



Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
Av. Pellegrini 250. S2000BTP Rosario. Sta. Fe

INFORME FINAL IET

PROYECTO ECOM-GIRSU

Eficiencia energética en la recolección y transporte de residuos domiciliarios

Instituto de Estudios de Transporte
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Universidad Nacional de Rosario

Septiembre 2023 - Entrega Final

INSTITUTO DE ESTUDIOS DE TRANSPORTE

Riobamba y Berutti – Ciudad Universitaria Rosario - 2º piso IMAE.

+54 - 0341 - 4820910 / 4852810

iet@fceia.unr.edu.ar / www.fceia.unr.edu.ar/iet



Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
Av. Pellegrini 250. S2000BTP Rosario. Sta. Fe

Equipo de desarrollo:

Dirección

Mg. Ing. Ma. Laura Pagani

Equipo Técnico

Ing. Alejandra Golik

Lic. Maria Paola Ukcic

Isabela Paglia

Índice

| | |
|--|----|
| Introducción | 5 |
| Problemática en la GIRSU en el AMR | 5 |
| Impacto del transporte en la gestión de RSU | 5 |
| Componente 1: Hoja de ruta para la eficiencia en la recolección y transporte de residuos domiciliarios | 6 |
| Objetivos | 7 |
| Criterios para la selección de localidades | 7 |
| Relevamiento de datos | 11 |
| Indicadores a analizar | 12 |
| Procesamiento de datos | 12 |
| Diagnóstico | 13 |
| Ciudad de Roldán. | 13 |
| Vehículo. | 14 |
| Operación. | 17 |
| Mantenimiento. | 25 |
| Comuna de General Lagos. | 25 |
| Vehículo. | 26 |
| Operación. | 26 |
| Mantenimiento. | 34 |
| Oportunidades de mejora / Hallazgos | 34 |
| Vehículo. | 34 |
| Operación. | 34 |
| a. Registro de combustible. | 35 |
| b. Registro diario. | 35 |

| | |
|---|----|
| c. Registro de GPS. | 35 |
| d. Sensibilización y capacitación al personal | 36 |
| e. Indicadores y seguimiento | 38 |
| Mantenimiento. | 39 |
| a. Mantenimiento correctivo. | 39 |
| Instancia de intercambio con personal de gestión y operativo. | 39 |
| General Lagos. | 39 |
| Roldán. | 40 |
| Hoja de ruta | 41 |
| Vehículo. | 41 |
| a. Selección del vehículo adecuado | 41 |
| b. Mejora en la aerodinámica. | 42 |
| c. Tipo de combustible. | 43 |
| d. Control de presión de neumáticos. | 43 |
| Operación. | 43 |
| Mantenimiento. | 44 |
| Bibliografía | 46 |
| ANEXOS | 48 |

Introducción

Problemática en la GIRSU en el AMR

El manejo de los residuos sólidos generados en el ámbito de una comunidad es un tema de gran complejidad ya que involucra aspectos técnicos, económicos, sociales, institucionales, legales, territoriales y ambientales.

La Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) requiere de una planificación que contemple la implementación progresiva y el involucramiento y compromiso de diversos actores. Poner en marcha la GIRSU en una localidad implica cambiar la perspectiva en relación a una actividad concebida tradicionalmente como el simple servicio de retiro de residuos para transformarse en un aspecto central de la política ambiental del municipio, que involucre a diversas áreas de gobierno con el fin de avanzar hacia una concepción multidimensional de los residuos sólidos.

En la Provincia de Santa Fe, la normativa vigente en la materia es la Ley 13.055/2009, cuya autoridad de aplicación es el Ministerio de Ambiente y Cambio Climático. La situación actual de los municipios respecto a la GIRSU muestra cierto estancamiento en un modelo que se orienta, a lo sumo, en recolectar los residuos y darles adecuada disposición final, con mínima actividad de recuperación y/o tratamiento, bajo nivel de cumplimiento de la ley y escaso dinamismo hacia mejoras significativas en el corto plazo.

En el contexto de esta problemática, el Instituto de Estudios de Transporte (IET) trabaja en conjunto con el ECOM, aportando al proyecto de un Plan Metropolitano de Gestión Integral de Residuos Urbanos con base en un diagnóstico actualizado de la región.

Impacto del transporte en la gestión de RSU

En el Área Metropolitana de Rosario (AMR), el uso de combustibles en los vehículos recolectores se ha convertido en un tema crucial en términos económicos y ambientales. La selección de un combustible o tecnología vehicular adecuados, es uno de los factores que impactan significativamente en el costo operativo de los

camiones, así como en la emisión de gases de efecto invernadero y otros contaminantes. Otras variables que influyen en la eficiencia de estos vehículos son el diseño y mantenimiento de los mismos, la capacitación del personal que los conduce, las prácticas de conducción, las condiciones y organización de las rutas de recolección y el grado de congestión del tránsito en el ámbito urbano y hacia los sitios de disposición final.

En el presente informe, se abordan factores que influyen en la eficiencia en el transporte de residuos, ya sea aspectos propios de los vehículos, mantenimiento de los mismos o la forma de operar en el territorio. Se examinaron los aspectos técnicos y logísticos que afectan a la recolección en el AMR, y se evaluaron las prácticas actuales para determinar medidas a aplicar para mejorar la eficiencia, reducir costos y el impacto ambiental de la actividad en la zona.

Este estudio se aborda a través del planteo de pilotos en conjunto con dos localidades testigo del AMR que reunían diferentes cualidades, para poder analizar la situación actual y las problemáticas de la logística y el transporte en torno a la recolección de residuos, a partir de las cuales proponer acciones de mejora y eficiencia. Luego, podrán extenderse las conclusiones y recomendaciones del presente informe al resto de las localidades que componen el AMR, aunque se recomienda realizar los estudios pertinentes.

Componente 1: Hoja de ruta para la eficiencia en la recolección y transporte de residuos domiciliarios

En base al Diagnóstico Ejecutivo ya mencionado y en función del mapeo realizado en las ciudades y comunas pertenecientes al ECOM, principalmente en lo que refiere a la corriente de residuos domiciliarios y a la organización de sistema de recolección, se puede visualizar una ventana importante para generar cambios en esta actividad. Es fundamental poder conocer los recursos destinados así como los impactos asociados, registrar esta información y ejercer una toma de decisiones basadas en evidencia para asegurar el monitoreo y mejora continua, reduciendo así el impacto generado.

Objetivos

Se busca identificar oportunidades de mejora e implementar medidas para promover la eficiencia energética en el proceso de recolección y transporte de residuos domiciliarios, a fin de disminuir el uso de combustibles fósiles, minimizar las emisiones a la atmósfera, optimizar costos y mejorar los tiempos en la recolección.

Las actividades específicas desarrolladas fueron:

1. Realizar un relevamiento del equipamiento, dinámicas, registros y operatorias actuales.
2. Evaluar mejoras ambientales, económicas y operativas potenciales.
3. Diseñar medidas de eficiencia energética en el transporte para poner en práctica.
4. Sensibilizar al personal de las medidas de eficiencia más aplicables a su entorno, con el fin de promover conciencia ambiental sobre las implicancias y los beneficios que esto traería en sus labores.
5. Generar un documento guía con herramientas para la eficiencia en la recolección y transporte de residuos domiciliarios, reduciendo costos y mitigando impactos ambientales.

Criterios para la selección de localidades

A partir de los datos recabados en el Informe Diagnóstico Ejecutivo se propusieron criterios y características para seleccionar las dos localidades testigo con las que trabajar con el fin de obtener distintas conclusiones de acuerdo a las particularidades de cada caso y así abarcar mayores posibilidades.

- Tamaño de la localidad: se buscó enfocar el estudio en diferentes tamaños de localidades en vista de la variación considerable del volumen de residuos que debe ser recolectado y transportado a disposición final. A continuación se mencionan todas las localidades del AMR en función del tamaño de la población según resultados del Censo 2010 realizado en Argentina,

Hasta 5.000 hab: Albarelos, Carmen del Sauce, Coronel Dominguez, Luis Palacios, Pavon, Soldini y Villa Amelia.

Hasta 15.000 hab: Acebal, Alvarez, Alvear, Empalme Villa Constitución, Fighiera, General Lagos, Ibarlucea, Piñero, Pueblo Andino, Pueblo Esther y Ricardone.

Hasta 50.000 hab: Arroyo Seco, Capitán Bermúdez, Fray Luis Beltran, Perez y Roldan.

Más de 50.000 hab: Funes, Granadero Baigorria, Rosario, San Lorenzo, Villa Constitución y Villa Gobernador Gálvez.

- Tipo de prestador de recolección de residuos domiciliarios: se consideró la participación de localidades con distinto tipo de prestador en la recolección (administración pública y privada) ya que influye en la cantidad, calidad y detalle de información registrada por los mismos, así como en la posibilidad de implementar cambios en las dinámicas actuales. Según el Informe Diagnóstico Ejecutivo 21 localidades cuentan con recolección por parte de la gestión pública y en 7 se encuentra tercerizado a distintos prestadores privados.

Administración pública: Carmen del Sauce, Coronel Dominguez, Luis Palacios, Pavon, Acebal, Alvarez, Alvear, Empalme Villa Constitución, Fighiera, General Lagos, Ibarlucea, Piñero, Pueblo Andino, Pueblo Esther, Ricardone, Arroyo Seco, Fray Luis Beltran, Roldan, Funes, Granadero Baigorria y Villa Gobernador Gálvez.

Administración privada: Albarelos, Capitan Bermudez, Perez, San Lorenzo, Soldini, Villa Amelia y Villa Constitución.

Mixta: Rosario.

- Modalidad de recolección: se barajó la posibilidad de analizar distintos sistemas de recolección, como ser por acera o contenedores, puesto que afecta en la higiene y seguridad pero principalmente a los tiempos de

recolección. Al momento en el que se realizó el Informe Ejecutivo, 9 localidades efectuaban la recolección exclusivamente mediante sistema de acera y 5 se encontraban totalmente contenerizadas. Las 15 restantes de las que se disponía información poseían un sistema mixto, generalmente contenerizado en las áreas centrales de la localidad y mantenían un sistema de acera en la periferia.

Recolección en acera: Acebal, Carmen del Sauce, Empalme Villa Constitución, Fighiera, Luis Palacios, Pavon, Perez, Pueblo Esther, Soldini.

Recolección contenerizada: Albarellos, Alvear, Fray Luis Beltran, Granadero Baigorria, Pueblo Andino, San Lorenzo.

Sistema mixto: Alvarez, Arroyo Seco, Capitan Bermudez, Coronel Dominguez, Funes, General Lagos, Ibarlucea, Piñero, Ricardone, Roldán, Rosario, Villa Amelia, Villa Constitución y Villa Gobernador Gálvez.

- Revisión de rutas: se planteó comparar localidades que no efectúen revisión de rutas de recolección y otras que posean sistemas de seguimiento satelital instalado en las unidades de manera de obtener distintas calidades en la información acerca de tiempos de parada, velocidades, etc. Al momento en el que se realizó el Informe Diagnóstico, 23 localidades no realizaban ningún tipo de revisión periódica sobre las rutas de recolección y solo 6 localidades poseían sistema de seguimiento satelital, de las cuales solo dos efectuaban una revisión periódica de rutas.

Seguimiento satelital: Arroyo Seco, Luis Palacios, Roldan, Rosario, San Lorenzo y Villa Constitución.

Sin seguimiento: Carmen del Sauce, Coronel Dominguez, Pavon, Acebal, Alvarez, Alvear, Empalme Villa Constitución, Fighiera, General Lagos, Ibarlucea, Piñero, Pueblo Andino, Pueblo Esther, Ricardone, Fray Luis Beltran, Funes,

Granadero Baigorria, Villa Gobernador Gálvez, Albarellos, Capitan Bermudez, Perez, Soldini y Villa Amelia.

- Separación de RSU en origen: se concibió la idea de trabajar con localidades que tengan diferentes consideraciones sobre la separación de RSU en origen debido a que esto afecta en el volumen de residuos a ser transportados a diario a disposición final y consecuentemente la cantidad de viajes o vehículos destinados a esta tarea. Según el informe facilitado por ECOM, 17 localidades contaban con un programa de separación de RSU en origen y 12 no empleaban ningún programa.

Algún tipo de separación en origen: Arroyo Seco, Luis Palacios, Roldán, Rosario, San Lorenzo, Villa Constitución, Carmen del Sauce, Coronel Dominguez, Pavón, Acebal, Empalme Villa Constitución, General Lagos, Ibarlucea, Pueblo Andino, Pueblo Esther, Funes, Granadero Baigorria, Perez, Soldini y Villa Amelia.

Sin separación en origen: Albarellos, Alvarez, Alvear, Capitán Bermúdez, Fighiera, Fray Luis Beltran, Piñero, Ricardone y Villa Gobernador Gálvez.

En base a todo lo mencionado anteriormente, se confeccionó un cuadro de doble entrada que facilita la visualización de la información obtenida hasta el momento, el cual se encuentra en el anexo N° 1 del presente informe.

A partir de la ponderación de distintas cualidades, contemplando el estado de avance en la gestión de residuos y debido a su disposición y vinculación con el ECOM, se seleccionaron a Roldán y General Lagos como las localidades testigo para la elaboración del plan. Luego, estos análisis podrán extrapolarse a toda el AMR teniendo en cuenta las particularidades de cada caso.

Al momento de contactar con las autoridades de la localidad, Roldán contaba con una población de 40.000 habitantes¹, administración pública en la recolección de RSU, sistema de recolección mixto (acera y contenedores), seguimiento satelital con

¹ Según autoridades de la localidad.

revisión periódica de rutas y separación en origen de todas las fracciones. Por otro lado, General Lagos tenía una población aproximada de 5.000 habitantes y no contaba con sistema de seguimiento satelital, sin embargo al momento del contacto entre el IET y los responsables de la gestión de residuos de la localidad se manifestó la reciente incorporación de un software de seguimiento de las unidades recolectoras. Los demás criterios los comparte con Roldán.

A continuación se resumen las características de las localidades testigo.

| | Roldán | General Lagos |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Población | Intermedia | Baja |
| Prestador | Público | Público |
| Modalidad Recolección | Contenedores y acera | Contenedores y acera |
| Revisión de rutas | Seguimiento satelital | Seguimiento satelital |
| Separación de residuos | En origen | En origen |

Relevamiento de datos

Tomando como recurso inicial la información surgida del Diagnóstico Ejecutivo, se desea profundizar el relevamiento para lograr una caracterización más completa de la situación actual. Con este fin, se elaboró un formulario para recolectar datos sobre el sistema de recolección y disposición final, donde se consulta acerca de los siguientes aspectos: tipo, capacidad y tecnología de equipos utilizados en la recolección de RSU, cantidad de personal y tareas que realizan, modalidad de recolección de residuos, días, horarios y áreas de recolección, días y horarios en zonas críticas, registro de carga de combustible, ubicación de galpón de flota de vehículos, registro de recorridos, tiempos de detención y en movimiento, revisión periódica de los recorridos, seguimiento satelital de vehiculos, capacitación del personal sobre técnicas de conducción eficiente, mantenimiento preventivo de vehículos y registro del mismo, registro de mantenimiento correctivo, capacidad con la que el vehículo se dirige a disposición final, ubicación de centros de transferencia, tipo y ubicación de disposición final, certificación con toneladas dispuestas.

Se adjunta en el anexo N°2 del presente informe el modelo de cuestionario correspondiente a la componente 1, junto con las respuestas enviadas por ambas localidades.

Indicadores a analizar

En base a bibliografía y experiencias anteriores asociadas al sector transporte de cargas, se definieron algunos indicadores preliminares para poder cuantificar la información e identificar oportunidades de mejora en el transporte de residuos. A continuación se enuncian los mismos:

- Consumo de combustible (lts/100km)
- Consumo unitario de combustible (lts.h/km.tn)
- Emisiones mensuales de CO₂ a la atmósfera (kgCO₂)
- Emisiones de CO₂ por kilómetro recorrido (kgCO₂/km)
- Emisiones de CO₂ por tonelada dispuesta (kgCO₂/tn)
- Emisiones de CO₂ unitarias (gr CO₂/km.tn)
- Relación entre tiempo ralenti o de parada y tiempo en contacto
- Relación entre mantenimiento preventivo y correctivo (hs mant. preventivo / hs. mant correctivo)
- Consumo específico (lts/kWh)

Luego, a partir del procesamiento de datos de los cuestionarios y diagnósticos elaborados para cada localidad, se establecen los indicadores definitivos a evaluar.

Procesamiento de datos

De la información obtenida de las encuestas enviadas a las localidades y posterior a un encuentro virtual con las autoridades competentes dedicado a indagar en profundidad sobre la respuesta a la misma, se realizó el procesamiento de datos para poder establecer un diagnóstico de cada localidad y una línea base para los indicadores que caracterizan la operación.

A continuación, según Imagen 1, se presenta un diagrama de flujo donde se exponen todas las instancias que se identifican para abordar un plan de eficiencia en el transporte de residuos sólidos urbanos, las cuales se abordan en el presente estudio.

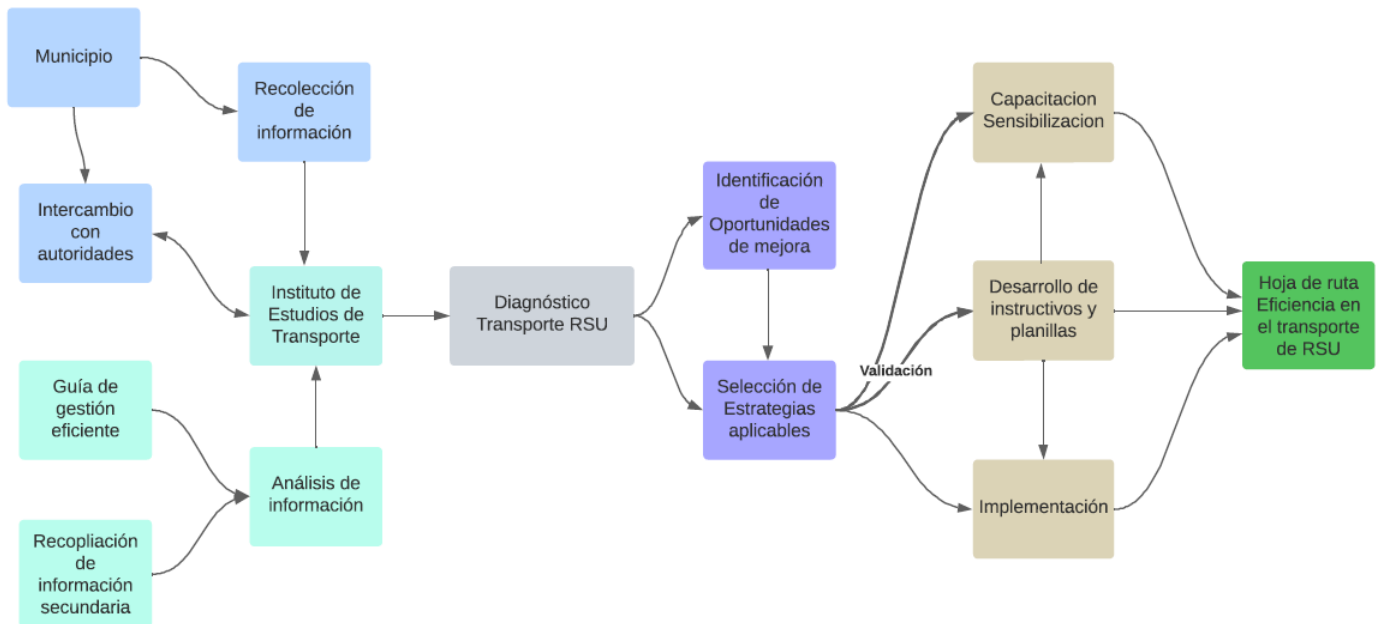


Imagen 1. Diagrama de flujo. Fuente: Elaboración propia.

Diagnóstico

A partir del procesamiento de datos se profundizó en la caracterización de cada localidad en función de los recursos afectados y la dinámica que desarrollan en el proceso de recolección y transporte de residuos domiciliarios.

Para un mejor ordenamiento se discretizó el análisis en categorías con características similares asociadas al objeto de estudio: vehículo, operación y mantenimiento.

Ciudad de Roldán.

La ciudad de Roldán, en la actualidad, cuenta con una población de más de 40.000 habitantes², los cuales generan aproximadamente 23 toneladas diarias³ de residuos domiciliarios en un área de recolección de 20km². Estos desechos son trasladados al relleno sanitario de RESICOM SA, ubicado en la comuna de Ricardone, aproximadamente a 23 km de la ciudad según Imagen 2.

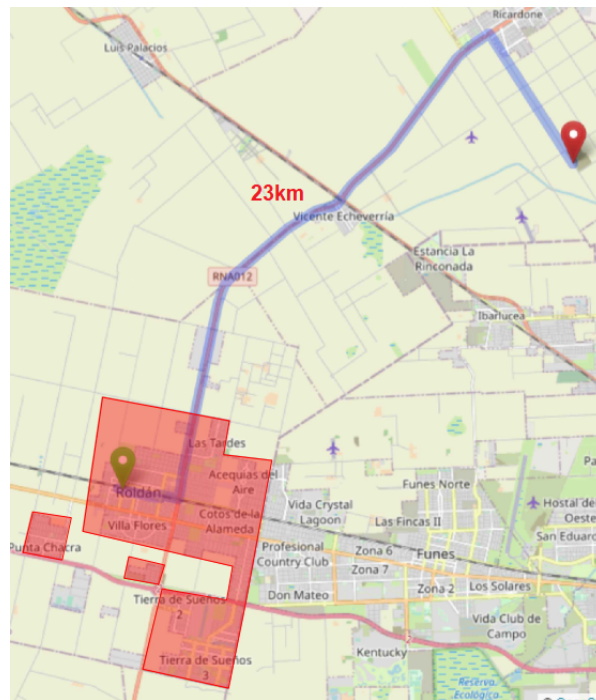


Imagen 2. Ubicación relativa de Roldán y RESICOM. Fuente: Elaboración propia.

Vehículo.

La localidad dispone de 3 camiones compactadores propios con brazo mecánico trasero (Iveco Tector 170E22, Iveco Tector 150E21 y Volkswagen 15190), aunque al momento de realizar la encuesta sólo 2 de ellos estaban operativos. A continuación se detallan las características de cada uno:

El camión Iveco - Tector Attack 170E22 (modelo 2016) está equipado con un motor Iveco FPT NEF 6, el cual trabaja con una ventana económica de revoluciones que le permite generar un mayor torque. Esto se traduce en una mayor fuerza para

² Según autoridades de la localidad.

³ Según promedio de toneladas dispuestas en 2022.

mover cargas más pesadas. Esta ventana va desde las 1.500 a 2.000 rpm, garantizando un torque de 680 Nm, según Imagen 3. En cuanto a la capacidad de carga, el peso bruto total es de 16.790 kg, la tara es 5.321 kg y la carga útil legal es 11.179 kg. En cuanto a equipamientos internos que asisten a la conducción, el camión cuenta con indicador de nivel de combustible, indicadores de advertencia, modo crucero, control de frenos ABS y freno motor.

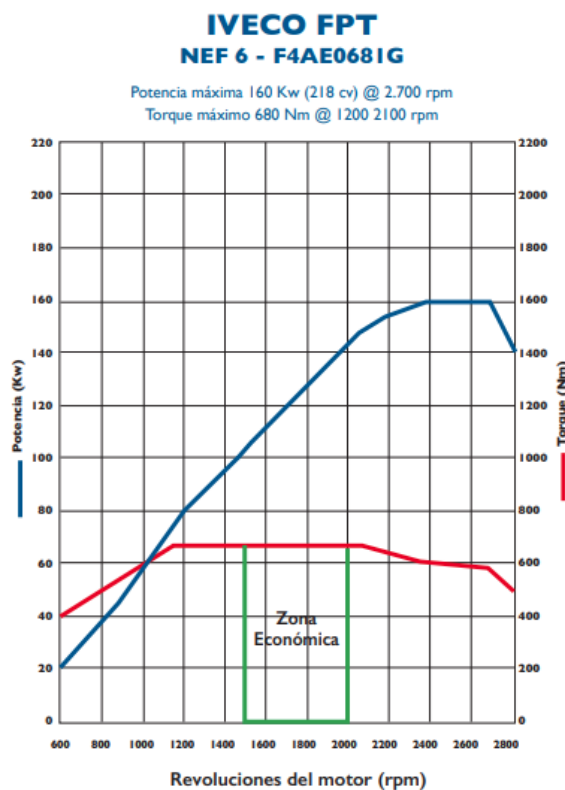


Imagen 3. Relación potencia y torque vs. rpm motor FPT NEF 6. Fuente: IVECO.

El camión Iveco - Tector Attack 150E21 (modelo 2022) está equipado con un motor Iveco FPT NEF 4 ID, el cual tiene una ventana económica de revoluciones que le permite generar mayor torque, lo que sacará adelante al vehículo al arrastrar una carga pesada o subir una pendiente pronunciada. La ventana va desde las 1.400 a 2.000 rpm, garantizando un torque de 720 Nm aproximadamente, según Imagen 4. En cuanto a la capacidad de cargas, el peso bruto total es de 15.400kg, la tara es

4.900kg y la carga útil legal es 11.600kg. Sin embargo, debido a la capacidad del vehículo, el peso neto máximo será de 10.500kg. En cuanto a equipamientos internos que asisten a la conducción, el camión cuenta con frenos ABS y limitador de velocidad a 90 km/h.

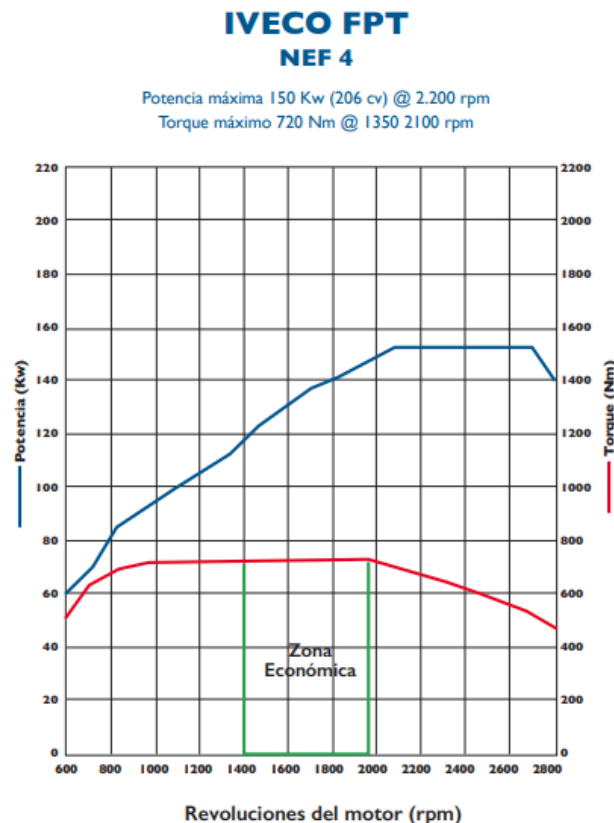


Imagen 4. Relación potencia y torque vs. rpm motor FPT NEF 4 ID. Fuente: IVECO.

El camión Volkswagen - 15.190 (modelo 2018) cuenta con un motor MAN D0834 190. A diferencia de los camiones Iveco, éste funciona sin urea⁴ gracias a la tecnología de emisiones EGR, la cual permite disminuir la emisión de gases contaminantes. En cuanto a la capacidad de cargas, el peso bruto total es de 15.400 kg, la tara es 4.870 kg y la carga útil legal es 11.630 kg. Sin embargo, debido a la

⁴ La urea es un lubricante que tiene como propósito convertir los óxidos de nitrógeno que se generan en la combustión, en nitrógeno y vapor de agua. A partir de 2015, en Argentina, rige la norma Euro V que regula la emisión de gases en los transportes de carga o pasajeros, con lo cual este líquido actúa como aditivo que permite alcanzar los niveles de emisión exigidos por la normativa.

capacidad del vehículo, el peso neto máximo total será 10.530 kg. En cuanto a equipamientos internos que asisten a la conducción, el camión cuenta en el tablero con indicador de nivel de combustible, indicadores de advertencia ante presiones de aceite bajas, calentamiento del motor, etc.; y freno motor.

Todos los vehículos poseen motores diésel que cumplen la normativa Euro V y transmisión manual de 6 marchas más reversa. Disponen de un tanque de combustible plástico de 275 lts y sólo los camiones Iveco tienen tanque de urea con una capacidad de 27 lts. Estos vehículos están compuestos por un eje delantero simple de neumáticos individuales y un eje trasero simple con neumáticos duales 275/80 R22.5, sin embargo no cuentan con sistema de monitoreo de la presión de los mismos. En cuanto a equipamientos internos, todos cuentan con sistema de climatización.

En cuanto a las cajas compactadoras, son SCORZA con una capacidad de 17m³ y densidad de compactación hasta 750kg/m³ según el tipo de residuo que se trate. Sin embargo, informan desde la localidad que los camiones se dirigen a disposición final con aproximadamente 8 tn de carga para no forzar el sistema de compactación, lo que se traduce en una densidad de 470kg/m³.

Sin embargo, al realizar una instancia de intercambio con la gestión actual de Roldán, se puso en conocimiento que sólo un camión se encontraba operativo en el momento. Es por esto que la flota se complementa con otro vehículo alquilado a RESICOM.

Operación.

En relación a la operación del sistema de recolección, los vehículos son abastecidos en una estación de combustible a través de la entrega de vales por tanque lleno. Semanalmente se entregan 6 vales de tanque lleno de gasoil y uno por tanque lleno de urea, sin embargo no se lleva un registro de los litros de combustible cargados en cada oportunidad dada la falta de sistematización del circuito de los vales entregados.

La recolección de residuos domiciliarios se realiza con una modalidad mixta que cuenta con 717 contenedores y recolección por acera, siendo el prestador del servicio el mismo municipio. Cabe destacar que los barrios cerrados cuentan con un servicio propio de recolección dentro del mismo, sin embargo los residuos son depositados en contenedores ubicados a la salida y luego la disposición final está a cargo del sector público.

La ciudad se divide en dos zonas o rutas que son recorridas tres veces por semana cada una en turno mañana y tarde, tal como se muestra en las Imágenes 5a y 5b. Además, el último verano se incorporó un refuerzo de recolección los lunes sobre avenidas y calles importantes de la ciudad para anticiparse a los desbordes de contenedores en lugares críticos, principalmente en temporada alta. Esta medida incluirá la temporada baja como prueba.

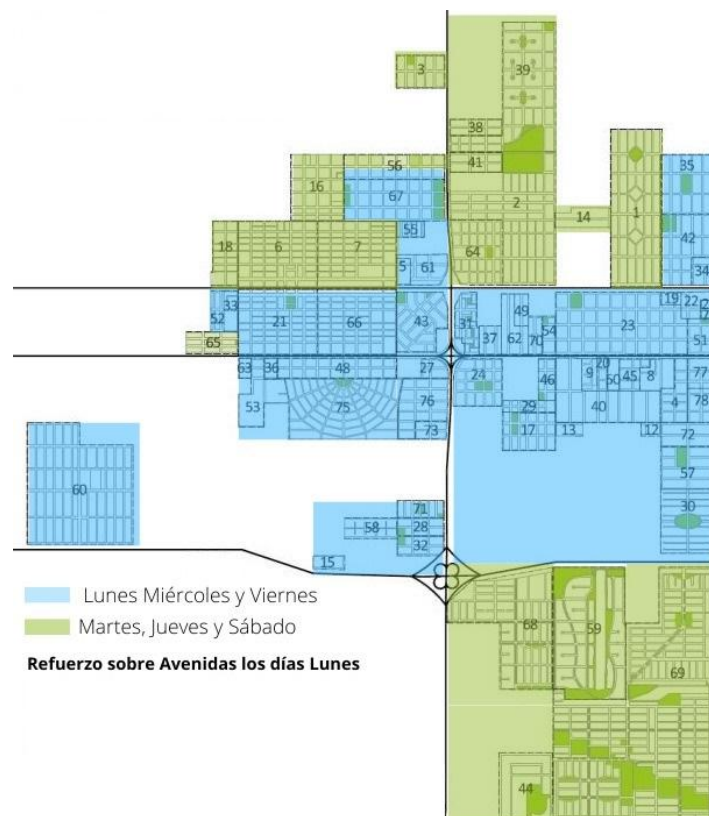


Imagen 5a. Sectorización de Roldán . Fuente: Municipalidad de Roldán.

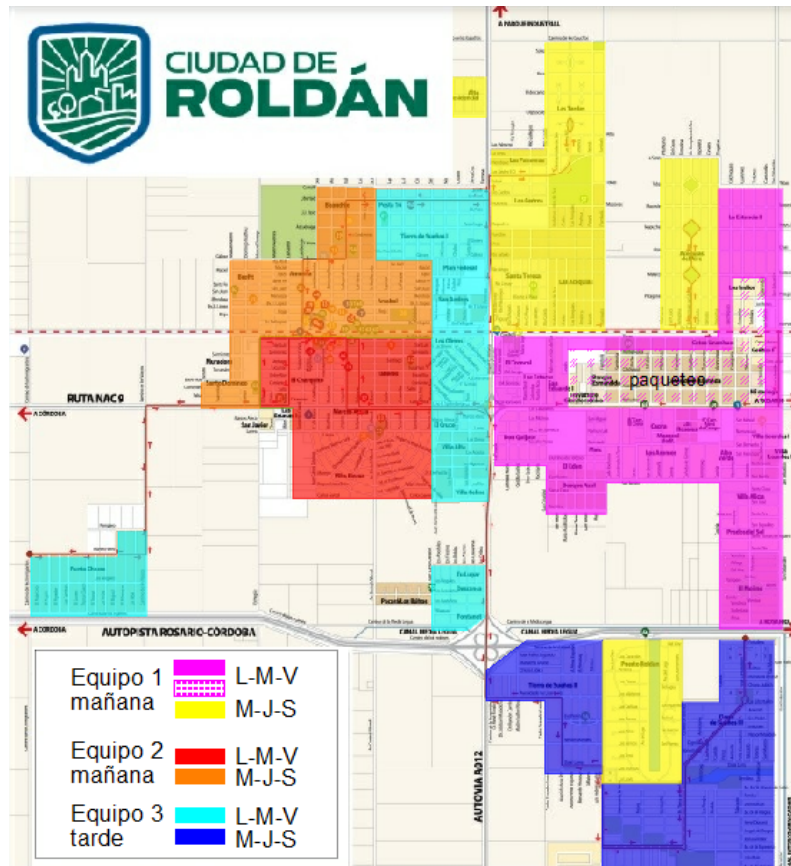


Imagen 5b. Sectorización de Roldán . Fuente: Municipalidad de Roldán.

El personal de recolección está conformado por tres choferes y siete recolectores, divididos en tres equipos, de los cuales dos trabajan simultáneamente en el turno mañana, mientras que el tercero realiza las recolecciones en el turno tarde. La jornada de trabajo planteada es de 6hs diarias, sin embargo, lunes y martes el recorrido se realiza en 7 u 8 horas debido a la gran cantidad de residuos producto del fin de semana y los refuerzos extra en las avenidas los días lunes. Por otro lado, los días miércoles, jueves y viernes el recorrido suele durar 5 horas. A pesar de tener conocimiento de la existencia de variaciones en la duración de las jornadas, no se emplean registros de las mismas.

A los mismos se les provee de elementos de protección personal, previa capacitación en el área de Higiene y Seguridad. Sin embargo nunca se los ha instruido sobre técnicas eficientes y seguras en la conducción.

Los vehículos cuentan con un sistema de seguimiento satelital a través del software StopSat que permite conocer la ubicación de los mismos, el estado del vehículo (en movimiento o detenido), el estado del motor (en contacto o fuera de contacto), la velocidad instantánea, el odómetro total y realizar los correspondientes registros diarios de esta información.

Aun cuando esta información puede ser descargada para luego analizarse, en la localidad actualmente se lleva a cabo solamente el control en tiempo real de los movimientos para detectar paradas fuera del recorrido previsto, tiempos de espera inusuales, atender a reclamos, etc. A pesar de no realizar sistemáticamente esta operación, a fin de realizar este estudio, se generó el registro del camión Volkswagen durante **un solo día de recolección (martes)** con el cual se pudieron obtener las rutas y calcular distintos tiempos según Imagen 6a y 6b.

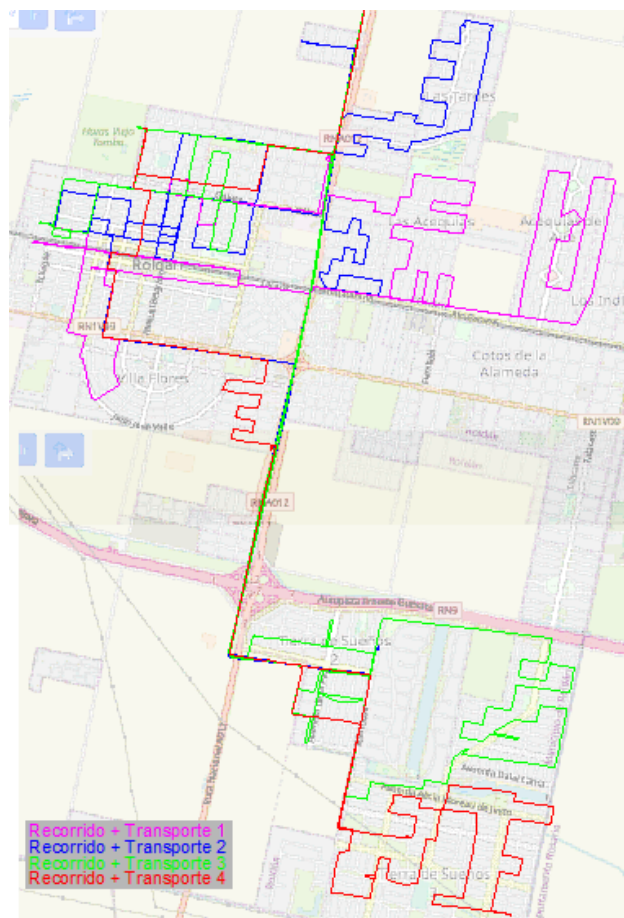


Imagen 6a. Rutas del día registrado, Roldán. Fuente: Elaboración propia.

En la imagen puede verse que los recorridos podrían organizarse de manera más eficiente para que el vehículo no tenga que recurrir a la misma zona en viajes sucesivos. Además, en todos los recorridos se observan rutas de recolección en la zona oeste, las cuales no corresponden por el día de recolección analizado y el número de equipo (Equipo 1) encargado del vehículo.

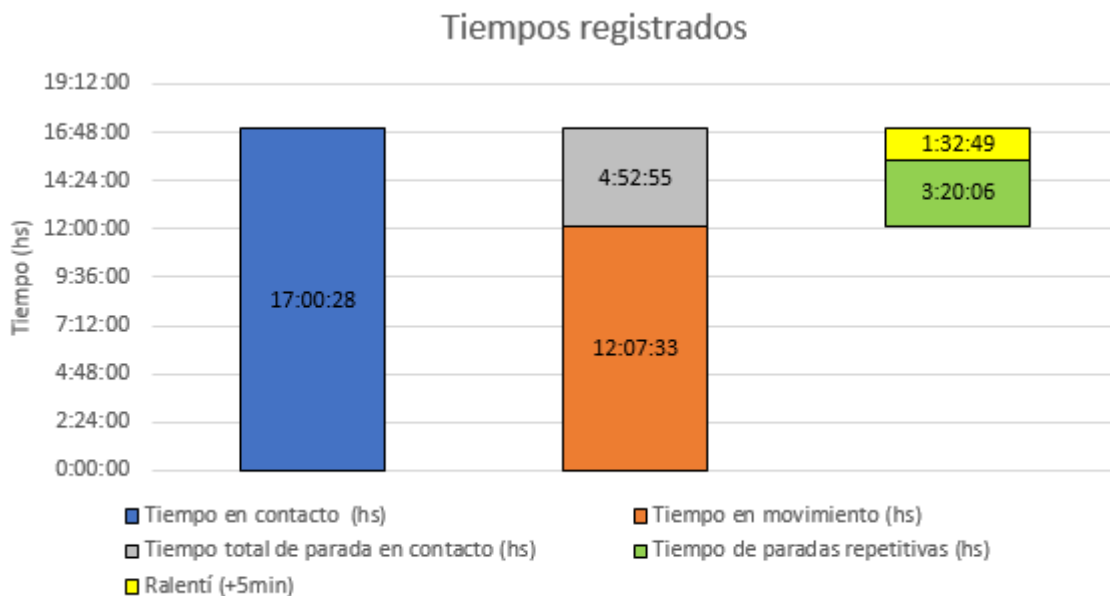


Imagen 6b. Tiempos registrados, Roldán. Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico anterior puede identificarse en azul el tiempo total que el vehículo estuvo en contacto, el cual se divide en estados de movimiento marcado en naranja, y en gris se ven los estados de detención. Éste, a su vez se subdivide en tiempos de paradas repetitivas para la recolección, en verde, y en tiempos de ralentí, el cual se consideró como paradas mayores a 5 minutos, en amarillo.

El tiempo en movimiento podría disminuir directamente implementando una planificación de los recorridos de manera que finalicen en puntos de la trama urbana más cercanos a la ubicación de la disposición final, así como definiendo rutas óptimas en cuanto a cobertura del territorio y longitud de recorridos.

Además, el tiempo de ralentí podría ser eliminado por completo al apagar el motor durante esos momentos, ahorrando 4,6 litros de combustible diario. Esto implicaría una reducción del costo de combustible de \$33.120 mensuales por cada camión (12 de Julio 2023), lo que haría un total de \$99.360 mensuales para toda la flota, sin contemplar la reducción de los costos de mantenimiento que se lograrían.

A lo largo del día analizado se registraron 4 viajes a RESICOM, pudiendo calcular los kilómetros y tiempos en cada oportunidad según la Imagen 7. Los recorridos, graficados en azul, y transportes, en verde, corresponden a los kilómetros efectuados dentro de la localidad, y desde ella hacia la disposición final respectivamente.

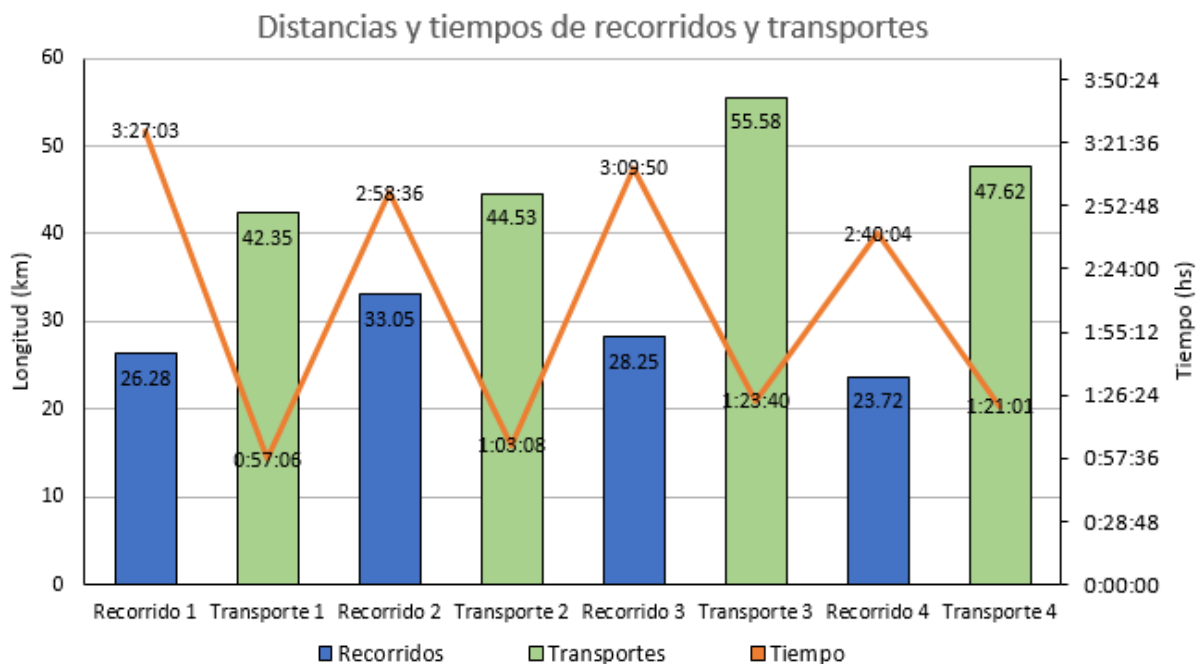


Imagen 7. Distancias y tiempos, Roldán. Fuente: Elaboración propia.

Puede verse que el tercer transporte fue el más largo con 8km adicionales a la media de 47,5km. Sin embargo, cabe destacar que los distintos transportes difieren en longitud ya que comienzan desde los distintos puntos donde el compactador llega a su capacidad máxima.

Además, al momento de realizar una instancia de intercambio con el personal operativo, el mismo manifestó incertidumbre en cuanto a los tiempos de espera una vez arribado el camión al relleno sanitario de RESICOM, lo que aporta a la imprevisibilidad de la operación y a la dificultad en la programación ajustada de los servicios.

Entre los recorridos puede verse que están bien balanceados en longitud, con una media de 27,8km, a pesar de que el primero fue el que mayor tiempo tomó ya que se registran dos momentos de parada remarcables de 10 y 20 minutos dentro del predio donde se guarda el vehículo.

Además, puede establecerse que la distancia de transporte total en ruta es un 70% mayor que los recorridos dentro de la localidad, hecho que reduce los consumos promedio de combustible debido a las velocidades altas y constantes que se mantienen en ruta.

Por otro lado, fueron entregados los registros de toneladas de residuos dispuestas en RESICOM durante 2022 y los primeros meses de 2023 según Imagen 8.

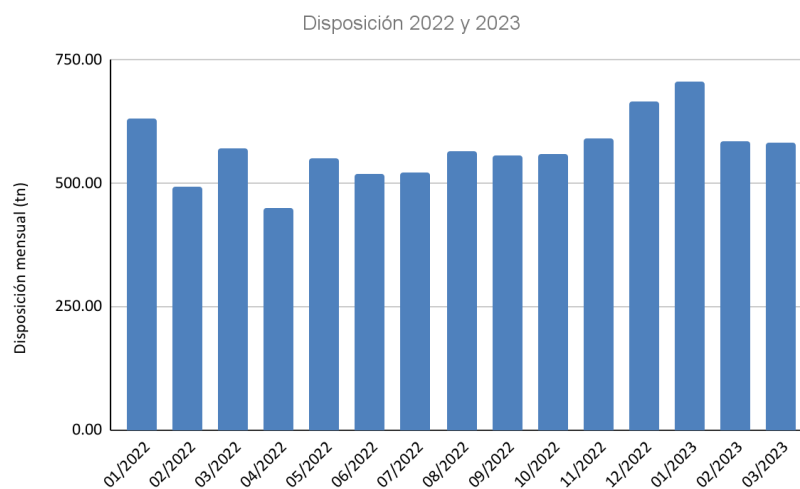


Imagen 8. Disposición mensual 2022 y 2023, Roldán. Fuente: Elaboración propia.

Claramente se identifica una tendencia de aumento en épocas estivales, sin embargo, comparando las disposiciones de enero de 2022 y 2023 puede verse un aumento interanual del 12% lo que infiere en un constante aumento de las residencias temporales año a año.

Con respecto a los consumos, se pudo calcular un consumo promedio para un día típico de 30,4 lts/100kms del vehículo en estudio a partir de lo informado sobre la cantidad de tanques semanales, sin embargo, resulta lógico pensar que en cada carga de combustible no se llena el tanque completo. Con lo cual, en caso de poder registrar datos de cada carga de combustible, la línea base para medir la variación del indicador debería resultar menor a la calculada en el presente informe.

En cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero, pueden calcularse las emisiones de CO₂ mensuales (kg CO₂) mediante la siguiente fórmula teniendo en cuenta que el factor de emisión de CO₂ para gasoil es 2,61 kgCO₂/litro⁵.

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ (kgCO}_2\text{)} = \text{Factor emisión CO}_2 \text{ (kg CO}_2\text{/lts)} \cdot \text{Consumo (lts)}$$

Donde, $\text{Consumo (lts)} = \text{Consumo combustible (lts/100km)} \cdot \text{Recorrido mensual (km)}$

$$\text{Consumo (lts)} = 30,42 \text{ (lts/100km)} \cdot 7233,12 \text{ (km)} = 2200,31 \text{ lts}$$

Luego, las emisiones totales mensuales serán 5.742,8 kgCO₂. Este cálculo arroja un valor de emisiones constante a lo largo de todo el año, ya que no se disponen datos de la variabilidad mensual en la carga de combustible o en los recorridos registrados. **Aquí puede notarse la relevancia de un registro sistemático y desagregado de la información, tanto de consumos de combustible como de kilómetros recorridos.**

Por las mismas razones mencionadas, las emisiones unitarias por kilómetro también arrojaron resultados constantes a lo largo del año con un valor de 0,79 kgCO₂/km.

Por otro lado, según Imagen 9, se muestran las emisiones unitarias por tonelada dispuesta (kgCO₂/tn) según su registro entregado, con una media de 10,19 kgCO₂/tn. Estos resultados se correlacionan directamente con el registro de toneladas dispuestas, ya que ante un mismo consumo de combustible, el indicador será inversamente proporcional al registro de toneladas dispuestas.

⁵ Guía práctica para el cálculo de emisiones de efecto invernadero (GEI) Versión 2011, Oficina Catalana de Cambio Climático.

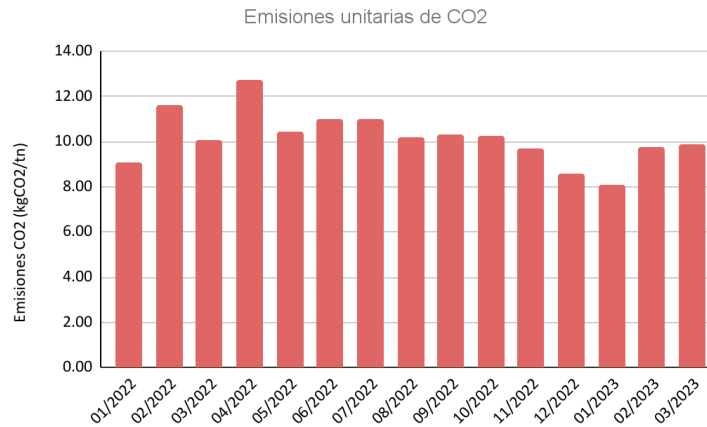


Imagen 9. Emisiones unitarias de CO₂, Roldán (kgCO₂/tn). Fuente: elaboración propia.

Mantenimiento.

De acuerdo a lo informado por las autoridades de la localidad, se tuvo la iniciativa de llevar a cabo revisiones visuales en las unidades previo a iniciar los recorridos, sin embargo, no prosperó debido a la resistencia del personal a este tipo de medidas.

A su vez, se realizan mantenimientos preventivos sobre las unidades, a pesar de no informar qué acciones son realizadas o la frecuencia de las mismas. Más allá de esto, no se lleva registro de ningún tipo de mantenimiento, ya sea preventivo o correctivo; ni de los tiempos inoperativos de los vehículos debidos a cualquiera de estas instancias.

Comuna de General Lagos.

Esta localidad tiene una extensión territorial de 43 km² y su área residencial, se encuentra definida en una superficie aproximada de 1,85 km², contando con una población aproximada de 5.000 habitantes⁶. A pesar de no contar con certificado de disposición final, se estima que dicha población genera alrededor de 3 toneladas diarias de residuos⁷ que son llevados al relleno sanitario de GIRSU, ubicado en Villa

⁶ Según Diagnóstico Ejecutivo realizado por el ECOM.

⁷ Según Diagnostico Ejecutivo realizado por el ECOM.

Gobernador Gálvez, aproximadamente a 15 km de la localidad como se muestra en la Imagen 10.



Imagen 10. Ubicación relativa de General Lagos y GIRSU VGG. Fuente: Elaboración propia.

Vehículo.

La comuna cuenta con un único camión compactador marca Scorza, modelo CS16 de carga trasera, del año 2014; el cual se encuentra destinado únicamente a la recolección de residuos domiciliarios. Este vehículo cuenta con brazo mecánico trasero y una caja compactadora con una capacidad de 10m^3 , según se informa desde la comuna.

Operación.

En cuanto a la carga de combustible, el vehículo es abastecido en cualquiera de las dos estaciones de servicio de la localidad, de forma semanal o quincenal dependiendo de la necesidad. La metodología de carga, la cual comenzó a implementarse en marzo de 2022, se basa en la lectura de un código QR al momento de realizar una carga, donde se registra la fecha, cantidad de combustible cargado y el valor que figura en el odómetro del vehículo. Fueron recibidos los registros de carga

de combustible del segundo semestre del año 2022 donde puede evidenciarse una tendencia con algunas cargas particulares como se observa en la Imagen 11.

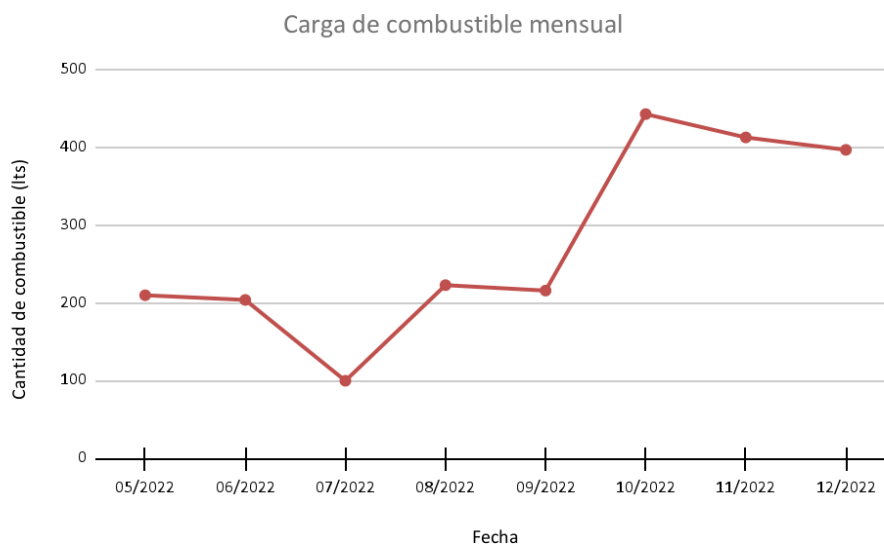


Imagen 11. Combustible cargado en el segundo semestre 2022, General Lagos. Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que en los meses de Mayo, Junio y Julio la carga de combustible fue quincenal, mientras que en los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre se cargó la misma cantidad de combustible semanalmente.

La recolección de residuos domiciliaria se realiza con una modalidad mixta, la cual cuenta con 12 contenedores ubicados en barrios cerrados y periféricos (Don Orione, Justo José del río, La costa, Puerto Paraíso, Villa Manuel y Luchini), el resto de la localidad cuenta con recolección por acera, siendo el prestador del servicio el mismo municipio. La ciudad se divide en dos zonas o rutas que son recorridas tres veces por semana cada una, únicamente en turno de 4 a 10 de la mañana, excepto el barrio Pasarelli, marcado en azul, que sólo es recorrido los lunes y viernes, tal como puede verse en la Imagen 12.

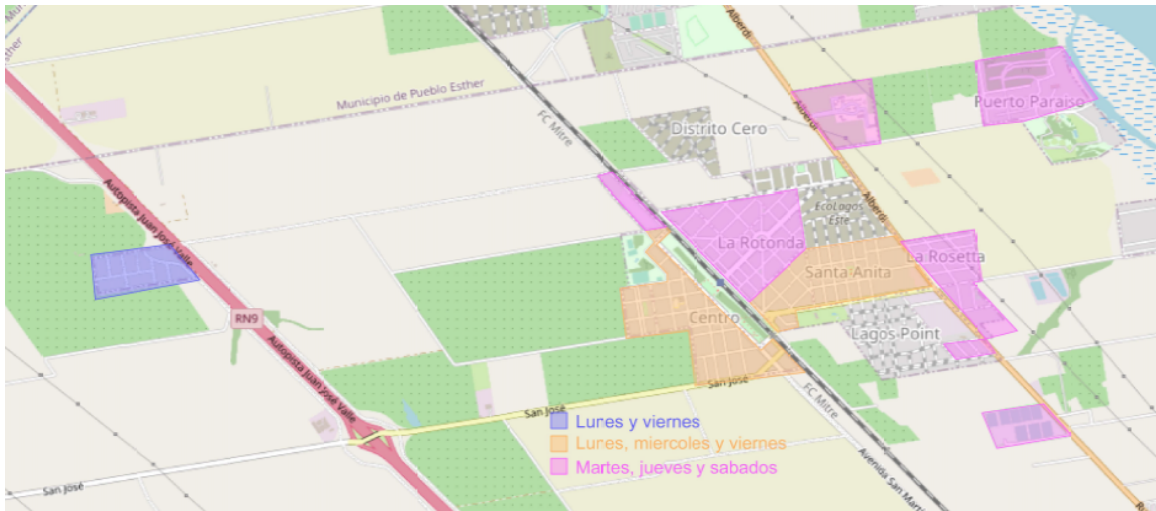


Imagen 12. Sectorización de General Lagos. Fuente: Elaboración propia.

El personal encargado de la recolección domiciliaria está conformado por un chofer, Diego Rapela, quien lleva manejando el camión desde marzo de 2020, y dos recolectores. El mismo fue previamente capacitado en el marco del Programa de capacitación ambiental⁸ acerca de las técnicas seguras y eficientes de manejo, sin embargo, no se especifica cuáles de estas técnicas son implementadas actualmente. Según informan desde la localidad, periódicamente son capacitados en materia de Higiene y Seguridad, además de una reciente capacitación por parte de la Comunidad RIL⁹, en su programa Gobierno y Coordinación.

El vehículo cuenta con sistema de seguimiento satelital (Control 24) sin embargo, al momento del desarrollo del presente informe no pudieron ser obtenidas las rutas que se desarrollan y sus respectivos reportes. A pesar de ello, se informó que normalmente no se lleva un registro de los tiempos de ralentí, sin embargo se realizan revisiones de rutas periódicamente y se actualizan los recorridos en función de la ampliación de la trama urbana.

Es por esto que se simuló un recorrido teórico de 57 km para los días que se dirige a disposición final (Lunes, Miércoles y Viernes) y otro de 20 km para los días

⁸ Ministerio de Ambiente y Cambio Climático de Santa Fe 2022.

⁹ Red de Innovación Local, asociación civil que trabaja para mejorar las capacidades de gestión de los gobiernos locales.

que solo se hace recolección (Martes, Jueves y Sábado), a partir de un recorrido registrado que pudo descargarse de un día Sábado según Imagen 13.

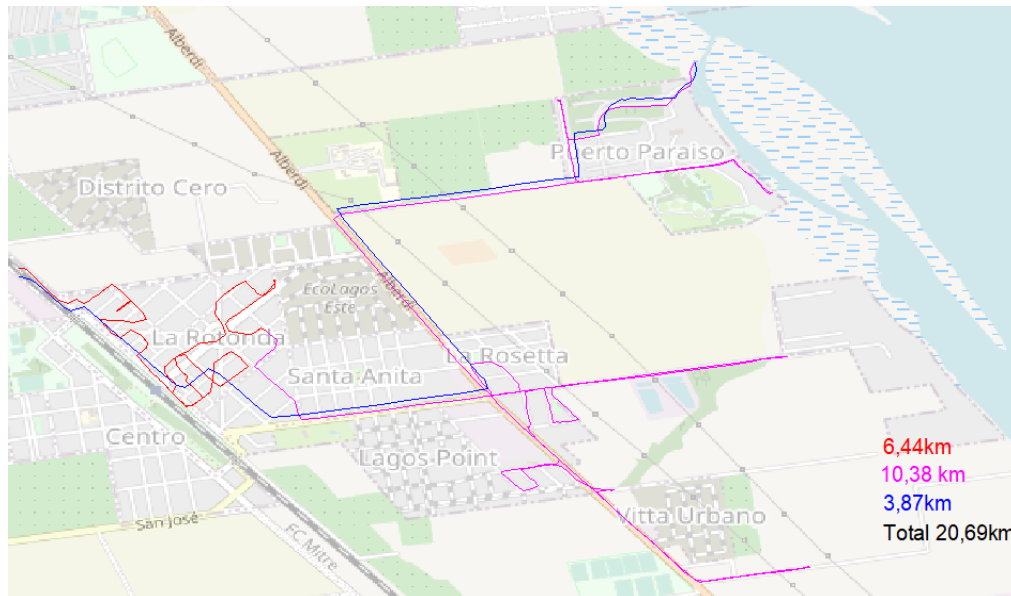


Imagen 13. Recorrido registrado Sábado 1 de Julio, General Lagos. Fuente: Elaboración propia.

En función de dicho recorrido pudo calcularse un consumo de combustible cada 100 kilómetros recorridos, los cuales se presentan a continuación en la Imagen 14.

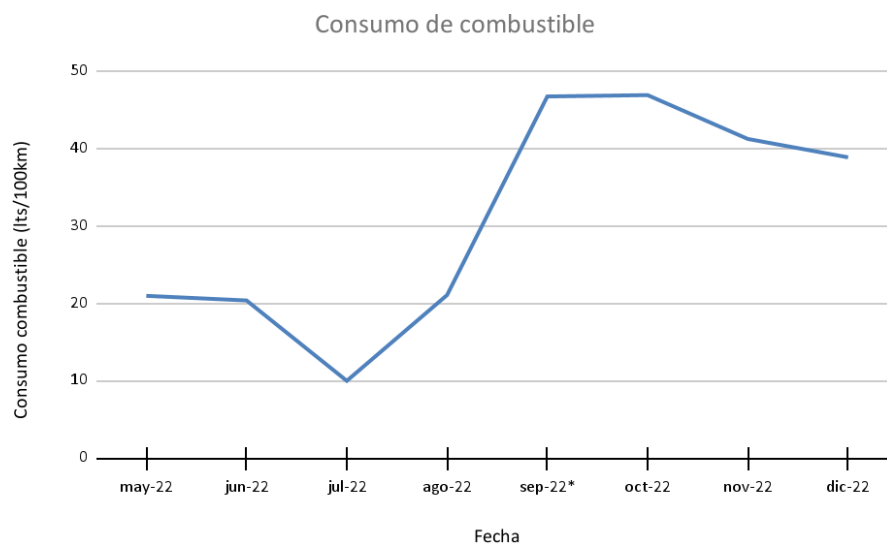


Imagen 14. Consumo de combustible en el segundo semestre 2022, General Lagos. Fuente: Elaboración propia.

Puede observarse una tendencia para los últimos meses del año con consumos medios de 40 lts/100km.

Luego, fueron entregados los registros mensuales de control interno de la comuna sobre las toneladas dispuestas en 2022 y los primeros meses de 2023 en GIRSU VGG según Imagen 15, a pesar de que desde el relleno no se extiende ningún ticket de descarga. Este registro interno surge del pesaje en una balanza de un privado previo y posterior al recorrido urbano de recolección, lo cual genera recorridos adicionales y tiempos improductivos para el equipo y personal. Tampoco se registran las fechas de ingreso a disposición final, aunque desde la localidad afirman que los transportes se realizan sólo los días lunes, miércoles y viernes.

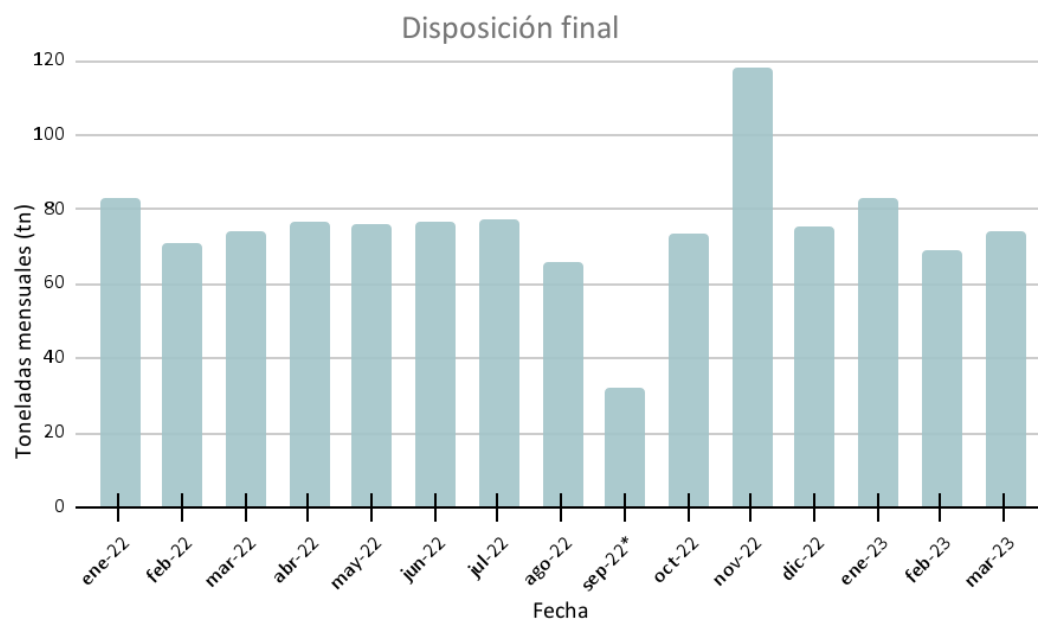


Imagen 15. Toneladas mensuales dispuestas en 2022 y 2023, General Lagos. Fuente: Elaboración propia.

Durante el mes de Septiembre se ve una baja en las toneladas dispuestas debido a una falla en el camión recolector. Por lo tanto los residuos se almacenaron en cavas de la localidad y en el mes de Noviembre fueron transportados a GIRSU VGG.

En función de este registro de toneladas dispuestas se calculó un consumo unitario (lts.h/km.tn) donde *lts* expresa el combustible consumido a lo largo de cada mes según los registros entregados; *h* es el tiempo total mensual que el camión está en funcionamiento. Sin embargo, al no contar con estos registros se consideró el vehículo permanece encendido durante toda la jornada de trabajo, la cual dura 6 horas¹⁰; y *km* y *tn* son los recorridos y cantidad de residuos dispuestos a lo largo de cada mes respectivamente. Al no contar con registros satelitales del vehículo se consideró el recorrido teórico mencionado anteriormente, sabiendo que sólo se dirige a disposición final tres veces por semana. Los resultados se muestran según Imagen 16.

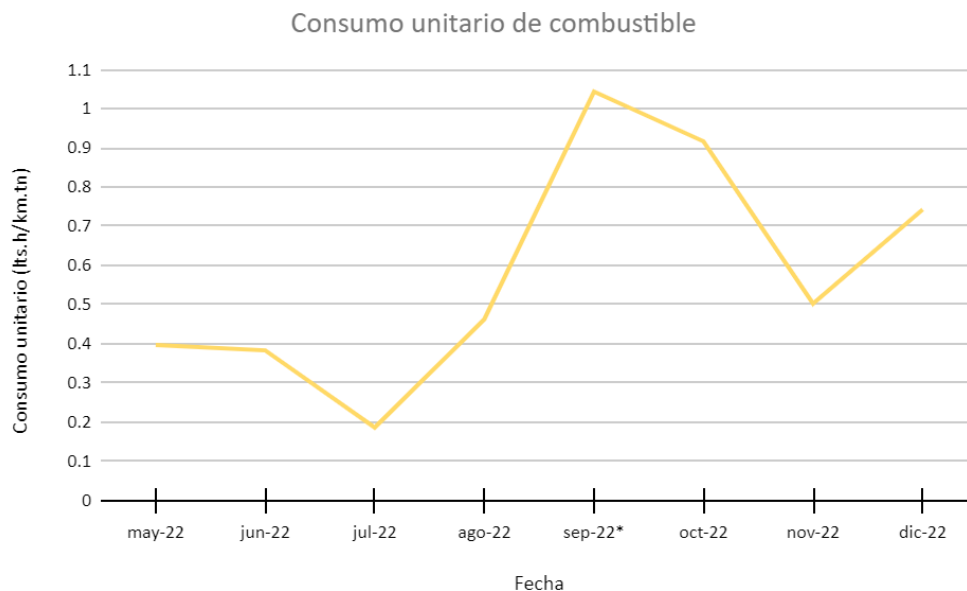


Imagen 16. Consumo unitario de combustible en el segundo semestre de 2022, General Lagos.

Fuente:Elaboración propia.

Cabe aclarar que para el consumo unitario de septiembre se considera la mitad de los días debido a la falla del camión mencionada anteriormente, con lo cual se recorrieron menos kilómetros y se llevaron menos residuos a disposición final. Consecuentemente, se tiene una disminución del indicador en el mes de noviembre al

¹⁰ Según autoridades de la localidad.

aumentar las toneladas transportadas, ya que se dispusieron aquellos residuos que se encontraban en cavas desde septiembre.

En cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero, pueden calcularse las emisiones de CO₂ mensuales (kgCO₂), según Imagen 17, mediante la siguiente fórmula teniendo en cuenta que el factor de emisión de CO₂ para gasoil es 2,61 kgCO₂/litro¹¹.

$$Emisión\ CO_2\ (kgCO_2) = Factor\ emisión\ CO_2\ (kgCO_2/lts) \cdot Consumo\ (lts)$$

Donde el consumo de combustible se extrae de los registros entregados.

Luego, se calcularon las emisiones de CO₂ unitarias por kilómetro (kgCO₂/km) considerando el recorrido teórico mensual sabiendo que el vehículo solo se dirige a disposición final tres veces por semana, según Imagen 18.

Finalmente, se grafican, según Imagen 19, las emisiones unitarias por tonelada dispuesta (kgCO₂/tn) en base a los controles internos entregados.

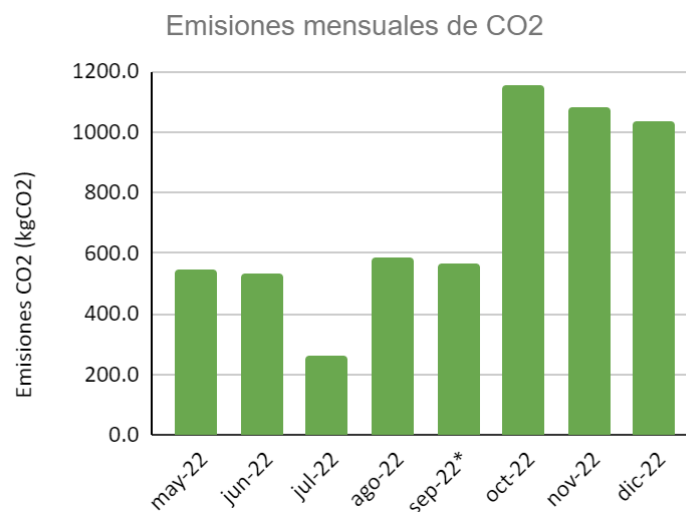


Imagen 17. Emisiones mensuales de CO₂ (kgCO₂), General Lagos. Fuente: Elaboración propia.

¹¹ Guía práctica para el cálculo de emisiones de efecto invernadero (GEI) Versión 2011, Oficina Catalana de Cambio Climático.

Emisiones unitarias de CO₂

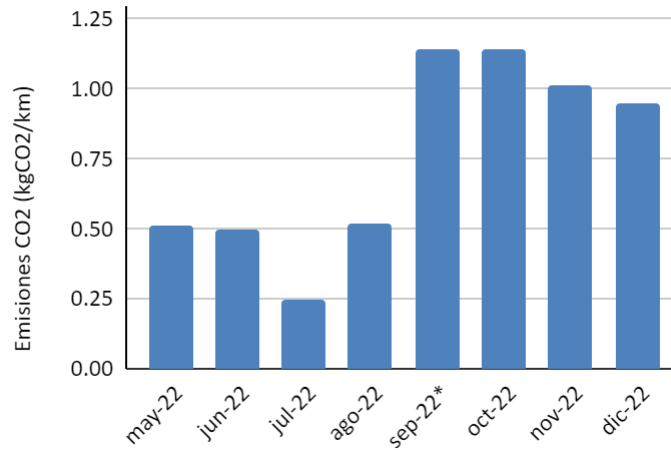


Imagen 18. Emisiones unitarias de CO₂ (kgCO₂/km), General Lagos. Fuente: Elaboración propia.

Emisiones unitarias de CO₂

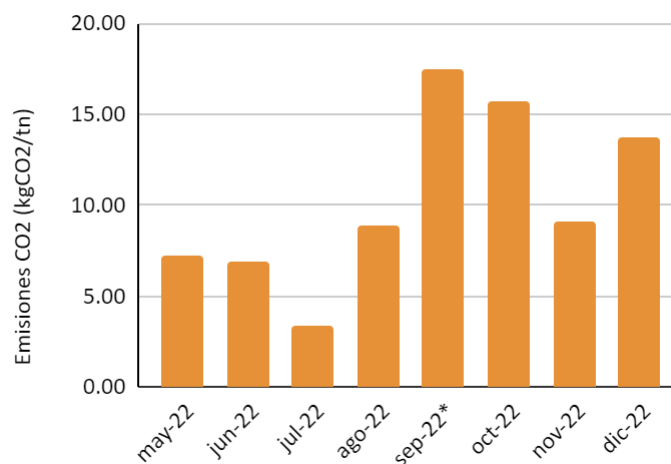


Imagen 19. Emisiones unitarias de CO₂ (kgCO₂/tn), General Lagos. Fuente: Elaboración propia.

Dado que el camión recolector estuvo fuera de servicio durante la mitad del mes de septiembre, se tiene un pico en ambas emisiones unitarias calculadas en dicho mes, ya que se registran cargas de combustible similares a meses anteriores pero muy baja cantidad de kilómetros recorridos y toneladas de residuos dispuestas. Además, se observa un aumento en las emisiones unitarias de los últimos meses del año debido a los altos consumos de combustible, sin embargo, en noviembre se tiene un aumento la toneladas dispuestas de residuos (correspondiente a la porción no

trasladada en septiembre) con lo que las emisiones unitarias por tonelada son menores en este mes, a comparación de octubre y diciembre.

Mantenimiento.

Se realizan mantenimientos preventivos sobre la unidad como limpieza y engrasado de las partes móviles de forma semanal aproximadamente, sin embargo no se lleva registro cronológico exacto de los mismos así como tampoco del mantenimiento correctivo. Por otro lado, recientemente se implementó la verificación diaria del vehículo mediante un check list previo al inicio del recorrido.

Oportunidades de mejora / Hallazgos

A partir del análisis y caracterización de ambas localidades se proponen medidas para que éstas apliquen en un futuro cercano, principalmente para sistematizar la información, detectar situaciones particulares y poder actuar sobre ellas, como así también, acciones sobre el factor humano involucrado en el proceso.

Para mejorar el ordenamiento se discretizó el análisis en las mismas categorías discriminadas para el diagnóstico: vehículo, operación y mantenimiento.

Vehículo.

Para esta categoría no se han identificado medidas urgentes para implementar de manera inmediata. Sin embargo, se detectan acciones a abordar en una etapa posterior. Estas medidas se desarrollan de manera específica en el apartado correspondiente a la hoja de ruta.

Es fundamental tener en cuenta que, aunque estas medidas no sean consideradas de urgencia, su importancia no se vea disminuida. Las mismas serán abordadas en el momento adecuado, para garantizar una gestión efectiva y completa en la recolección y transporte de residuos.

Operación.

Tomando de base la operación actual, se observa falta de sistematización de datos claves para la generación de indicadores. La regularización del circuito de la información, permitiría calcular periódicamente los indicadores tratados en este

informe y llevar un seguimiento de los mismos, detectando cambios en la actividad y actuar en base a estos.

Es por esto que se propone, como primera medida, la implementación de un sistema de registro en cada vehículo mediante el uso de planillas. Las mismas se utilizarán para registrar datos simples al inicio y final de cada jornada, así como en cada carga de combustible, tanto en vehículos propios como en las unidades alquiladas.

a. Registro de combustible.

Se propone establecer un registro físico de combustible para cada vehículo. Es fundamental que el mismo siempre se encuentre disponible dentro de la unidad y se renueve mensualmente para mantener un seguimiento de los indicadores.

Se busca que los datos a completar sean sencillos y concisos al momento de hacer una nueva carga de combustible.

En el anexo N° 3 se incluye un instructivo para “1.1 Planilla de combustible”, donde se brinda una guía clara sobre cómo se debe completar correctamente la planilla, asegurando la recopilación adecuada de datos.

b. Registro diario.

Se plantea implementar otra planilla física que se mantenga dentro de la unidad. La misma se completa con datos sencillos al inicio y fin de cada jornada, permitiendo un seguimiento preciso de las distancias recorridas, las horas dedicadas y la cantidad de residuos dispuestos.

Análogamente al registro de combustible, se agrega en el anexo N° 3 un instructivo correspondiente a la planilla “1.2 Registro diario”, donde se explica en qué momento debe completarse cada dato.

c. Registro de GPS.

Si bien la tecnología permite realizar un seguimiento en tiempo real del recorrido de las unidades a través de los sistemas de rastreo por GPS, se recomienda contar con una base de datos consistente en la descarga de estos recorridos. A partir

de esta información se facilita la obtención estadística en relación a los tiempos de parada, ralentí y tiempos totales en los cuales el motor está en funcionamiento, además de los recorridos y las distancias desarrolladas.

d. Sensibilización y capacitación al personal

La conducción eficiente supone un mayor conocimiento por parte del conductor de las características y posibilidades tecnológicas de su vehículo, para aprovechar mejor el potencial que ofrecen, así como la incorporación de buenas prácticas, haciendo foco en los niveles de consumo con el fin de reducirlo y aumentar la sustentabilidad. Se parte de la hipótesis que para conducir de modo eficiente, la sensibilización y la capacitación al personal desempeñan un papel fundamental al fomentar prácticas más sostenibles en el sector del transporte. La educación sobre los problemas asociados con el consumo excesivo de energía y los beneficios de las soluciones eficientes puede inspirar cambios de comportamiento en los conductores de transporte.

Entre los beneficios de la sensibilización y la capacitación se puede identificar una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, un ahorro de la energía y de los recursos naturales, además de una reducción de los costos de operación.

La sensibilización consiste en un proceso de formación que busca concienciar a las personas sobre una determinada situación, en este caso específico, la conducción eficiente, generando una emoción que estimule un cambio de acción. Se supone que gracias a la sensibilización los conductores asumirán comportamientos más responsables y eficientes en la vía. La capacitación implica un cambio de comportamiento y proporciona a los conductores las habilidades y el conocimiento para adoptar prácticas más sostenibles. La capacitación no sólo debe cubrir aspectos específicos sobre técnicas de conducción sino que también se debe abordar el tema de actitudes y disposiciones para llevar a cabo correctamente el trabajo. Asimismo, es recomendable llevar a cabo evaluaciones periódicas para medir el impacto de los programas de sensibilización y capacitación en eficiencia energética en el transporte.

Se sugiere incluir un seguimiento de los resultados en periodos posteriores a la capacitación, como por ejemplo, informes regulares del conductor sobre su desempeño. Estas evaluaciones deben incluir la recopilación de datos sobre el consumo de combustible, las emisiones de GEI, y los ahorros económicos obtenidos. Con base en los resultados, se pueden ajustar las estrategias y mejorar los programas existentes.

Particularmente para la ejecución de este trabajo, se proponen reuniones de formación en conducción eficiente, con el objetivo de sensibilizar y capacitar al personal. Específicamente, se pretende formar al personal e involucrar en la promoción y generación de acciones sostenibles en el manejo eficiente, a través de acciones para implementar un mejor uso de los vehículos para cuidado del medio ambiente, y menor uso de los recursos.

Las sesiones se proponen llevar adelante a través del siguiente esquema: dos encuentros de 1,5 horas de duración cada uno.

Primer Día

- Presentación
- Introducción a la sostenibilidad y cuidado del medio ambiente y manejo eficiente
- Identificación de fortalezas y debilidades en la práctica de conducción
- Desarrollo de los instructivos y de las planillas

Segundo día

- Socialización de la Guía de gestión eficiente para el transporte de cargas
- Análisis y puesta en común de la experiencia y circuito de llenado de planillas
- Plenario - Cierre

En el primer encuentro, se sugiere una introducción al tema de la sostenibilidad y cuidado del medio ambiente, para sensibilizar acerca del fundamento de esta capacitación y conversar acerca del modo en que se realiza la conducción. Por un

lado, identificar aquellas prácticas de manejo que es preciso sostener porque promueven un cuidado y aquellas que es recomendable modificar. Posteriormente, una capacitación centrada en las prácticas eficientes de manejo, siguiendo la Guía de gestión eficiente para el transporte de cargas, haciendo foco además, en las ventajas tanto individuales como colectivas que estas prácticas pueden generar. Se llevará a cabo una presentación sobre los instructivos y el correcto llenado de las planillas. Los participantes tendrán un período de tiempo entre una reunión y la siguiente, con el propósito de poder experimentar con las planillas e identificar dificultades en el circuito de llenado.

En el segundo encuentro, de 1,5 horas de duración, se continuará con los temas de la Guía de gestión eficiente para el transporte de cargas, además, de saldar dudas e inquietudes en relación al llenado, dificultades y propuestas para las planillas de recolección de información. Se finaliza con un plenario de puesta en común de experiencias entre los participantes.

A solicitud de las localidades, estos encuentros se unificaron en una sola jornada de mayor duración para no alterar significativamente el horario de trabajo del personal operativo.

e. Indicadores y seguimiento

A partir de la información recolectada en las planillas 1.1 y 1.2, se podrán procesar los datos en una hoja de cálculo de indicadores donde se accederá a la evolución de los mismos mes a mes, se podrán detectar anomalías y actuar en consecuencia.

La representación gráfica del comportamiento periódico de los indicadores, posibilita apreciar las diferencias que se presentan en vehículos de iguales características y condiciones de explotación, e incluso la variación de un mismo vehículo a lo largo del tiempo, facilitando el análisis y la toma de decisiones.

Se incluye en el anexo N°3 un instructivo correspondiente a “1.3. Planilla de cálculo de indicadores”, donde se especifica el procedimiento para que el personal de

soporte del municipio pueda completar la planilla de manera precisa y realizar un seguimiento adecuado de los indicadores correspondientes.

Mantenimiento.

Las actuales acciones de mantenimiento son reactivas sin ningún tipo de planificación sistemáticas, con lo cual se propone inicialmente implementar un registro de sistematización elemental de mantenimientos correctivos y realizar chequeos sencillos a los vehículos previo al inicio del recorrido diario con el objeto de hacer un seguimiento de las unidades, generar un registro de roturas y evitar posibles accidentes en las vías de circulación.

a. Mantenimiento correctivo.

Se propone implementar un registro básico de los mantenimientos correctivos para tener un seguimiento en la periodicidad de roturas, establecer cuáles son las fallas más frecuentes, determinar una línea base de cada vehículo y poder implementar un plan de mantenimiento preventivo a futuro de manera acorde a cada uno.

En el anexo N° 3 se incorporan los instructivos correspondientes para “2.1. Planilla de mantenimiento correctivo” y “2.2. Lista de chequeo previo”.

Instancia de intercambio con personal de gestión y operativo.

General Lagos.

El día 2 de agosto se realizó una reunión en la Comuna de General Lagos con el personal de gestión, conformado por la vicepresidenta comunal Natalia Giovacchini, la asesora ambiental Mariel Maurutto y el encargado del área de maestranza Diego Stadler. En la misma se dieron a conocer la tendencia de los indicadores establecidos en el diagnóstico, las diferentes conclusiones a las que se arribaron y se estableció una instancia de intercambio con las autoridades de la situación actual de la comuna en materia de residuos y ambiente.

Luego se sumó a la reunión al chofer del camión recolector, Diego Rapela, para sensibilizar acerca de la problemática ambiental actual, eficiencia energética y

técnicas eficientes de manejo. Además, se presentaron las planillas propuestas y se dejó a consideración de las autoridades pertinentes la implementación de las mismas.

Se incluye en el anexo N° 4 la orden del día, una minuta del encuentro, registro de asistencia y un folleto informativo sobre técnicas eficientes de manejo, el cual fue entregado a cada participante.

Roldán.

El día 17 de agosto se llevó a cabo una instancia de intercambio en la municipalidad de Roldán con el personal de gestión, conformado por el intendente de la ciudad, Daniel Escalante, la subsecretaria de medio ambiente, Brenda Zaldivar, el supervisor del área de residuos urbanos, Sebastián Martín, quien se incorporó recientemente al equipo y el responsable del seguimiento de la actividad, Juan Manuel Herrera. Además, se contó con la participación del equipo técnico del ECOM, integrado por Marianela Motkoski y Sebastián de la Fuente.

En la misma se dieron a conocer los indicadores establecidos en el diagnóstico y las diferentes conclusiones a las que se arribaron, haciendo hincapié en el escaso de registro de información. Durante esta instancia surgió un debate con las autoridades acerca de la situación actual de la ciudad en materia de residuos y ambiente, y se manifestó una fuerte preocupación por la cantidad de residuos generados y los tiempos improductivos que experimentan los vehículos, durante los cuales no se realiza la tarea de recolección.

Luego, se procedió a tener un intercambio con parte del personal operativo, integrado por 4 recolectores y 2 choferes, donde se dió lugar a un espacio de charla donde pudieran expresar sus preocupaciones, disconformidades y dificultades que tienen a la hora de realizar la recolección diaria. Posteriormente, se entabló una conversación acerca de la problemática ambiental actual y el papel que juega el transporte, la eficiencia energética y las prácticas eficientes de manejo que implementan inconscientemente o que podrían aplicar en sus tareas diarias. Además,

se presentaron brevemente las planillas propuestas y se dejó a consideración de las autoridades pertinentes la implementación de las mismas.

Se incluye en el anexo N° 5 la orden del día, una minuta del encuentro, registro de asistencia.

Hoja de ruta

A continuación se presenta una guía para la implementación de medidas de mejora a largo plazo, las cuales forman parte de un plan general y son de vital importancia para optimizar el funcionamiento en las áreas mencionadas anteriormente.

En este plan de acción, se detallarán las medidas específicas que pueden ser tomadas para cada una de las categorías, enfatizando su importancia y los beneficios esperados. Esta guía representa una herramienta esencial para orientar las decisiones futuras y optimizar los recursos disponibles, asumiendo un compromiso para maximizar los resultados y lograr una mejora general en la eficiencia y sostenibilidad del sistema.

Vehículo.

Se plantean posibles medidas a adoptar para que el vehículo desempeñe una operación más eficiente energéticamente, permitiendo ahorrar en consumo de combustible y disminuyendo las emisiones de gases a la atmósfera.

a. Selección del vehículo adecuado

La elección adecuada del vehículo evaluando la operación del mismo influye notablemente en los costos futuros. Es importante, cuando se realice la compra de un vehículo, evaluar las condiciones a futuro a las que estará sometido el mismo.

Se puede optar por un vehículo con caja automática ya que son más eficientes en la gestión de la potencia y disminuyen los efectos de una conducción ineficiente. Esto permite reducir el consumo de combustible y las emisiones a la atmósfera en un

5%¹², implicando un ahorro mensual de aproximadamente \$33.000 para la localidad de Roldán y \$6.500 para la localidad de General Lagos (12 de Julio 2023).

Otra línea a tener en cuenta son las nuevas tecnologías aplicadas a la asistencia en la conducción, éstas pueden ser sistema start/stop, indicador ECO Drive, asistente de marchas, etc. Se permite reducir el consumo de combustible en un 15%¹¹, ahorrando mensualmente aproximadamente \$99.000 para Roldán y \$20.000 para General Lagos (12 de Julio 2023).

b. Mejora en la aerodinámica.

Se trata de incorporar deflectores que permitan que el aire sea desviado cuando el vehículo avanza, evitando el efecto de resistencia donde la fricción con el aire detiene el movimiento del mismo. Estos efectos serán más favorables cuando el vehículo adopte velocidades mayores a 70 km/h, con lo cual surtirá efecto únicamente al momento de efectuar los transportes de residuos a disposición final.

Las mayores oportunidades para mejorar la aerodinámica se dan en el espacio intermedio entre la cabina y la caja compactadora y en la parte inferior del vehículo, según Imagen 20.



- | | |
|---|--|
| 1 - Mejora aerodinámica del capó/parrilla | 5 - Deflector lateral - Extensión de la cabina |
| 2 - Paragolpes aerodinámicos | 6 - Pontón lateral de chasis |
| 3 - Espejos retrovisores aerodinámicos | 7 - Pontón lateral del tráiler |
| 4 - Deflector superior | 8 - Estabilizador de vórtice |

Imagen 20. Mejores ubicaciones para deflectores. Fuente: Elaboración propia.

El consumo de combustible que trae aparejado implementar estos deflectores es de aproximadamente 15%¹¹, lo que podría reflejar un ahorro mensual de \$99.000

¹² Guía de Gestión Eficiente para el transporte de carga interurbano; EMR, CIMPARG, Asociación Sustentar, IET, LEDSLAC.

para Roldán y \$20.000 para General Lagos (12 de Julio 2023) para largas distancias o trayectos rurales.

c. Tipo de combustible.

Otra mejora podría ser cambiar el tipo de combustible de diesel a biodiesel. La empresa FPT Industrial, fabricante de los motores FPT NEF 4 y 6, aprobó el uso de biodiesel B20 para los vehículos Iveco que posee la Ciudad de Roldán. Este cambio influiría en una reducción de las emisiones de gases en un 20%. Sin embargo, en Argentina se comercializa combustible con un menor porcentaje de corte, siendo el mínimo regulado por la Ley N° 27.640.

Cabe aclarar que el tipo de combustible con factor de emisión menor es el GNC/GNL con 1,94 kgCO₂/lts, sin embargo esto conllevaría un cambio más profundo en los vehículos adoptados.

d. Control de presión de neumáticos.

Los neumáticos con presiones menores a las adecuadas no sólo aumentan el consumo de combustible, sino que presentan un riesgo a la seguridad vial y la vida útil de los mismos. Es por esto que se propone implementar sistemas de monitoreo de presión que incluyan o no la calibración automática de la misma.

En caso que la inversión para adquirir estos sistemas sea considerable, se podría implementar una metodología de control manual de presiones, registrándolas en planillas para llevar un control.

Esto permitiría una reducción potencial del consumo de combustible en un 2%¹¹, implicando un ahorro mensual de \$13.000 para Roldán y \$2.500 para General Lagos (12 de Julio 2023).

Operación.

Se propone implementar un tercer indicador relacionado con las emisiones de gases de efecto invernadero que pondera las variables principales de la actividad (consumo de combustible, toneladas de residuos dispuestas y kilómetros recorridos). El mismo establece la cantidad de GEI's emitidos a la atmósfera de manera unitaria,

por kilómetro recorrido y tonelada de residuo dispuesta. Se calcula como se muestra a continuación,

$$Emisión\ CO_2\ (gr\ CO_2/km.\ tn) = \frac{Factor\ emisión\ CO_2\ (kg\ CO_2/lts) \cdot Consumo\ (lts) \cdot 1000}{Recorrido\ mensual\ (km) \cdot Toneladas\ mensuales\ dispuestas(tn)}$$

Donde, *Consumo (lts)* = Cantidad de combustible cargado mensualmente

Establecer una línea base de la flota a partir de datos previos, luego implementar medidas de eficiencia en la recolección y realizar un seguimiento de este indicador permite observar una evolución en el desempeño ambiental de los vehículos y de la actividad y el impacto económico que esto genera como consecuencia.

Mantenimiento.

Finalmente, una vez que el registro de mantenimiento correctivo sea implementado con éxito, se sugiere insistir con acciones preventivas sobre los vehículos y mantener un registro de los mismos.

Luego, ambos registros de mantenimiento posibilitan la generación de indicadores de operatividad, de relación entre tiempos que el vehículo permanece inutilizable debido a estos trabajos y tiempos en los cuales se encuentra disponible para efectuar el servicio.

A continuación se resumen todas las medidas posibles a aplicar, indicando de manera cualitativa los potenciales impactos de su implementación en 3 dimensiones: plazos, costos y reducción de emisiones.

| Plazos | Costos | Reducción emisiones |
|--------|--------|---------------------|
| Corto | Bajo | Altas |
| Medio | Medio | Medias |
| Largo | Alto | Bajas |

| Medidas | Plazos | Costos | Reducción emisiones |
|--|--------|--------|---------------------|
| Registro de combustible | Green | Green | Yellow |
| Registro diario | Green | Green | Yellow |
| Registro GPS | Green | Green | Yellow |
| Sensibilización y concientización al personal | Green | Green | Red |
| Cálculo de indicadores y seguimiento de los mismos | Green | Yellow | Yellow |
| Registro mantenimiento correctivo | Green | Green | --- |
| Chequeo previo de los vehículos | Green | Green | Yellow |
| Selección del vehículo adecuado | Red | Red | Red |
| Mejora en la aerodinámica | Yellow | Yellow | Yellow |
| Cambio de tipo de combustible | Yellow | Green | Green |
| Sistematización del control de presiones en neumáticos | Green | Green | Yellow |
| Plan de mantenimientos preventivos | Red | Yellow | Green |

Bibliografía

Ente de la movilidad de Rosario, Comisión público privada de sustentabilidad ambiental, Asociación Sustentar, Instituto de Estudios de Transporte, LEDS LAC, Rosario (Junio de 2021). Guía de gestión eficiente para el transporte de carga urbano.

URL:

<https://www.cimpar.org.ar/wp-content/uploads/2022/07/Guia-Transporte-carga-Urbano-Cimpar.pdf>

Instituto para la diversificación y ahorro de la energía, España (Septiembre de 2002).

Manual de conducción eficiente para conductores del parque móvil del Estado. URL:

https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_manualPME_6bc54e20.pdf

Instituto para la diversificación y ahorro de la energía, España (Enero de 2006). Guía para la gestión del combustible en las flotas de transporte por carretera. URL:

https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/documentos_10232_guia_gestion_combustible_flotas_carretera_06_32bad0b7.pdf

Instituto para la diversificación y ahorro de la energía, España (Noviembre de 2005).

Manual de conducción eficiente para conductores de vehículos industriales. URL:

https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10297_TREATISE_ConduccionEficienteVehIndustriales_A2005_2ad0233c.pdf

Dirección de Energías Renovables, Dirección Nacional de Generación Eléctrica, Subsecretaría de Energía Eléctrica, Secretaría de Energía de la Nación, Argentina (Noviembre de 2021). Guía de conducción eficiente para vehículos livianos. URL:

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia_vehiculos_livianos_30-09_1.pdf

Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética Secretaría de Energía Ministerio de Hacienda de la Nación, Argentina (Enero de 2019). Guía de gestión eficiente para el transporte automotor de cargas de la República Argentina. URL:

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia_gestion_eficiente_de_flotas_2019.pdf



Instituto del Transporte, Universidad Nacional de San Martín (2016). Lineamientos para la eficiencia energética y el desarrollo de bajo carbono en el Transporte Automotor de Cargas. URL: https://www.unsam.edu.ar/institutos/transporte/publicaciones/Lineamientos%20para%20EE%20en%20TAC%20_%20IT%20UNSAM.pdf

Cercarbono (Marzo de 2021). Metodología para proyectos de reducción de emisiones de GEI mediante la mejora de eficiencia por cambio de combustible en el transporte terrestre. URL: <https://www.cercarbono.com/wp-content/uploads/2020/12/2020.12.24-Metodolog%C3%A9a-Transporte-V1.1.pdf>



Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
Av. Pellegrini 250. S2000BTP Rosario. Sta. Fe

ANEXOS

INSTITUTO DE ESTUDIOS DE TRANSPORTE

Riobamba y Berutti. Ciudad Universitaria Rosario. 2º piso IMAE.

+54 0341 485-2810

iet@fceia.unr.edu.ar / <https://iet.fceia.unr.edu.ar>