

Guía de Registro de Datos

Recomendaciones para el registro de datos y generación de indicadores para el transporte de carga terrestre.



Agencia de
Sostenibilidad
Energética



Girolimpio
la ruta verde para Chile



La Agencia de Sostenibilidad Energética

A través de su Programa Giro Limpio, agradece la colaboración en el desarrollo de la presente Guía a los siguientes profesionales:

Documento desarrollado por:

Agencia de Sostenibilidad Energética

Autores:

Carolina Parra, Agencia de Sostenibilidad Energética
Fernanda Cabañas, Agencia de Sostenibilidad Energética
Francisca Barriga, Agencia de Sostenibilidad Energética
Francisca Troncoso, Agencia de Sostenibilidad Energética

Revisión:

Cristina Victoriano, Agencia de Sostenibilidad Energética
Matías Vera, Agencia de Sostenibilidad Energética
Diana Mora, Agencia de Sostenibilidad Energética
Víctor Toro, Agencia de Sostenibilidad Energética

Diseño:

Tamara Osses

Derechos reservados
Prohibida su reproducción
Publicación: Mayo 2022

Contenido

1. Introducción: la eficiencia energética y el registro de datos
2. Requerimientos mínimos de información
3. Indicadores y reportes
4. Herramientas de gestión energética: los sistemas de telemetría
5. Plataforma Giro Limpio y su integración con sistemas de telemetría
6. Conclusiones y recomendaciones para los registros de datos
7. Referencias



1.

Introducción: la eficiencia energética y el registro de datos

Esta guía presenta recomendaciones y herramientas para que las empresas de transporte de carga terrestre mantengan buenas prácticas de **registro de datos** que permitan promover y fortalecer la **eficiencia energética** y gestión de la energía en el sector.

El registro de datos y su posterior análisis permite conocer en detalle las operaciones de las flotas, vehículos y conductores. Con la información recopilada y sistematizada se facilita el cálculo de indicadores para realizar un correcto seguimiento de la gestión energética e identificar oportunidades de mejora.

El consumo de combustible es un componente esencial en el desarrollo de un **programa de eficiencia energética** en las empresas de transporte, el que depende y se ve afectado por variables y condiciones específicas de cada operación, como lo son el peso de la carga, distancia recorrida y el tipo de ruta (por ejemplo, urbana o interurbana). Por esta razón, la existencia de

registros continuados detallados y consistentes de las operaciones son la base de la implementación y seguimiento de programas de mejoramiento.

La mayor parte de las empresas de transporte cuentan con sistemas de registro de sus operaciones de algún tipo, con diferentes grados de profundidad y desarrollo: desde planillas de Excel hasta sistemas de telemetría. En este aspecto, la guía propone un sistema de **registro de datos** para avanzar hacia la eficiencia energética y además presenta los beneficios de mantener un **sistema de telemetría** para promover la toma de decisiones más efectiva.

Por último, aborda como caso de estudio, la integración de los sistemas de telemetría en la **Plataforma de Giro Limpio** como una herramienta exitosa para el registro de datos para lograr la eficiencia energética de empresas transportistas.

2.

Requerimientos mínimos de información

El diseño de un programa de eficiencia energética requiere del registro y seguimiento de una gran cantidad de variables y datos que deben recogerse durante la ejecución de las operaciones. Algunos datos básicos y mínimos para recopilar corresponden a la distancia recorrida, combustible consumido y tonelaje movilizado. Sin embargo, capturar el peso y la distancia real que recorre una carga puede ser sorprendentemente difícil de conseguir [1] sin un sistema como el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

Las siguientes secciones ofrecen un enfoque para registrar los datos y la relevancia de cada uno de ellos.

Distancia real recorrida

El kilometraje recorrido por la flota es una variable independiente que afecta de manera directa el consumo de combustible. Además, corresponde a un indicador básico y fundamental en la gestión energética y para muchos otros aspectos de una empresa de transporte. El registro por cada tramo de viaje permite asegurar un alto grado de precisión y detectar discrepancias y oportunidades de mejora.

Existen diversas formas de conocer la distancia real recorrida:

- Por medio de la lectura del odómetro antes de comenzar el viaje y al finalizarlo.
- Algunos vehículos disponen de un **cuentalómetros** de viaje. En estos casos se debe reiniciar el contador al comenzar el viaje.
- Por medio de un GPS. A la vez, un servicio de telemetría que cuente con GPS permite mantener registro histórico combinado con otros indicadores obtenidos directamente del computador de un camión.

Distancia planificada

Por lo general los cargamentos se consolidan para aprovechar la capacidad de carga de los vehículos y su eficiencia. En consecuencia, es probable que la carga recorra distancias mayores comparada con la ruta más directa para un cargamento en específico[1]. El uso de un **software de planificación de rutas** permite que la distancia planificada tienda a ser la distancia más corta al tomar en cuenta las condiciones de operación real con lo que se pueden evitar, por ejemplo, zonas congestión, accidentes y restricciones. Para más información puede revisar la referencia [3].

Distancia más corta posible

Corresponde a la distancia más corta entre dos lugares. Esta distancia no refleja las condiciones de operación reales (por ejemplo, como las restricciones de peso y altura o congestión) por lo que su uso no es óptimo.

Distancia recorrida en vacío

Los kilómetros vacíos son la distancia recorrida por un vehículo sin transportar carga. También se les conoce como kilometraje no comercial.

Cuando hablamos de empresas de transporte, es inevitable que en algún momento funcionen sin carga. El problema radica en que esta acción se produce de forma repetida y a grandes distancias, ya que al momento de calcular el gasto de combustible por kilómetros se debe sumar el costo de estos viajes. Además, tener claridad de estas distancias en vacío podría permitir generar nuevas oportunidades de negocio para transportar carga o estrategias para reducir los viajes. Para más información revisar la referencia [3].

Distancia (o kilometraje) comercial

La creación de valor asociada con la actividad de transporte ocurre sólo cuando los vehículos se mueven con carga a bordo y por el que se cobra una tarifa, lo que se denomina kilometraje comercial.

La relación entre el kilometraje comercial y el kilometraje no comercial es un componente importante de la economía de operación de flotas y por lo mismo debe ser preocupación constante de las personas responsables de su gestión. Éste debe permanecer bajo constante observación, siempre con el objetivo de reducirlo, principalmente considerando nuevas y más eficientes maneras de organizar los movimientos de los vehículos, los cambios de turno, las cargas de combustible, las visitas de mantenimiento, etc.

De acuerdo con el programa SmartWay de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA, por sus siglas en inglés), la planificación de carga y la optimización dentro de una empresa, podrían generar ahorros de entre un 5% y 15% en combustible [2]. Mientras que la asociación con otras compañías transportistas podría generar ahorros de un 20% del costo o más. Para más información revisar la referencia [3] el brochure de Planificación de Ruta.

Como todos los datos e indicadores empleados para hacer seguimiento de la eficiencia de la flota, es preciso mantener registros de kilometrajes comerciales y no comerciales a nivel de vehículos y de flota, posiblemente también a nivel de conductores, ya que en ocasiones realizan movimientos de naturaleza no comercial en sus

viajes, tales como hacer sus detenciones de descanso o de comidas, o para realizar actividades personales en puntos fuera de la ruta designada.

Tonelaje movilizado por viaje (o promedio de viajes)

Corresponde al peso real o, en su defecto, estimado de la carga transportada. El peso además corresponde a una variable independiente que impacta sobre el consumo de combustible. Cuando se considera la gestión ambiental, el peso debe incluir el empaquetado. La información sobre el peso puede estar disponible en facturas y en los registros o bitácoras de viaje[1].

La carga movilizada puede ser un valor difícil de obtener o conocer de manera precisa, por lo que se recomienda el uso de sensores de carga. Sin embargo, dado que muchas operaciones en una empresa de transporte desarrollan viajes recurrentes con cargas equivalentes, lo que permitiría establecer un peso estandarizado o estimado para los viajes.

Combustible cargado

Cada vez es más importante mantener el respaldo de los registros de carga de combustible. Lo anterior ya que existe un interés creciente por determinar y reducir la huella de carbono corporativa y/o por productos de las empresas transportistas, además de las generadoras de carga a las que se les presta servicios de transporte. Estos documentos funcionan como respaldo del combustible consumido por la empresa. Esto puede realizarse por medio de los documentos emitidos por las estaciones de carga, recibos, sistemas de gestión de combustible, y/o el costo anual.

Combustible consumido

El consumo de combustible es el factor principal para registrar y gestionar la energía, corresponde a una variable dependiente que se ve afectada por variables independientes como la distancia recorrida, peso transportado, condiciones climatológicas, pendientes de las rutas, etc.

Los datos asociados a esta variable pueden ser obtenidos por medio de la lectura del tablero, estimado por el combustible cargado o bien la registrada por el sistema de telemetría o sistemas de registro asociados a tarjetas para la carga de combustible provistas por empresas comercializadoras de combustible. La obtención del consumo por medio del sistema de telemetría es la forma más precisa ya que registra el combustible inyectado al motor.

- La práctica de “estanque lleno” permite conocer el combustible consumido por un viaje en particular: los vehículos inician sus viajes con los estanques llenos y los llenan nuevamente al momento de hacer sus rendiciones, el combustible cargado al finalizar el viaje es equivalente a lo consumido. Esta práctica es útil cuando se quiere realizar un análisis específico de consumo de combustible ya que no se puede practicar de forma cotidiana en las operaciones del transporte de carga. Para más detalle revisar la referencia [4].

El consumo de combustible para los viajes sin carga también deben ser considerados ya que forman parte de la gestión energética global de las operaciones.

Tiempo en ralentí

Reducir el tiempo en ralentí es probablemente la forma más directa de reducir el consumo de combustible y mejorar la gestión energética. Un sistema de telemetría permite conocer con precisión el tiempo en ralentí de cada vehículo monitoreado, la hora y posición geográfica donde se genera el ralentí. Con la información anterior se podría generar un plan de reducción del ralentí específico para las condiciones en las que se presenta. Para más información de cómo gestionar el ralentí revisar la referencia [5].

Registro de mantenimiento del vehículo

El estado de un camión también tiene una incidencia en el consumo de combustible, por lo que mantener un registro de los mantenimientos, tanto preventivos como

Adicionalmente las empresas pueden desarrollar y administrar planillas checklist con información que deseen recopilar por cada viaje, como la que se muestra a continuación.



Figura 1. Ejemplo de requerimientos de información para un registro de datos

Mayor detalle en el registro de datos permitiría implementar controles de gestión y establecer metas claras en programas de mejoramiento. Estos datos se pueden llevar a análisis computacionales que generen recomendaciones y apoyen a la toma de decisión.



3.

Indicadores y reportes

Los datos registrados podrán ser utilizados para la obtención de indicadores y reportes de gestión de combustible y eficiencia energética. La empresa debe establecer una rutina de generación de indicadores con el objetivo de generar un entendimiento global del funcionamiento de la flota, identificar irregularidades y promover la toma de decisión informada.

Algunos indicadores que se pueden obtener a partir de los datos registrados son:

- Rendimiento de combustible.
- Tonelada-kilómetro (ton-km o tkm).
- Consumo de combustible por tonelada-kilómetro y emisiones por tonelada kilómetro.
- Ingresos por litro de combustible consumido.
- Ingresos por ton-km.
- Precio del combustible, porcentaje del combustible y porcentaje del combustible en el gasto total.

Para lograr el seguimiento de la eficiencia energética, es importante establecer una rutina de generación y análisis de los informes, que debe ser seguida de difusión al interior de la empresa, idealmente como parte de un programa de mejoramiento continuo de la eficiencia energética se debe incluir metas a cumplir en ciertos períodos.

A continuación, se describen los indicadores más relevantes a considerar en los reportes:

Rendimiento de combustible

El rendimiento se puede medir en la distancia promedio que se recorre por cada litro de combustible consumido, y su unidad de medida es km/L o, de forma equivalente, en litros consumidos por cada 100 km que se recorren (L/100 km). Este es el indicador de desempeño energético más frecuentemente usado en la industria del transporte en el país.

Algunas recomendaciones para considerar son:

- Se puede mantener este registro a nivel de vehículo, conductor, flota. Y por diferentes periodos de tiempo, por ejemplo: por un viaje, por mes o año.
- Ya que el estilo de conducción es factor determinante en el rendimiento, es necesario mantener registro a nivel conductor. Lo anterior puede ser complejo por lo que algunas empresas deciden hacer seguimiento a nivel de vehículo, aunque este sea operado por más de una persona.
- Se recomienda hacer seguimiento y realizar comparaciones por grupos de vehículos de



Figura 3. Conductora realizando inspección del vehículo

características similares, por ejemplo, marca, potencia de motor y antigüedad, y que realizan servicios y rutas similares.

Una de las deficiencias de este indicador es que no considera el factor carga transportada. Lo que puede llevar a interpretaciones incorrectas del mismo. Por ejemplo, un rendimiento bajo podría ser causa de un alto tonelaje transportado, sin embargo, puede ser atribuido erróneamente al estilo de conducción. Por otro lado, un rendimiento alto podría ser debido a la conducción eficiente acompañado de un bajo tonelaje transportado.

Viaje en vacío

Corresponde al porcentaje de kilómetros recorridos con el vehículo vacío, respecto al total de kilómetro recorridos.

Para calcular las ton-km totales para un periodo de tiempo (por ejemplo, un año) se deben sumar las ton-km de cada viaje:

$$\sum_{\text{viaje}=1}^n \text{ton} - \text{km} = \text{ton}_{\text{viaje } 1} \times \text{km}_{\text{viaje } 1} + \text{ton}_{\text{viaje } 2} \times \text{km}_{\text{viaje } 2} + \dots + \text{ton}_{\text{viaje } n} \times \text{km}_{\text{viaje } n}$$

La tonelada - kilómetro (ton-km o tkm)

Corresponde al indicador clave de para el transporte de carga y se define como una tonelada de carga transportada en un kilómetro. Este indicador incorpora tanto el peso de la carga como la distancia transportada. **La ton-km se utiliza como un “denominador común” coherente para expresar la eficiencia del transporte de carga.** Se puede calcular para un periodo de tiempo como un año calendario.

Las ton-km de un viaje se calculan de la siguiente manera:

$$\text{ton} - \text{km} = \text{toneladas} \times \text{kilómetros}$$



Ya que no siempre se cuenta con información relativa a cada uno de los viajes, es posible hacer estimaciones de la ton-km de dos formas:

1. Multiplicando las toneladas totales que se transportan por el promedio de kilómetros.
2. Multiplicando el promedio de toneladas por el total de kilómetros recorridos.

A continuación, se presenta un ejemplo de cómo calcular la ton-km y sus estimaciones aceptables y erróneas:

Viaje	Carga (toneladas)	Kilómetros	Ton-km
1	10	1.000	10.000
2	40	400	16.000
3	400	300	120.000
4	10	700	7.000
5	60	1.200	72.000
Total de ton-km (valor exacto)			225.000
Aproximaciones aceptables			
Multiplicando las toneladas totales que se transportan por el promedio de kilómetros			374.400
Multiplicando el promedio de toneladas por el total de kilómetros recorridos			374.400
Formas incorrectas de calcular la ton-km			
Multiplicando toneladas totales por kilómetros totales			1.872.000
Multiplicando promedio de toneladas por promedio de kilómetros			74.880

Tabla 1. Demostración de los enfoques de cálculo de las toneladas-kilómetro (ton-km).
Fuente: Global Logistics Emission Council Framework [1].

Nota: cada viaje se define como un tramo en el que se transportó una carga en específico. Si hay una parada en la que se descarga la mitad de la carga, entonces el siguiente viaje debe multiplicar la nueva carga por la distancia recorrida por la misma.

Así, una forma adecuada de obtener el total de ton-km corresponde a [1]:

$$tkm = \text{capacidad de carga (ton)} \times \text{factor de carga promedio} \left(\frac{\text{peso promedio de carga (ton)}}{\text{capacidad de carga del vehículo}} \right) \\ \times \text{distancia total (km)} \times \text{promedio de distancia con carga} \left(\frac{\text{distancia con carga (km)}}{\text{distancia total (km)}} \right)$$

Consumo de combustible por ton-km

Debido a que el consumo de combustible depende del peso transportado, el consumo por ton-km refleja de mejor forma el desempeño de los vehículos que el rendimiento (por ejemplo, en km/L) y tiene la ventaja de permitir comparaciones entre cifras de vehículos que han transportado cargas de diferente peso. Estas comparaciones deben ser realizadas para vehículos de características y operaciones similares. El consumo de combustible debe cubrir el viaje completo (ida y vuelta), aunque haya tramos sin carga.

Un ejemplo de cálculo sería una operación en una ruta de 500 km con carga de 25 toneladas en un sentido y retorno vacío, en la que se reporta un rendimiento de 2,65 km/L.

Ejemplo

Consumo de combustible:

$$\text{Consumo de combustible} = \frac{2 \times 500 \text{ km}}{2,65 \frac{\text{km}}{\text{L}}} = 377,4 \text{ L}$$

Ton-km:

$$25 \text{ ton} \times 500 \text{ km} = 12.500 \text{ ton} - \text{km}$$

Consumo de combustible por ton - km:

$$\frac{377,4 \text{ L}}{12.500 \text{ ton} - \text{km}} = 0,0302 \frac{\text{L}}{\text{ton} - \text{km}}$$

Lo anterior indica que se consumen 0,03 litros de combustible por cada tonelada que se movilizó un kilómetro, lo que equivale a 3 litros de combustible por cada 100 ton-km.

Indicador de gestión ambiental

kg CO_{2e} por ton-km

Dada la crisis climática en la actualidad y la necesidad tanto de calcular como de disminuir la huella de carbono, se hace necesario mantener registros del indicador de gestión ambiental que corresponde a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) expresados en kilogramos de CO₂ equivalente (kg CO_{2e}) por ton-km.

Para lo anterior, una vez que se tiene la información del consumo de combustible, éste se puede convertir en emisiones de GEI por medio de factores de emisión. El factor de emisión es una constante que define cuántos kilogramos de CO_{2e} son emitidos por unidad energética consumida, por ejemplo, por litro de diésel o por KWh de electricidad.

$$\text{Factor de emisión} = \frac{\text{kg CO}_2\text{e}}{\text{Litro de combustible}}$$

Estos valores pueden ser buscados en la literatura y dependen de la ubicación geográfica y del tipo de energía utilizada. Para el caso del diésel depende de procesos de extracción, procesamiento, transporte y refinación del combustible. El programa Giro Limpio utiliza factores de emisión publicados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) y validados por el Programa Nacional de Gestión del Carbono Huella Chile. El factor de emisión asociada al consumo de diésel, se presenta a continuación:

$$\text{Factor de emisión} = \frac{2,84 \text{ kg CO}_2\text{e}}{\text{Litro de diésel}}$$

Siguiendo el ejemplo anterior, a continuación, se muestra cómo calcular el indicador **kg CO_{2e} por ton-km**:

$$0,0302 \frac{\text{Litros de diésel}}{\text{ton-km}} \times \frac{2,84 \text{ kg CO}_2\text{e}}{\text{Litro de diésel}} = 0,0858 \frac{\text{kg CO}_2\text{e}}{\text{ton-km}}$$

Costo de operación por ton-km

Un vehículo con alta carga debiera tener un mayor consumo de combustible que un vehículo idéntico que realiza la misma operación, pero con menos carga. Eso debe tomarse en consideración al momento de calcular el costo de la operación. Para lo anterior se utiliza el indicador ton-km.

$$\text{Costo de operación} = \frac{\text{Costo de operación por kilómetro}}{\text{Cantidad de ton - km}}$$

A continuación, se comparan dos casos ejemplos donde se calcula el costo de operación para el mismo camión pero con diferente carga [6].

Caso 1:

Un camión con remolque que lleva una carga de 20 toneladas en terreno plano y los registros de operación muestran que esto cuesta \$600 pesos por kilómetro.

Entonces, el costo de operación por tonelada-kilómetro sería de \$600 dividido entre 20 toneladas:

$$\text{Costo de operación} = \frac{600 \text{ pesos}}{20 \text{ ton - km}} = \$30 \frac{\text{pesos}}{\text{ton - km}}$$

Caso 2:

El mismo camión transporta una carga única de 10 toneladas y opera a un costo de \$500 pesos por kilómetro.

$$\text{Costo de operación} = \frac{500 \text{ pesos}}{10 \text{ ton-km}} = \$50 \frac{\text{pesos}}{\text{ton-km}}$$

Conclusión: aunque la carga más pesada cuesta un poco más por kilómetro recorrido, transportarla en carretera cuesta en realidad \$20 pesos menos por tonelada-kilómetro.

Ingresos por litro de combustible consumido

Este indicador se genera por medio de la división entre los ingresos de la empresa y los litros de combustible consumidos. Su evolución refleja si los viajes realizados son más o menos rentables en términos de sus consumos de combustible.

$$\text{Ingresos por litro} \left(\frac{\text{pesos}}{L} \right) = \frac{\text{Ingresos de la empresa (pesos)}}{\text{litros de combustible consumidos (L)}}$$

Si el indicador tiende a la baja en un periodo, significa que se están realizando más viajes cuya relación de tarifa cobrada al consumo de combustible es menos favorable a la empresa. Algunos motivos de esto pueden ser que el precio del combustible ha subido o que los rendimientos de los viajes están disminuyendo.

Consumos agregados de combustible

El registro de los consumos agregados corresponde al total de litros de combustible consumidos por periodo de tiempo, típicamente mensual y anual, tanto a nivel de vehículos individuales como de flota. Esta es una herramienta de utilidad en un programa de eficiencia energética. La clave es la comparación de los valores que el indicador toma en diferentes periodos de tiempo. Si existen diferencias significativas estas deben ser investigadas, entendidas y explicadas; si se detectan anomalías, estas deben ser corregidas.

Conciliaciones de consumos agregado versus compras

Los consumos agregados de combustible a nivel de vehículos, a nivel de estaciones de carga y a nivel de empresa deben ser conciliados mensual y anualmente. Esto significa lo siguiente:

- Los totales de litros que las estaciones de carga reportan haber entregado a cada vehículo se deben conciliar con los totales de litros que los vehículos reportan haber consumido en el mismo periodo.

- Los totales de litros que cada estación de carga reporta haber entregado a todos los vehículos atendidos, ajustados por los inventarios de apertura y cierre del periodo, deben ser conciliados con los totales recibidos por la estación, debidamente respaldados por las respectivas facturaciones.
- Los totales de litros que todas las estaciones de carga reportan haber entregado a todos los vehículos atendidos, ajustados por los inventarios de apertura y cierre del periodo, deben ser conciliados con los totales recibidos por la empresa, debidamente respaldados por las respectivas facturaciones.

Precio del combustible y porcentaje del combustible en el gasto total

La evolución del precio del combustible y el porcentaje del combustible en el gasto total son dos indicadores que conviene seguir en conjunto. Es críticamente importante entender si las variaciones del porcentaje del gasto total que representa el combustible se deben a variaciones del precio o a variaciones de los rendimientos.

En este último caso, conviene diferenciar el análisis y determinar los grupos o categorías de viajes en los cuales se están produciendo las variaciones y si estas se deben a cambios en la composición de los viajes o a cambios en los rendimientos físicos por vehículo o por conductor.

Disponibilidad de flota y mantenimiento de los vehículos

Es apropiado que el programa de eficiencia energética haga seguimiento al mantenimiento de los vehículos. Lo anterior debido a que a menudo una disminución del rendimiento se puede correlacionar con un deterioro del vehículo o con una necesidad de mantenimiento. Un indicador útil es la disponibilidad de los vehículos, medida como el porcentaje de los días en que los vehículos han estado imposibilitados de operar debido a que se encontraban en taller para realizar las tareas de mantenimiento.

Control horas de mantenimiento

Se entiende como **mantenimiento preventivo**, el tipo de mantenimiento en el cual se verifica que el vehículo funciona correctamente y esto permite identificar cualquier fallo en su funcionamiento antes de que se produzca, siguiendo las recomendaciones del fabricante.

Por otro lado, el **mantenimiento correctivo** es aquel que corrige los errores en un equipo una vez que se presentan y no existe dependencia con los planes de mantenimiento. Este tipo de mantenimiento acaba teniendo un mayor costo, dada la inoperatividad prolongada del equipo mientras se encuentra en reparación.

El siguiente indicador permite controlar las horas (h) de mantenimiento correctivo (mc) y preventivo (mp):

$$\text{Control de mantenimiento} = \frac{mc(h)}{mp(h)}$$

La meta es que la métrica **control de mantenimiento**, se acerque lo más posible a 0, esto indica que el mantenimiento preventivo es efectivo, y que los vehículos necesitan poco mantenimiento correctivo, evitando problemas que podrían poner en riesgo a las personas y generar altos costos.



Edad promedio de los vehículos

Mantener un control de la edad promedio de la flota es de gran importancia, la siguiente ecuación presenta el cálculo de la edad promedio de los vehículos, donde n es el número total de vehículos [7].

$$\text{Edad promedio de los vehículos (años)} = \frac{\sum_1^n \text{Edad del vehículo (años)}}{n}$$

A modo de referencia, en el contexto nacional la edad promedio de los tractocamiones es de 12 años [8].

Capacitación de conductores

El indicador de recurso humano capacitado permite mejorar el nivel de servicio prestado, disminuir los riesgos por accidentalidad, realizar un uso eficiente del combustible, entre otros. Se espera que el porcentaje de personal capacitado ascienda en el tiempo [7].

$$\text{Conductores capacitados (\%)} = \frac{\text{Conductores capacitados (cantidad)}}{\text{Conductores totales (cantidad)}}$$



4.

Herramientas de gestión energética: los sistemas de telemetría

La **Telemetría** se define como una tecnología que permite la medición remota de información y su centralización a través del envío hacia una plataforma. Respecto al transporte de carga, su utilidad se asocia al envío y procesamiento de datos del vehículo, transformándolos en información útil para la toma de decisiones.

El mundo de la telemetría asociada al rubro de transporte de carga permite hacer gestión sobre diferentes elementos que impactan directamente en el consumo de combustible de las flotas vehiculares. Una vez que se instalan los dispositivos de telemetría, se obtiene una **gran cantidad de datos** que, al agruparlos y organizarlos, entregan información relevante para identificar las circunstancias y zonas geográficas donde los vehículos están consumiendo combustible de manera ineficiente o innecesaria.

Gestionar la operación con información detallada del estado de los vehículos y la performance de los conductores genera impactos significativos.

Los sistemas de telemetría recogen automáticamente una gran variedad de datos operativos relacionados con la ubicación del vehículo, la velocidad y diversos sistemas internos del mismo, como el motor, la transmisión y el chasis.

Dos tecnologías constituyen la base de los sistemas de telemetría:

• Los Sistema de Posicionamiento Global (GPS):

El GPS es un sistema de navegación por satélite que proporciona posicionamiento geoespacial mediante pequeños receptores electrónicos para determinar con precisión la ubicación. Cabe mencionar que un vehículo puede ser equipado con un GPS sin contar con telemetría.

• El Diagnóstico a Bordo (OBD):

El OBD en cambio, permite a los sistemas de telemetría acceder a información sobre diversos sistemas de un vehículo.

Como se muestra en la parte superior izquierda de la Figura 3, los sistemas OBD obtienen datos continuamente de varios sistemas del vehículo, como el motor y el sistema de postratamiento de emisiones, la transmisión y la línea motriz, y otros sistemas del chasis y la carrocería. El OBD suministra datos vitales para el diagnóstico del automóvil e importante información sobre las necesidades de mantenimiento y reparación [9].

Como se muestra en la parte superior derecha de la Figura 3, estos tipos de datos incluyen la identificación del conductor, la velocidad, la aceleración, las estadísticas de frenado, las horas de servicio, el ahorro de combustible, el tiempo de inactividad y otra información sobre el cumplimiento de las horas de servicio. Cada vez más, los proveedores de telemática ofrecen a las flotas cámaras orientadas hacia adelante y hacia atrás que pueden utilizarse para controlar el comportamiento del conductor.





Figura 4. Los tres tipos de datos recogidos o generados por los sistemas de telemetría
Fuente: International Council on Clean Transportation [9]

Existen variadas empresas de telemática y nuevos proveedores atraídos por el mercado de los camiones, hay una gran variedad de productos y servicios disponibles para las flotas. Según un estudio realizado por el Consejo Internacional de Transporte Limpio (ICCT, por sus siglas en inglés) [9] se distinguen los siguientes típicos datos de los sistemas de telemetría.



Área	Reportes típicos
Promedio de eficiencia de combustible	<ul style="list-style-type: none"> - Eficiencia media del combustible de la flota - Desgloses específicos del conductor - Métrica como litros de combustible consumidos por cada 100 kilómetros - Tendencias a lo largo del tiempo
Costos de combustible	<ul style="list-style-type: none"> - Distancia total, tiempo de conducción y número de paradas - Horas de inactividad y costos - Costos de combustible por kilómetro o por hora
Comportamiento del conductor	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidades medias - Número de frenadas, aceleraciones o curvas bruscas - Exceso de velocidad - Exceso de RPM
Mantenimiento preventivo	<ul style="list-style-type: none"> - Recordatorios de mantenimiento - Parámetros de mantenimiento y alertas personalizables - Integración con el software de adquisición de piezas - Programación de servicios de mantenimiento
Estado de salud del dispositivo	<ul style="list-style-type: none"> - Desglose de la salud y el rendimiento de todas las unidades telemáticas - Resúmenes del rendimiento de los dispositivos - Tipos de problemas e instrucciones para solucionarlas

Tabla 2. Datos típicos del sistema de telemetría en el transporte de carga.
Fuente: International Council on Clean Transportation [9]



A continuación, se presentan los principales beneficios de contar con un sistema de telemetría.

Beneficios de la gestión de flota eficiente por medio de la telemetría

• Menor consumo

El costo del combustible suele representar gran parte de los costos totales de una operación. Un sistema de telemetría de alta calidad permite hacer un seguimiento detallado del consumo de los distintos vehículos de una flota, ya que la telemetría puede registrar la cantidad de combustible que está siendo inyectado. El análisis de los datos recopilados por telemetría permite tomar acciones concretas enfocadas en el control de los gastos operacionales.

Identificar los patrones de consumo de combustible de cada conductor ayuda a generar planes de capacitación y de reforzamiento de buenas prácticas, para aumentar el rendimiento de los vehículos y usar de la mejor manera las distintas tecnologías disponibles.

• Mejor utilización del vehículo

Los vehículos cuentan con distintos sistemas tecnológicos que permiten optimizar su desempeño. Con un sistema de telemetría avanzada es posible monitorear el nivel de utilización de los distintos sistemas tecnológicos y monitorear el estado de los principales componentes del vehículo. Contar con información de telemetría permite sacar el máximo provecho al vehículo, utilizando de manera óptima los diferentes sistemas de frenado que permitirán aumentar la vida útil del vehículo, disminuir el consumo de combustible y aumentar la seguridad de la operación.

• Gestión del tiempo en ralentí

Si un vehículo está en ralentí por períodos prolongados está haciendo un uso ineficiente del combustible. El ralentí puede consumir entre 2 y 3 litros de combustible por hora, lo cual se traduce en altos costos y en la generación de contaminantes. Si se conoce el tiempo y los lugares donde se produce

el ralentí se puede tomar decisiones informadas que permitan reducir estos tiempos, por ejemplo, establecer estaciones de descanso que tengan control climático, donde los conductores puedan esperar y de esta manera evitar tener el motor encendido por períodos prolongados. Además, una reducción del ralentí permite disminuir el desgaste de los componentes del vehículo y en los costos de personal.

Los sistemas de telemetría y posicionamiento permiten generar alertas frente a detenciones prolongadas. Para más información ver el caso de éxito de Giro Limpio: Efecto de la activación de una alarma de no ralentí en cabina en el siguiente enlace [10].

• Menor desgaste de componentes

Reducir el desgaste prematuro de componentes implica una mayor vida útil del vehículo y menores costos de mantención. Un sistema de telemetría avanzada monitorea permanentemente el estado de los principales componentes del vehículo, siendo capaz de generar alertas relevantes que permiten tomar acción a tiempo. Estas acciones se traducen en el tiempo en menores costos de mantención, una mayor disponibilidad de los vehículos, una extensión en la vida útil y el precio de reventa de los activos. De esta forma se genera un impacto directo en los resultados económicos y financieros de la empresa.

• Mejores hábitos de conducción

Con herramientas de monitoreo GPS y telemetría es posible comprender al detalle el comportamiento y desempeño de los conductores y la forma en que interactúan con el vehículo y sus distintos sistemas. Contar con sistemas de evaluación de la conducción con respecto al consumo de combustible, seguridad y utilización de los elementos tecnológicos del vehículo permite identificar las oportunidades de mejora de cada conductor y conductora. Con esta información, es posible generar planes de apoyo e incentivos que logran mejorar el desempeño de los conductores y alcanzar una operación de excelencia.

5.

Plataforma Giro Limpio y su integración con sistemas de telemetría

Actualmente existen diversas prácticas de registro de datos que son clave para avanzar en la **eficiencia energética**, ya que representan un diagnóstico de las operaciones, la identificación de oportunidades de mejora y la toma de decisiones informadas.

El programa Giro Limpio cuenta con una plataforma que permite a las empresas transportistas caracterizar sus flotas de camiones y declarar sus consumos de combustible y carga movilizada. Registrando sus líneas base en la plataforma, los socios de Giro Limpio pueden acceder a la certificación y con ésta al **Sello Giro Limpio**. Esta sección propone a las empresas de transporte socias de Giro Limpio, utilizar esta plataforma como una herramienta de registro de datos.

Las empresas de transporte, al completar la declaración de operación en la plataforma por primera vez para un año calendario se establece la línea de base de sus operaciones. Con esta información, la plataforma calcula el consumo de combustible y emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), además del indicador de gestión energética: litros de combustible/toneladas-km, entregando un valor de cuánto combustible se quemó por cada tonelada movilizada durante el año declarado. Para más información puede revisar en este enlace [11] en detalle la declaración de línea de base de transportistas.

Con esta información, tanto Giro Limpio como las empresas socias, pueden detectar oportunidades para realizar **gestión para la eficiencia energética** en las flotas.

A continuación, se describen las dos etapas principales de registro de datos en la plataforma Giro Limpio:

Etapas:
Etapas 1: Caracterización de flota

Etapas 2: Completar reportes

Etapas 1: Caracterización de Flota

Los datos que se solicitan de cada camión son los siguientes:

- Patente
- Año de fabricación
- Tipo de motor
- Tipo de combustible
- Tipo de Camión
- Tonelaje Máximo de carga

Patente	Tipo de Camión	Transmisión	Año de Fabricación	Norma Motor	Tipo de Combustible	Tonelaje Máximo de Carga Tracción	Editar
AABC78	Tractocamión	Mecánica	2010	EPA 91	Diesel	20	[Icono]
AABC79	Tractocamión	Mecánica	2010	EPA 94	Gasolina	20	[Icono]
AABC80	Tractocamión	Mecánica	2010	EPA 95	Gasolina	20	[Icono]
AABC81	Tractocamión	Mecánica	2010	EPA 2004	Diesel	20	[Icono]

Figura 5. Caracterización de la flota en el sistema

Etapa 2: Completar reportes

- El primer paso en la generación del reporte es la definición del periodo a reportar. El sistema solicita seleccionar el mes y año del reporte. La periodicidad del reporte está definida como mensual. Una vez seleccionado, se pasa a cargar todos los datos solicitados, por cada una de las patentes ingresadas en el paso de Caracterización de Flota. Por cada mes se tienen que reportar los siguientes datos:

- Kilómetros totales recorridos
- Kilómetros vacíos
- Combustible consumido
- Toneladas totales transportadas
- Promedio de horas ralenti por día

Patente	Tipo de Camión	Kilómetros Totales Recorridos*	Kilómetros Vacíos	Combustible Consumido*	Toneladas Totales Transportadas*	Promedio de Horas Ralenti por día (T)	Cantidad de Viajes*
AS2912	Tractocamión	Kilómetros	Kilómetros	Metros Cúbicos	Toneladas	Horas	Viajes
AABC78	Tractocamión	Kilómetros	Kilómetros	Libros	Toneladas	Horas	Viajes
AABC79	Tractocamión	Kilómetros	Kilómetros	Libros	Toneladas	Horas	Viajes
AABC80	Tractocamión	Kilómetros	Kilómetros	Libros	Toneladas	Horas	Viajes

Figura 6. Ingreso de reportes en el sistema

- Al finalizar la carga de datos del reporte, se solicita que se adjunten los medios de verificación que respaldan la información.

El funcionamiento de la plataforma Giro Limpio abre muchas oportunidades para apoyar a las empresas nacionales para que reduzcan su huella de carbono a nivel de transporte de materias primas y productos. Por eso es clave medir y registrar la mayor cantidad de datos posibles.

Benchmarking e indicadores

En esta sección, la plataforma permite la comparación de las estadísticas y el rendimiento de la flota, con respecto a la flota del resto de transportistas registrados en la plataforma de Giro Limpio. Estos indicadores, se muestran como gráficos presentes en la siguiente figura, donde la línea morada corresponde a la flota de la empresa y la línea azul representa el resto de los transportistas.

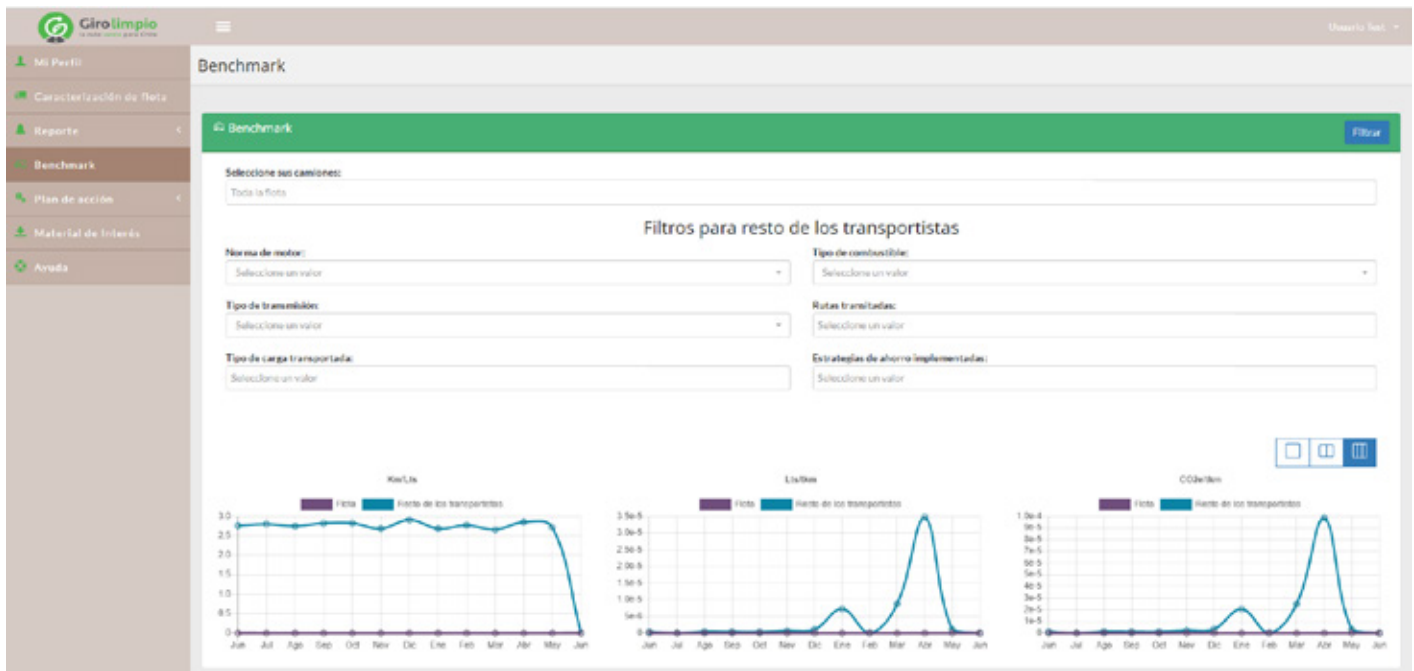


Figura 7. Benchmark Transportistas

Los datos que se comparan en cada gráfico son los siguientes:

- Km/L
- L/tkm
- CO_{2e}/tkm

Sumado a esto, la plataforma ofrece un sistema de filtros para comparar la flota del usuario con la del resto de transportistas. Se pueden filtrar los camiones que se van a tomar en consideración para los datos, tanto para la flota de la empresa, como para el resto de los transportistas, bajo las siguientes variables:

- Norma de Motor.
- Tipo de combustible.
- Tipo de transmisión
- Tipo de carga transportada.
- Rutas transitadas.
- Estrategia de ahorro implementada.

Proceso de Integración de telemetría con la plataforma de Giro Limpio

Para facilitar los procesos descritos anteriormente, el programa Giro Limpio trabaja con diferentes proveedores de telemetría en Chile, para integrar sus servicios de telemetría a la plataforma de Giro Limpio, por medio de una Interfaz de Programación de Aplicaciones (API, por sus siglas en inglés). Actualmente, dos empresas socias proveedoras de telemetría, **coPiloto de eTrans** y **FleetUp** ya se encuentran asociadas a la plataforma Giro Limpio.

Lo anterior permite que las empresas transportistas socias de Giro Limpio, puedan reportar sus operaciones de manera automatizada, traspasando información desde la telemetría con la que trabajan hacia la Plataforma de Giro Limpio.

A continuación, se presenta el ejemplo de integración de la Plataforma **coPiloto** de eTrans, organización

asociada del programa y con “Ruiz y Carreño” empresa **transportista** socia de Giro Limpio.

Durante el año 2020, se desarrolló el primer piloto de reporte mediante sistemas de telemetría hacia la plataforma Giro Limpio. Lo anterior permitió que la empresa transportista antes señalada se certifique con el sello Giro Limpio.

La **plataforma coPiloto** es una herramienta para hacer la operación de los vehículos eficiente desde el punto de vista de consumo y seguridad de conducción. Mediante el procesamiento de datos en tiempo real los usuarios de coPiloto saben si están utilizando sus vehículos en los

rangos óptimos de consumo de combustible, lo que les permite tomar acciones correctivas para que sus conductores mejoren su desempeño. A través de la funcionalidad de “Nota de Conducción” es posible apoyar a los conductores a sacar el máximo provecho de los camiones analizando hábitos, condiciones de manejo de la ruta, uso de los frenos y otras variables que permiten evaluar a los conductores en forma objetiva.

La integración permitió a la empresa transportista enviar directamente su reporte de línea de base a la plataforma Giro Limpio correspondiente al año 2020, principalmente los datos que se muestran en color verde de la figura 8.

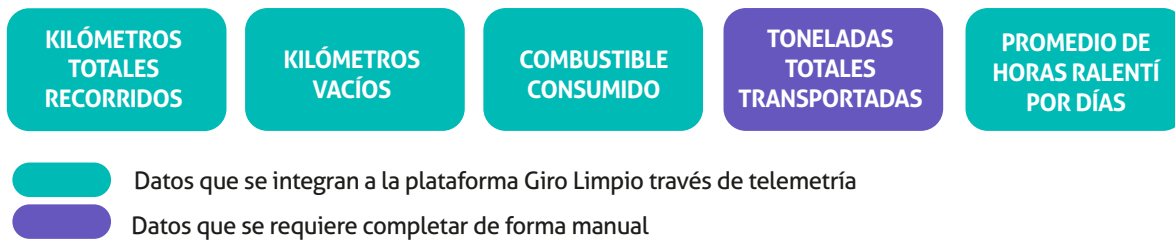


Figura 8. Datos recogidos a través de la telemetría.

Con lo anterior Transportes Ruiz y Carreño logró agilizar y automatizar el proceso de reporte, evitando realizarlo de forma manual, convirtiéndose además en la primera empresa transportista del programa en certificarse a través del desarrollo de un reporte automatizado.

Mediante esta información aportada a través de la API con los sistemas de telemetría, se genera el principal indicador de gestión energética en el transporte de carga

conocido como litros de combustible por cada tonelada-kilómetro transportada y se generan también otros indicadores asociados a las emisiones contaminantes de los vehículos.

A través del monitoreo de estos indicadores, se pueden identificar oportunidades de mejora respecto al consumo energético y a la reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos y sus externalidades.



6.

Conclusiones y recomendaciones para los registros de datos

El registro de datos es la base fundamental para establecer un programa efectivo de eficiencia energética y de su seguimiento.

En términos generales, se recomienda el registro de consumos de combustible, tonelada movilizada y kilometraje recorrido por cada viaje, incluyendo los viajes en vacío. Estos valores permitirán conocer en detalle las operaciones de la empresa de transporte de carga terrestre, generar indicadores de gestión energética y tomar decisiones informadas para mejorar la gestión.

La tonelada-kilómetro (ton-km) es planteada como el denominador común para expresar la eficiencia del transporte de carga, en términos de litros de combustible por tonelada kilómetro (L/ton-km). A diferencia del rendimiento (por ejemplo, expresado en km/L), el indicador L/ton-km permite reflejar de mejor forma el desempeño del vehículo y comparar vehículos que han transportado cargas de diferente tonelaje. Además, ante la necesidad de calcular y disminuir la huella de carbono surge el indicador de gestión ambiental kg CO_{2e} por ton-km, que se obtiene calculando con información del consumo de combustible y factor de emisión.

El registro de datos no es una tarea fácil, esta guía recomienda diferentes formas de obtenerlos, ya sean datos precisos o aproximaciones. En este contexto, la guía plantea el uso de la telemetría como la herramienta más precisa de recolección de información. A la vez, el uso de la herramienta de reporte de Giro Limpio como una plataforma para recolectar y sistematizar los datos, evaluar la evolución a lo largo del tiempo y realizar comparación de la gestión energética de la empresa de transporte socia de Giro Limpio con otras empresas de transporte que también forman parte del programa y han realizado sus reportes.



7.

Referencias

- [1] Smart Freight Centre, «Global Logistics Emissions Council Framework for Logistics Emissions Accounting and Reporting» Smart Freight Centre, 2019.
- [2] Environmental Protection Agency, SmartWay, «Load Optimization for Shippers A Glance», Marzo 2019. Disponible en este [enlace](#).
- [3] Agencia de Sostenibilidad Energética, Giro Limpio, «Brochure Planificación y distribución de carga» 2021. Disponible en este [enlace](#).
- [4] Ministerio de Energía, «Consumo Vehicular». Disponible en este [enlace](#).
- [5] Agencia de Sostenibilidad Energética, Giro Limpio, «Reducción del Ralentí» 2020. Disponible en este [enlace](#).
- [6] Agencia de Sostenibilidad Energética, «SmartDriver Chile» Agencia de Sostenibilidad Energética, Programa Giro Limpio, 2020.
- [7] A. Serna, S. R. Martín Darío, L. Ortiz y J. Zapata, «Indicadores de desempeño para empresas del sector logístico: Un enfoque desde el transporte de carga terrestre» Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, vol. 25, nº 4, pp. 707-720, 2017.
- [8] J. Barbero, F. Placci y M. Millán, «El transporte automotor de cargas en América Latina» 2020.
- [9] International Council on Clean Transportation (ICCT), «Telematics in the Canadian Trucking Industry» Diciembre 2019. [En línea]. Disponible en este [enlace](#).
- [10] Agencia de Sostenibilidad Energética, Giro Limpio, «Efecto de la activación de una alarma de no ralentí en cabina» 2022. [En línea]. Disponible en este [enlace](#).
- [11] Agencia de Sostenibilidad Energética, «Giro Limpio» [En línea]. Disponible en este [enlace](#).

