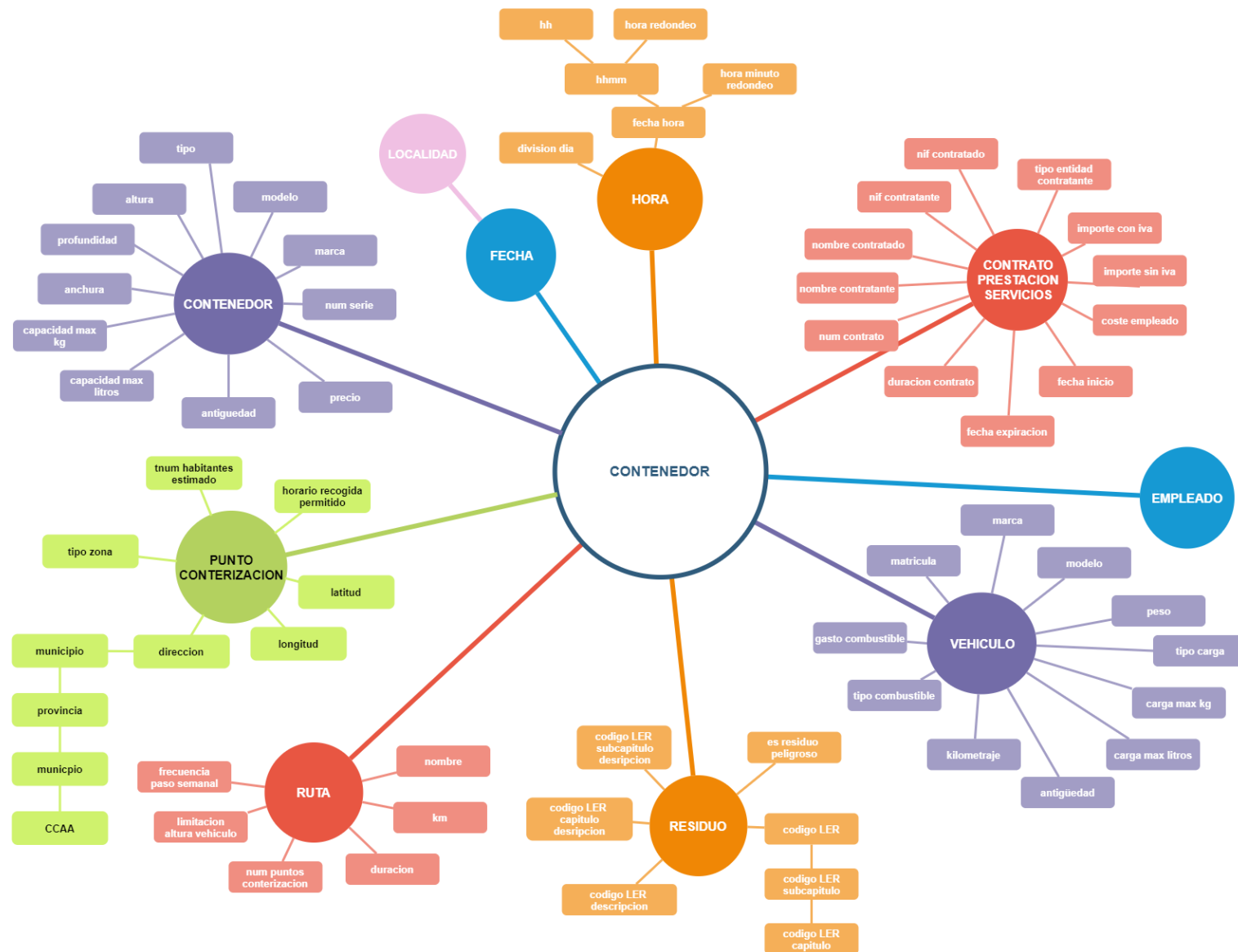


Figura 5: La jerarquía del cubo CONTENEDOR.



## Referencias

- [1] Ferrovial servicios. <https://www.ferrovialserviciosmedioambientales.com/Paginas/Gesti%C3%B3n-de-residuos-y-servicios-medioambientales.aspx>.
- [2] Ferrovial servicios. <https://www.ferrovialserviciosmedioambientales.com/Paginas/Inicio.aspx#>.
- [3] Sigre. <https://www.sigre.es/diccionario/residuos-urbanos-municipales/>.
- [4] Juan Antonio Gallego Capel. Murcia, una de las ciudades más sucias de España. [https://www.eldiario.es/murcia/murcia\\_y\\_aparte/Murcia-ciudades-sucias-Espana\\_6\\_865873408.html](https://www.eldiario.es/murcia/murcia_y_aparte/Murcia-ciudades-sucias-Espana_6_865873408.html).
- [5] Ayuntamiento de Murcia. Residuos. [https://www.murcia.es/medio-ambiente/medio-ambiente/estado/material/Residuos\\_1.pdf](https://www.murcia.es/medio-ambiente/medio-ambiente/estado/material/Residuos_1.pdf).
- [6] Jim Harter and Amy Adkins. Engaged employees less likely to have health problems. <https://news.gallup.com/poll/187865/engaged-employees-less-likely-health-problems.aspx>, 2015.
- [7] R. Kimball and M. Ross. *The Data Warehouse Toolkit*. Wiley, 2013.