



**Instituto del  
Transporte**  
IT\_UNSAM

**Informes técnicos y Transferencia de conocimientos  
N° 1 -2021**

**LINEAMIENTOS INSTITUCIONALES,  
PRODUCTIVOS, FINANCIEROS Y LEGALES  
QUE PERMITAN PROMOVER EN EL FUTURO  
CERCANO UN CAMBIO EN LA MATRIZ  
ENERGÉTICA DEL AUTOTRANSPORTE  
PÚBLICO DE PASAJEROS EN EL AMBA.**

**Buses a gas natural comprimido**

**Ing. Claudio Damiano  
Docente en la Ingeniería en Transporte  
Instituto del Transporte - UNSAM**

**Universidad Nacional  
de San Martín**



**El presente documento fue elaborado gracias a un aporte de la Asociación Argentina de Empresarios del Transporte Automotor (AAETA) en el marco del convenio de colaboración firmado con la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM).**

**Los puntos de vista desarrollado en el documento no reflejan necesariamente la opinión de AAETA o UNSAM.**



## Contenidos

1	Introducción .....	4
2	Resumen Ejecutivo.....	5
3	Descripción del sistema de autotransporte público de pasajeros en Argentina y AMBA .....	7
4	Descripción de los sistemas de propulsión a Gas Natural comprimido.....	11
4.1	Tipos de combustible.....	11
4.2	Tipos de motor.....	14
4.2.1	Motor diesel con gas natural comprimido .....	14
4.2.2	Extendedor de autonomía para buses eléctricos.....	15
4.2.3	Buses con motor ciclo Otto dedicado a GNC. ....	16
4.3	Comparación entre un motor GNC dedicado y un motor diesel.....	17
5	El GNC en la Argentina. Vehículos y recarga. ....	19
6	Posibles proveedores de buses a GNC en el mercado local .....	22
6.1	La correcta especificación del motor dedicado a GNC .....	22
6.2	SCANIA.....	22
6.3	IVECO.....	24
6.4	TATSA.....	24
6.5	LANDI RENZO .....	24
6.6	Proveedores de tubos de almacenamiento de GNC para buses.....	25
6.7	Homologación de buses a GNC .....	25
7	Posibles proveedores de equipamiento de recarga de GNC en el mercado local. ....	26
7.1	GALILEO .....	26
7.2	ASPRO .....	26
7.3	AGIRA.....	27
8	Modalidad de recarga de las unidades a GNC.....	28
8.1	Características de los sistemas y de la provisión de GNC.....	28
8.2	Simulaciones de consumo para recarga de GNC bajo diversos escenarios. ....	30
8.2.1	Parámetros adoptados para las simulaciones .....	31



8.2.2	LINEA 50 TOTALMENTE CONVERTIDA A GNC – 58 UNIDADES.....	32
8.2.3	REEMPLAZO DE UNIDADES A DAR DE BAJA (10% de la flota por año).....	33
8.2.4	TERMINAL DE GNC MULTILINEA – 283 UNIDADES.....	34
8.2.5	MIGRACION DEL 50% DE LA FLOTA EN 5 AÑOS – 1020 UNIDADES/AÑO .....	35
8.3	Esquemas avanzados de provisión de GNC. GaaS: Gas como servicio .....	37
8.4	Precios del GNC .....	40
9	Suministro de gas natural en AMBA – Escenarios Energéticos .....	44
9.1	Precios.....	44
9.2	Cantidades .....	45
10	Impactos sobre cuentas públicas .....	48
10.1	Subsidios.....	48
10.2	Balanza comercial.....	49
10.3	Recaudación impositiva.....	50
10.4	Tasa vial municipal .....	51
11	Políticas activas de gasificación del transporte .....	53
11.1	Políticas sugeridas por NGV Global - Fundamentos.....	53
11.2	Políticas públicas para uso de GNC en Europa.....	56
11.2.1	Directiva sobre despliegue de infraestructura de carga.....	56
11.2.2	Subvenciones y exenciones fiscales para vehículos de Gas Natural .....	56
11.2.3	Exenciones fiscales para el gas natural. ....	58
12	Emisiones de gases de efecto invernadero y de otros contaminantes de aire local. ....	60
12.1	Gases de efecto invernadero y otros contaminantes.....	60
12.2	Estado actual de emisiones y calidad de aire en Buenos Aires - Responsables.....	61
12.3	El GNC y la contaminación.....	62
12.4	Datos de campo sobre emisiones .....	64
12.4.1	Publicidad SCANIA .....	64
12.4.2	Trabajo de campo en carreteras belgas .....	65
12.4.3	Artículos de Transport and Environment.....	65
12.4.4	El Trabajo de CIVITAS 2020.....	67
12.4.5	El trabajo de Embarq de 2012 “Exhaust Emissions of Transit buses” .....	67
12.4.6	El uso de Tecnologías para la reducción de emisiones .....	68



13	Mercado potencial de buses a GNC .....	70
13.1	Escenarios de demanda potencial de buses a GNC en el mercado argentino. ....	70
13.2	Esquema FODA .....	71
13.3	Estimaciones de mercado potencial .....	72
13.3.1	Mercado Nacional.....	72
13.3.2	Mercado AMBA .....	74
14	Experiencia Internacional en buses a GNC .....	75
14.1	MADRID.....	75
14.2	BOGOTA .....	76
14.3	MEDELLIN.....	77
14.4	ESTOCOLMO .....	77
14.5	CALGARY .....	78
15	Conclusiones y recomendaciones.....	79
16	Referencias.....	81
17	Personas entrevistadas o consultadas .....	83



## 1 Introducción

Este trabajo pretende presentar los conceptos más importantes entorno al cambio de matriz energética del autotransporte de pasajeros del área metropolitana de Buenos Aires, conocida como AMBA, especialmente en lo referido a una posible migración desde los buses diesel a los buses a Gas Natural Comprimido (GNC).

Se han relevado y presentado los temas de forma de brindar un diagnóstico de la situación actual en los Puntos 3 al 7 (Autotransporte público de pasajeros en Argentina y AMBA, Sistemas de propulsión a GNC y Posibles proveedores de buses y de equipamiento de recarga de GNC) y luego se simuló diversos escenarios de implementación para analizar factibilidad y posibles estrategias en los Puntos 8 y 9. Por último, en base a los efectos sobre el ambiente, la calidad de aire local y sobre cuentas públicas, se presentan posibles Políticas activas de gasificación del transporte y el potencial de mercado resultante. En cada punto se resaltaron los aspectos institucionales, productivos, financieros y legales relacionados.

La Metodología de trabajo consistió en investigar literatura relacionada, entrevistar a referentes del sector, comparar con migraciones a otras tecnologías de propulsión, y en análisis propio.

Los puntos presentados en este informe pretenden proporcionar elementos básicos para todos los agentes involucrados en una hipotética migración hacia el gas natural comprimido. Se han incluido aspectos tecnológicos, económicos, legales y de política pública, que pudieran ser útiles para cualquier integrante de una mesa de Movilidad Sostenible en la que se discuta sobre las diferentes tecnologías de propulsión para autotransporte de pasajeros, y que deba estar preparado para presentar adecuadamente impulsos a la variante del GNC, conociendo sus fortalezas y debilidades, y para atender las consultas de posibles detractores del GNC frente a otras tecnologías.

Se han recuadrado los párrafos de mayor interés de cada punto.



## 2 Resumen Ejecutivo

El sistema de autotransporte público de pasajeros del AMBA es el más importante de la Argentina y el más utilizado de todos los modos de transporte público. Cuenta con una flota de algo más de 18.000 buses diesel, número que se mantiene sin variantes desde hace varios años. De los 18000, algo más de 10000 tocan territorio de la ciudad de Buenos Aires (CABA) en sus recorridos, y se consideran de forma especial ya que, una norma de esta jurisdicción podría generar efectos concretos en el cambio de matriz energética.

Este punto resulta interesante ya que existen varias jurisdicciones intervinientes que desafían la adopción de políticas homogéneas sobre toda esa flota. En la CABA existen pruebas y pilotos que buscan menores o nulas emisiones, y demuestran la preocupación en términos de descarbonización y calidad de aire local. Por lo dicho, este trabajo se ha enfocado en este parque de 10200 unidades, siendo extrapolable fácilmente al total de 18200 unidades.

El uso de GNC es promocionado por sus mejoras en emisiones de gases de efecto invernadero, sin embargo existe cierta confusión sobre los resultados con distintos tipos de combustible y de motor utilizados. El GNC, cómo se utilizaría en Argentina, produce grandes mejoras en la emisión de material particulado, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno y también puede resaltarse la disminución de ruidos provenientes del motor. En comparación con el diesel, estos efectos no dependen del estado del mantenimiento del motor.

Argentina tiene gran experiencia en el uso de GNC y en la fabricación equipos de conversión, y cuenta con la mayor cantidad de estaciones de servicio GNC de América Latina. En especial el AMBA tiene una extensa red de distribución de gas natural, aunque pueda ser necesario algún refuerzo en caso de demandas como la de una Terminal con suministro de GNC.

La oferta de buses a GNC es escasa en nuestro país. En esas condiciones se menciona un sobre costo respecto a un bus similar diesel de un 20 o 25%, lo que representaría unos U\$S 40.000.-. Existe más diversidad en la provisión de cargadores, incluyendo equipos modulares que simplifican la instalación de infraestructura de recarga en una terminal, para interferir lo menos posible en la operación durante el montaje.

El uso de GNC en una terminal puede modificar la operatoria actual de recarga con buses diesel, ya que, entre otros aspectos, se necesita de un sistema de respaldo que asegure la carga de GNC ante contingencias, para poder mantener los índices de confiabilidad de la prestación del servicio.

Las simulaciones de inversión para infraestructura de recarga indican la conveniencia de migrar a GNC la mayor cantidad de unidades en una terminal, de forma de aprovechar las economías de escala de la instalación de carga. Para una terminal de unos 60 buses la inversión necesaria es



más de U\$S 9.000.- por bus, mientras que en una terminal de 280 buses el costo desciende a unos U\$S 3.000.- por bus.

La información relevada sugiere que la diferencia de precio actual a favor del GNC respecto del gasoil podría mantenerse en el tiempo, pero la implementación del plan GasAr está introduciendo cambios en los costos de aprovisionamiento para GNC, que dificultan las evaluaciones de proyecto. De todos modos, el menor costo por km del bus a GNC es el principal impulsor económico para la adopción de esta tecnología, y esos ahorros serán los que repaguen la mayor inversión en el bus, del orden de U\$S 40.000.- y la inversión en infraestructura de recarga, del orden de U\$S 3.000.- a U\$S 9.000.- por bus, dependiendo del tamaño de la flota a GNC en cada Terminal.

Por estas razones, y por los variados parámetros a considerar, el cálculo de amortización de la infraestructura de recarga y del diferencial de precio del bus a GNC sólo resultará conveniente para un caso concreto, que podría buscarse a través de encuestas dentro de AAETA. En este contexto conviene explorar también la posibilidad de comprar el GNC en la boca de la manguera del surtidor, al estilo “Gas como servicio”, con la participación de una empresa energética. Este modo contractual puede brindar cobertura de riesgos en cuanto a precio del GNC respecto al del gasoil.

En cuanto al impacto sobre cuentas públicas, en el caso de políticas públicas que obliguen a la migración hacia buses diesel de normas Euro V o VI, se requeriría aumentar la importación de gasoil grado 3, con impacto en la balanza comercial nacional, aspecto que contribuiría a la elección de otra alternativa, como el GNC, siendo que los buses pueden ser provistos cumpliendo Euro VI.

En el aspecto impositivo se ha notado la existencia de una tasa municipal aplicada al expendio de GNC que podría ser paradójal si se considera que los mayores beneficios del bus a GNC se verifican en el aire local, con beneficios para las personas y autoridades de salud de la zona, generalmente municipales.

El análisis de Mercado potencial para buses a GNC indica que dependerá fuertemente de políticas públicas, y de análisis de factibilidad realizados para cada potencial emplazamiento de infraestructura de recarga. En este punto se reitera la posibilidad de explorar la factibilidad de terminales dentro de los operadores nucleados en AAETA.

Las experiencias internacionales de las ciudades de Madrid, Bogotá y Calgary proporcionan una referencia para la implementación de buses a GNC en el AMBA.

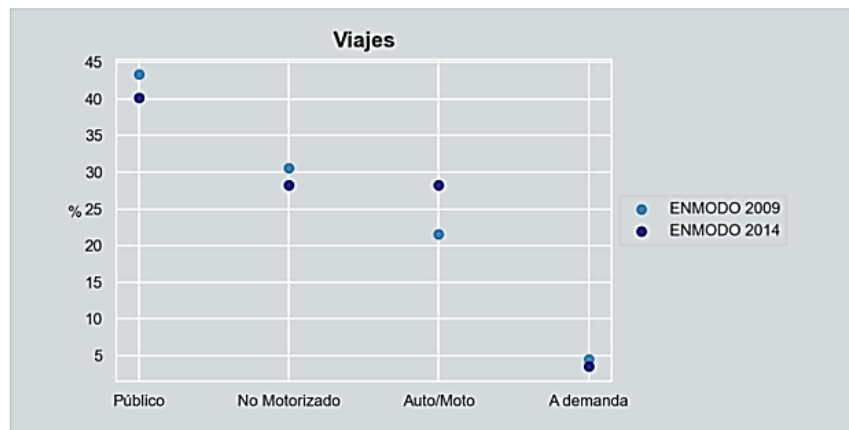




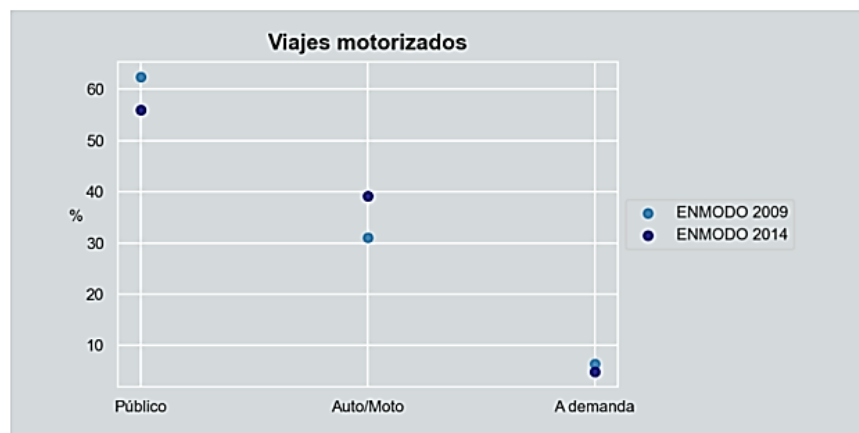
### 3 Descripción del sistema de autotransporte público de pasajeros en Argentina y AMBA

En la Argentina una gran parte de la población utiliza el colectivo como el principal transporte público para desplazarse. El transporte en colectivos está concesionado a empresas privadas que a su vez están subvencionadas por el Estado Nacional, lo que resulta en un marco de tarifas, recaudación y subsidios diverso y que varía con el tiempo. En el área AMBA se encuentra la mayor concentración de población y las mayores necesidades de traslado de Argentina.

Del trabajo “¿Cómo nos movemos en el AMBA?”, de Sebastián Anapolsky, vemos que, de la Encuesta de Movilidad (ENMODO) de los años 2009 y 2014, se observa que la mayor proporción de los viajes se realiza en transporte público (entre el 40% y 43%), y del análisis de los viajes en modos motorizados, entre el 52% y 62% de los viajes son en transporte público.



Fuente: ENMODO (2009); ENMODO (2014).



Fuente: ENMODO (2009); ENMODO (2014).

El AMBA cuenta con una flota de unos 18200 buses, de los cuales 10200 tocan territorio de la CABA, operados por 91 empresas, que cubren una red vial de casi 8000 km y cuyo tamaño se



mantiene sensiblemente sin variantes desde hace varios años. DOTA es el mayor grupo empresarial, con 208 líneas, y luego le sigue el grupo La Nueva Metrópol con 27 líneas.

## Aspectos jurisdiccionales

En el AMBA, el sistema de Autotransporte Público de Pasajeros (colectivos) está formado por 137 líneas de jurisdicción nacional, 131 líneas bajo regulación y gestión provincial y 119 líneas de jurisdicción municipal.

Las líneas del AMBA se encuentran numeradas según sea su jurisdicción, de acuerdo al siguiente detalle:

- De la 1 a la 199 son de jurisdicción nacional.
- 200 a 499 son de jurisdicción provincial.
- 500 a 799 son de jurisdicción municipal.

Las múltiples jurisdicciones sobre la flota de buses del AMBA, dificulta la adopción de medidas que cubran la totalidad de la flota, requiriéndose un alto grado de coordinación para hacer efectivas las políticas públicas sobre tasas de renovación del parque y tecnologías de propulsión.

A inicios de 2019, el Ministerio de Transporte de la Nación implementó el sistema de modernización de la red de colectivos de la región metropolitana de Buenos Aires (RMBA), como herramienta generadora de información para mejorar la planificación, gestión y control de los parámetros operativos de los servicios de transporte por automotor de pasajeros urbano y suburbano, de jurisdicción nacional y de las jurisdicciones adherentes.

Según la Resolución 18/2019, la implementación de esta herramienta permitirá el monitoreo de las unidades de transporte en tiempo real, lo que habilitará el seguimiento de las rutas, la verificación de horarios y disponibilidad, y en general, la obtención adicional de información para el mejoramiento de la gestión del sistema, su control y fiscalización.

Se ha anunciado la idea de construir un nuevo esquema de subsidios nacionales, incluyendo una “Tarifa Federal”, que podría cambiar este panorama, pero la pandemia ha hecho utilizar los recursos presupuestados a mayor velocidad que la prevista y estos temas han sido tratados nuevamente en oportunidad del debate acerca de la ley de presupuesto 2021.

## Tecnología utilizada

La propulsión es mayoritariamente diesel, en su mayoría (aprox. un 80%) EURO III, habiendo actualmente algunas pruebas en el país con nuevas tecnologías, buscando emisiones bajas o nulas:

- a) Biodiesel: como el proyecto Bio Bus de la provincia de Santa Fe, con aproximadamente 1.300 unidades, o las 2 unidades de las líneas 91 y 132 que hay en circulación en la ciudad de Buenos Aires actualmente.



- b) Buses eléctricos: están circulando 18 unidades en Mendoza y circularon 2 en la Ciudad de Buenos Aires. Todas las unidades fueron importadas de China, provenientes de los tres fabricantes con más alcance global de esta tecnología: Zhongtong, Yutong y BYD. Estos últimos anunciaron en 2018 la instalación de una fábrica de colectivos eléctricos en la provincia de Buenos Aires, pero sin fecha de inauguración aún.
- c) GNC: en la Ciudad de Buenos Aires se están probando 2 unidades con esa propulsión, en base a vehículos Agrale y Scania, una en la línea 50 y la otra en la línea 132. También la empresa TAMSE, de Córdoba Capital, está probando una unidad de Scania; y la empresa STM de Mendoza prueba una unidad provista por la firma CORVEN.

A partir de 2016 se produjeron unidades diesel bajo la norma Euro V de emisión de contaminantes, la cual, además de requerir de regulaciones al gasoil, exige la incorporación de urea al catalizador del tubo de escape.

Desde el punto de vista de la provisión de chasis para buses diesel, existen 2 empresas que dominan aproximadamente el 97% del mercado:

- a) Mercedes Benz, con el 49% del mercado y  
b) Agrale, con el 48%.

Agrale, empujada por el Grupo DOTA, tiene a esta marca como única proveedora, además de ser su representante local por medio de la concesionaria MegaCar. Agrale tiene en etapa de pruebas, circulando por CABA una unidad a GNC, una a biodiesel (ambas en etapa de prototipo), dos unidades eléctricas, funcionando a prueba en Reino Unido y una tercera unidad eléctrica que comenzará a circular en la segunda mitad de 2020.

Las marcas Tatsa, Materfer, Iveco, Scania, Volvo y Volkswagen completan los proveedores. TATSA alcanzó las 1000 unidades de ómnibus producidos. Materfer produce unidades urbanas a baja escala.

Los Chasis comercializados son:

Mercedes Benz	Agrale	Volkswagen	Tatsa-GoldBuss
OH1621Lsb	MT12.0LE	18.280 EOT LE	D12
OH1721Lsb	MT13.0	17.230 EOT	
O500U-1826	MT15.0	15.190 EOD	
O500UA-2838	MT17.0	17.230 EOD	
OF1621	MT27.0	9.150 EOD	
OF1721	MA8.5		
OF1724	MA10.0		
LO916	MA15.0		
	MA17.0		

Un relevamiento de las carrocerías actualmente en circulación arroja las siguientes marcas:

- Centro Carrocero Corwin



- BimetCorbus
- Carrocerías Italbus
- Tropea III (urbano motor trasero)
- Bello III (urbano motor delantero)
- Carrocerías La Favorita
- Favorito GR II (urbano)
- Metalpar Argentina
- Iguazú Nueva Generación (Urbano motor trasero)
- Tronador Nueva Generación (Urbano motor delantero)
- Maitén Nueva generación (Minibús)

En el Anexo 1 puede verse un diagrama con la distribución de recorridos diarios (en km) de varias líneas que tienen recorridos en AMBA, que se ha utilizado para verificar las autonomías requeridas.



## 4 Descripción de los sistemas de propulsión a Gas Natural comprimido.

### 4.1 Tipos de combustible

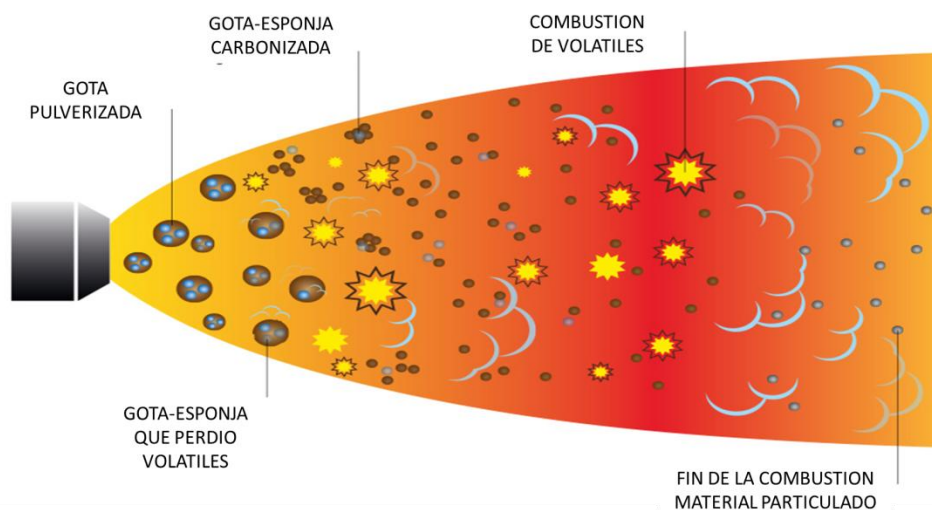
En general, se menciona que “el cambio a Gas Natural en la automoción genera ahorros en gases de efecto invernadero”. Esta afirmación ha sido utilizada cuando los vehículos livianos a nafta, ciclo Otto, son convertidos a GNC. Sin embargo, y dado que no es tan común el reemplazo de un vehículo diesel por uno a GNC “dedicado”, hay poca literatura al respecto y por eso conviene presentar las características de los diferentes tipos de combustibles, de motores y de sus sistemas de combustión, para aclarar las diferencias.

En efecto, para la combustión de un combustible líquido, como el gasoil, en forma eficiente y limpia, hay que atomizarlo o pulverizarlo antes de quemarlo en el cilindro del motor. Ver figura.



Cuanto menor el tamaño de las gotas, con más facilidad las moléculas que se encuentran dentro de esas micro gotas podrán tener contacto con el aire y cumplir con las reacciones químicas que harán funcionar el motor durante el escaso tiempo que representa media vuelta de su eje.

Pero las gotas, por muy pequeñas que sean, no podrán completar todas las reacciones químicas esperadas y formarán “esponjas” carbonizadas que resultan en el material particulado que saldrá con los gases de escape.



Fuente: elaboración propia



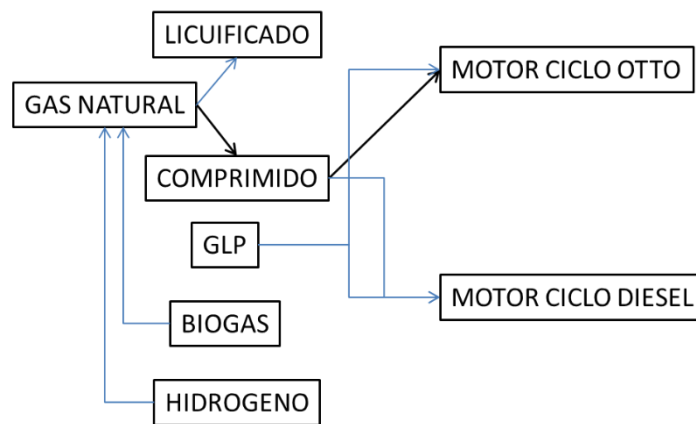
El tamaño de las partículas dependerá entonces del tamaño inicial de las gotas, que a su vez depende de la calidad del sistema de inyección montado en el vehículo y de su mantenimiento.

Asimismo, algunas moléculas de combustible no podrán participar de la combustión, y también aparecerán el tubo de escape en forma de Hidrocarburos no quemados.

Además del aumento de emisión de material particulado (MP) y de Hidrocarburos no quemados (HC), también aparecerá el Monóxido de Carbono (CO) formado a partir de átomos de carbono que no han encontrado su oxígeno para completar la reacción de oxidación.

Esto no sucede, o es minimizado, cuando el combustible es gaseoso (como en el GNC), ya que se encuentra naturalmente atomizado, como veremos en el capítulo de emisiones.

Para clarificar todas las opciones posibles de consumir gas natural a bordo de un bus, y aclarar las emisiones que puede tener cada una (y que aparecen en literatura relacionada con buses a GNC), se utilizará el siguiente diagrama:



Fuente: elaboración propia

El diagrama indica que el gas podría tener estado gaseoso o líquido. El primero es el Gas Natural, que, comprimido, es conocido como GNC. El segundo también es Gas Natural, pero se lo licuifica mediante presurización y enfriamiento, y es conocido como GNL. Es más denso que el GNC, aunque su composición química es la misma, y puede así conseguir más autonomía con el mismo volumen de almacenamiento a bordo.

Existen en Argentina proyectos para crear “gasoductos virtuales”, de forma de transportar GNL en camiones y, una vez descargado, poder usarlo en ese formato sobre vehículos que lo regasifican a bordo, o almacenarlo en tanques criogénicos en forma líquida, para regasificarlo en una planta estacionaria y luego manejarlo y venderlo como si fuera GNC.

Dado que el objeto de este trabajo es el GNC, y siguiendo con el diagrama, vemos que ese tipo de gas podría estar mezclado con Biogás. Este gas, que es obtenido mediante procesos biológicos, es considerado de casi cero emisiones de CO<sub>2</sub>, por lo que un bus alimentado exclusivamente con



biogás podría ser llamado “de cero emisión de CO<sub>2</sub>”, como puede verse en la última columna de la derecha en el grafico siguiente, sin embargo esta alternativa no existe aún hoy en Argentina:

Energy vector	Diesel			CNG	
	Euro III	Euro V	Euro VI	Fossil	Bio
NO <sub>x</sub> [g/km]	8,48	7,51	0,08	0.08	0.08
PM [g/km]	0,21	0,09	0,013	0,007	0,008
CO <sub>2eq</sub> [g/km]	1357	1343	1244	1248	0

Fuente: GCABA

Estas prácticas de uso de biogás pueden verse en Europa, siendo Dinamarca uno de los países que se destaca.

El cuadro muestra también la neutralidad en emisiones de CO<sub>2</sub> ante el cambio de diesel Euro VI a GNC, así como el pequeño ahorro en CO<sub>2</sub> para el caso de Euro V, cuando el GNC se usa en un motor ciclo Otto. Ello es debido, entre otros factores, al menor rendimiento del ciclo Otto frente al Diesel, que hace que deba consumirse más GNC que gasoil para la misma distancia, aunque el GNC sea algo más limpio. El menor rendimiento compensa la mayor limpieza para llegar al mismo valor de emisiones de CO<sub>2</sub> por km recorrido.

También podrían hacerse mezclas parciales con Biogás, al estilo de la mezcla (o corte) de etanol en la nafta, o del biodiesel en el gasoil que se utiliza en Argentina, para obtener un gas natural que efectivamente es más conveniente en términos de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes. Pero estos cortes aún no están presentes en Argentina.

De la misma forma, podría mezclarse el Gas Natural con Hidrógeno, logrando un combustible que mejoraría la emisión de cualquier motor en el que se utilizase. Cabe mencionar que el Hidrogeno puede ser obtenido de diversas maneras, y por eso se lo llama con diferentes colores según el contenido creciente de carbono: verde, azul y gris. Por ello, el tipo de Hidrogeno utilizado para hacer un hipotético corte con el gas de redes condicionará fuertemente la emisión de CO<sub>2</sub> de la mezcla resultante. Pero tampoco se realiza esta mezcla en Argentina.



### HIDRÓGENO GRIS

Se genera a través de reformado de vapor de gas natural. Este proceso no está libre de emisiones



### HIDRÓGENO AZUL

Se obtiene de forma análoga al hidrógeno gris; en este caso, el CO<sub>2</sub> se captura en lugar de ser emitido a la atmósfera, por lo que se considera de baja emisión de carbono



### HIDRÓGENO VERDE

Es producido por electrólisis del agua a partir de energías renovables eléctricas. El proceso no emite CO<sub>2</sub> y transforma el agua en moléculas de hidrógeno y oxígeno.

Hasta aquí vimos los diversos matices que puede tomar la denominación GNC, y aclaramos que varias de las experiencias realizadas en otros países no son aplicables al tipo de gas que será cargado como GNC en la Argentina, ya que se trata de 100% gas fósil. Ahora veremos las diversas formas en que puede utilizarse este combustible a bordo de un bus.

## 4.2 Tipos de motor

En Argentina podrían utilizarse básicamente tres tecnologías para propulsar un bus de transporte público con gas natural comprimido y de combustión interna:

- a. Motores ciclo diesel que utilizan gas natural comprimido.
- b. Motores ciclo Otto utilizados como extendedores de autonomía en vehículos híbridos eléctricos.
- c. Motores ciclo Otto con gas natural comprimido.

### 4.2.1 Motor diesel con gas natural comprimido

En este caso se indiluye gas natural en el conducto de admisión de aire del motor y se usa una pequeña cantidad de gasoil para que actúe como combustible piloto, también conocido como “bujía líquida”, para encender el gas natural en el cilindro. Se conoce como motor hibridado, migrado o de combustible dual.

Las pruebas de conducción reales en el Reino Unido demostraron que con combustible dual los vehículos son en promedio un 7% menos eficiente energéticamente, mientras que los vehículos dedicados a gas son un 24% menos eficiente que los vehículos diesel.

Ventajas:





- Los Buses diesel son rápida y fácilmente convertibles para consumir mayormente gas natural, y una porción de gasoil para actuar como combustible piloto, que dependerá del tipo de recorrido y ciclo de conducción.
- Se obtienen los mayores rendimientos que es posible obtener cuando se usa gas natural, debido al ciclo diesel, y por eso es posible obtener reducciones de CO<sub>2</sub> respecto al diesel puro cuando los ciclos de conducción son a velocidad constante.

Desventajas:

- El régimen de ralentí del bus y las aceleraciones se hacen con altas proporciones de gasoil lo que hace que, en buses con recorridos a velocidad lenta o con muchas paradas, el consumo de gasoil, y sus emisiones, sean muy importantes. Esto hace poco conveniente la conversión de un bus urbano tanto desde el punto de vista económico como desde el ambiental.
- El bus necesitará tubos de gas comprimido y se requiere una modificación importante para colocarlos en el techo de la carrocería. Aunque podrían ser de menor tamaño que los usados en un bus que funcione puramente a gas natural comprimido.

#### **4.2.2 Extendedor de autonomía para buses eléctricos**

Para el caso en que una flota de buses eléctricos resulte de menor autonomía que la necesaria, un generador eléctrico alimentado a GNC podría ir montado en la unidad. Esta solución permite reducir el valor de las baterías que lleva el bus a bordo y, por lo tanto, su valor inicial. El motor de combustión interna a GNC, ciclo Otto, funcionará a un régimen constante por lo que su nivel de emisiones será minimizado y su eficiencia maximizada. El hecho de funcionar siempre a un régimen establecido, tanto de revoluciones por minuto, como de potencia entregada, hace que este sea la mejor alternativa para quemar GNC en un motor de combustión interna, y por eso arroja valores de emisiones más convenientes que su equivalente diesel.

La demanda de gas natural para una flota de este tipo tendría picos anuales dependiendo del tipo de climatización de las unidades: uno pequeño en invierno (porque el bus eléctrico se calefacciona con electricidad) y uno mayor en verano.

El tamaño del almacenamiento de GNC a bordo será menor al de la alternativa 3.2.1. y mucho menor al de la alternativa 3.2.3. Tampoco se requiere de carga de alto caudal, por lo tanto el equipo a bordo resulta muy similar a los actualmente vendidos para conversiones de vehículos livianos.

#### **Porque se incluye este tipo de uso del GNC en este trabajo?**

Además de que este tipo de motor a GNC ilustra conceptualmente la mejor alternativa de uso de gas natural en un motor ciclo Otto desde el punto de vista energético y ambiental, existen otras razones principales:



- I. Los buses eléctricos reciben mucha atención internacional, incluyendo fuentes de financiamiento y ayudas, pero resultan de alto costo inicial y afectan la balanza nacional de pagos. Una forma de readecuar la ecuación de costos es achicando la batería, por ello un bus eléctrico con extendedor de autonomía a GNC brindaría más confiabilidad en una ciudad con incertezas en el consumo en cada ronda (desde tráfico muy pesado hasta piquetes), resultaría un producto altamente descarbonizante, y siendo eléctrico en su base de funcionamiento, lo haría apto para recibir las ayudas que reciben los eléctricos puros.
- II. El vehículo se adaptaría mejor a cualquier línea y a cualquier recorrido por su flexibilidad similar a un diesel. Esto facilita la programación y asignación de unidades en líneas con varios recorridos de distinta cantidad de km por ronda.
- III. Las nuevas baterías, que tienen una vida cada vez más larga, medida en cantidad de ciclos de carga y descarga, comienzan a permitir que una pequeña batería sea cargada y descargada más de una vez al día, por eso esta alternativa es estudiada en ámbitos académicos.
- IV. Dado que se trata del agregado de un motor y un generador eléctrico pequeño, del orden de los 40 kVA, con un equipo de GNC vehicular del tipo de los utilizados actualmente en automotores livianos, se podría tener una alta componente de materiales y mano de obra local en el segmento GNC del bus.
- V. La operación del grupo electrógeno podría realizarse con un software de desarrollo local que, en base a datos del tránsito (estilo WAZE), consumo de la climatización, y expectativa de km a recorrer en la ronda (entre otros), supervise el encendido y apagado del equipo generador, optimizando el uso de electricidad y GNC. Esto independiza el resultado de consumo y emisiones de las decisiones del conductor, y permite asegurar con más precisión los resultados del proyecto. También admitiría monitoreo y operación a distancia.
- VI. El sistema es apto para complementar proyectos piloto de reconversión de “buses diesel usados en buen estado” a “tracción eléctrica”, como el que lleva adelante el BID en Argentina, donde el tamaño de la batería (por peso, volumen y costo) resulta crítico en el diseño de la reconversión.
- VII. Un producto de este tipo, tanto como unidad nueva, como en forma de kit para reconversión de unidades usadas, permitiría alcanzar un potencial mercado regional.

#### **4.2.3 Buses con motor ciclo Otto dedicado a GNC.**

En este caso se trata de un bus equipado con un gran motor ciclo Otto, dedicado exclusivamente al consumo de GNC y que tendrá un índice de compresión ligeramente superior al utilizado para la combustión de naftas, como los que suelen ser ofrecidos mundialmente en los mercados que utilizan buses a GNC.

Al ser una unidad que usará exclusivamente GNC, esto lo hace ligeramente más eficiente que los motores que pueden quemar los dos combustibles, nafta y gas, como es el caso de los vehículos



livianos nafteros convertidos a GNC, que tienen una relación de compresión algo menor relacionada con el “Numero de octano” de las naftas utilizadas.

El índice de compresión utilizado resulta relevante para el proyecto de migración a GNC ya que, si se lo aumenta crece el rendimiento, pero aumentan los riesgos de afectar la vida útil del motor si el “Numero de metano” del gas puesto a bordo no se adapta a las condiciones de diseño. Argentina no tiene aún una norma de Número de Metano para su gas de uso vehicular.

Ventajas:

- Es una tecnología conocida en el mundo, y especialmente en Argentina, y aparece como la más apropiada para nuestro país, por su impacto positivo en la trama industrial asociada al gas natural, a la industria local metal mecánica y a la de conversiones.
- Generará una nueva demanda de gas natural, con un leve pico en el verano, que la hace conveniente para el sistema de producción y distribución de gas natural, con un impacto positivo en el nivel de actividad de ese sector.

Desventajas:

- Requiere de cargadores de GNC, especialmente aquellos de alto caudal. Alto costo inicial de inversión en equipos compresores, obra civil y eléctrica.
- La mayor compresión del motor dedicado producirá un aumento en la temperatura de combustión lo que elevará ligeramente las emisiones de óxidos nitrosos con respecto a los motores de nafta convertidos a GNC.

### **4.3 Comparación entre un motor GNC dedicado y un motor diesel.**

El gas natural, formado principalmente por metano, posee dos características que lo hacen superior al gasoil. La primera es que, por ser un gas a temperatura ambiente, no requiere de la atomización o pulverización que requiere un combustible líquido.

La segunda es que por ser un hidrocarburo de cadena corta de un único átomo de carbono, oxidará menos carbono para obtener la misma cantidad de calor que usando gasoil, que está conformado típicamente por una cadena de 7 átomos de carbono. Sin embargo, estas dos ventajas quedan igualadas por la mayor eficiencia del ciclo Diesel, haciendo que las emisiones de dióxido de carbono de ambas motorizaciones sean similares.

Donde el gas natural obtiene grandes ventajas es en la emisión de material particulado, principalmente en aquel de mayor tamaño, conocido como PM10. En efecto, esta característica se debe a la perfecta atomización del combustible gaseoso, que no pueden alcanzar los mejores sistemas de inyección de los motores diesel, y que se mantendrá en toda la vida útil del motor, a diferencia del motor diesel que dependerá del estado de mantenimiento de su sistema de inyección.



También aparecen grandes ventajas a favor del motor a GNC en cuanto a las emisiones de óxidos de nitrógeno NOx, como se verá en el capítulo de impacto ambiental.

Cabe destacar que los buses a gas no utilizan urea, que es un aditivo que emplean los motores diésel para ajustarse a los niveles de emisión Euro 5 y 6, cuando estos fueran exigibles.



## 5 El GNC en la Argentina. Vehículos y recarga.

El gas natural vehicular se encuentra ampliamente difundido en varias regiones del mundo. El gráfico siguiente muestra el tamaño y distribución del mercado mundial de GNV:

	VEHÍCULOS GNV	ESTACIONES DE CARGA
ASÍA - PACÍFICO	20.473.673	20.275
EUROPA	2.062.621	5.194
AMERICA DEL NORTE	224.500	1.856
AMERICA LATINA	5.484.676	5.848
ÁFRICA	295.349	210

Fuente: NGV Data Base

Aquí puede verse la misma distribución, pero abierta para Sudamérica, cuya comparativa muestra que Argentina y Brasil son los dos países con mayor cantidad de vehículos y estaciones de carga:

País	Cantidad de Vehículos GNV	Estaciones de Carga GNV
Bolivia	503.350	267
Colombia	604.325	813
Chile	14.656	24
Brasil	1.700.000	1.805
Argentina	1.724.176	2.026

Fuente: Enargas

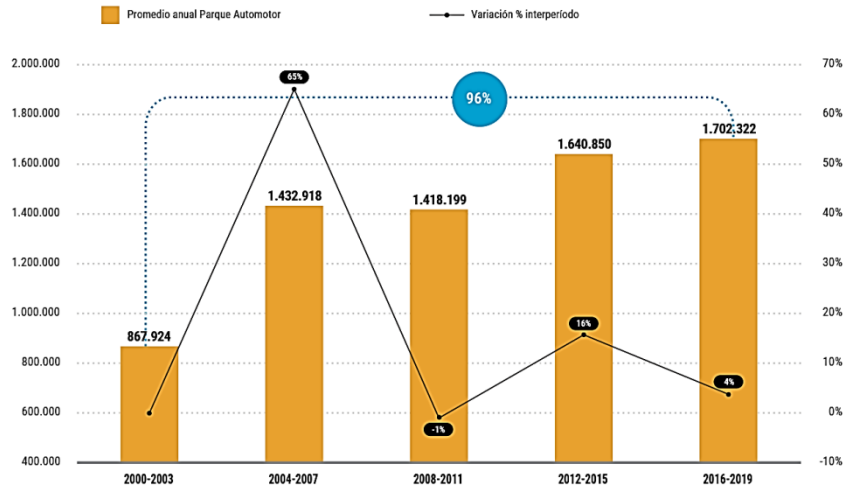
En los dos gráficos siguientes puede verse el éxito en el desarrollo del ecosistema GNC, principalmente a partir del precio del GNC en estación de servicio (precio de “cartel”) que se mantuvo convenientemente más económico que la nafta, así como de su disponibilidad, ya que existió la modalidad de dejar un cupo mínimo diario (medido en Nm<sup>3</sup>) para cada Estación aún en los días de restricciones o racionamiento de gas en las redes (interrumpibilidad):

- la expansión del parque de vehículos a GNC en Argentina, generalmente partiendo de un automóvil a nafta que es convertido con equipos de fabricación local.
- La expansión del número de estaciones de servicio de GNC, hasta superar las 2000 desde 2017, actualmente unas 2030.



## EXPANSIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR PROPULSADO A GNC

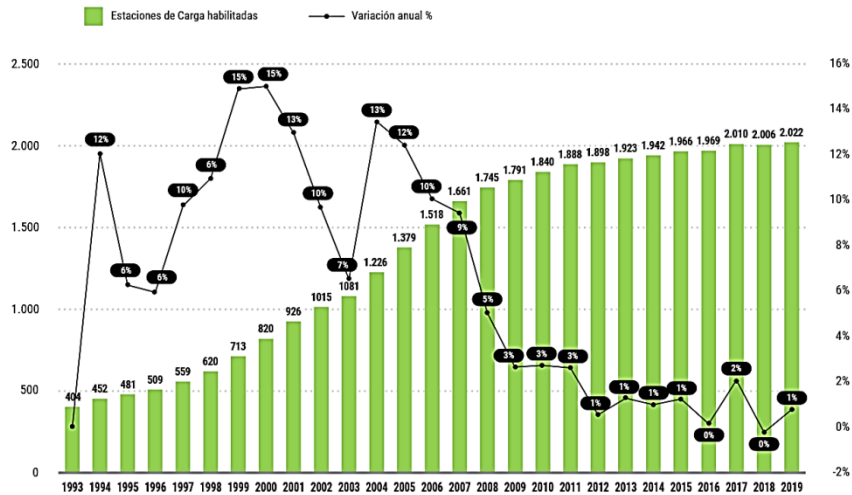
TOTAL PAÍS 2000 - 2019



Fuente: Enargas

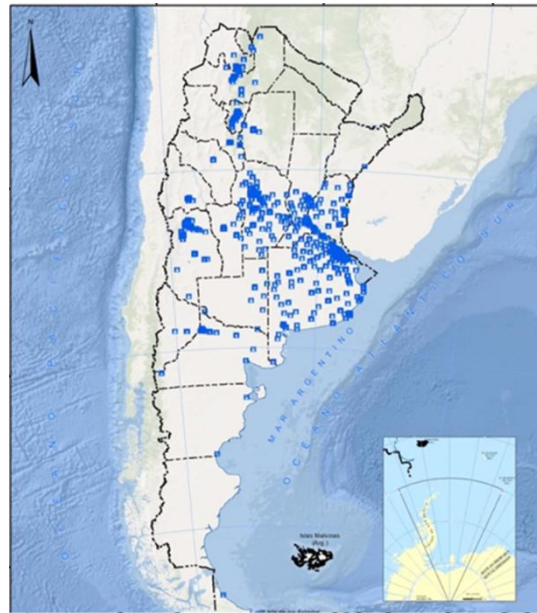
## EXPANSIÓN DE LAS ESTACIONES DE CARGA DE GNC

TOTAL PAÍS 1993 - 2019



Fuente: Enargas

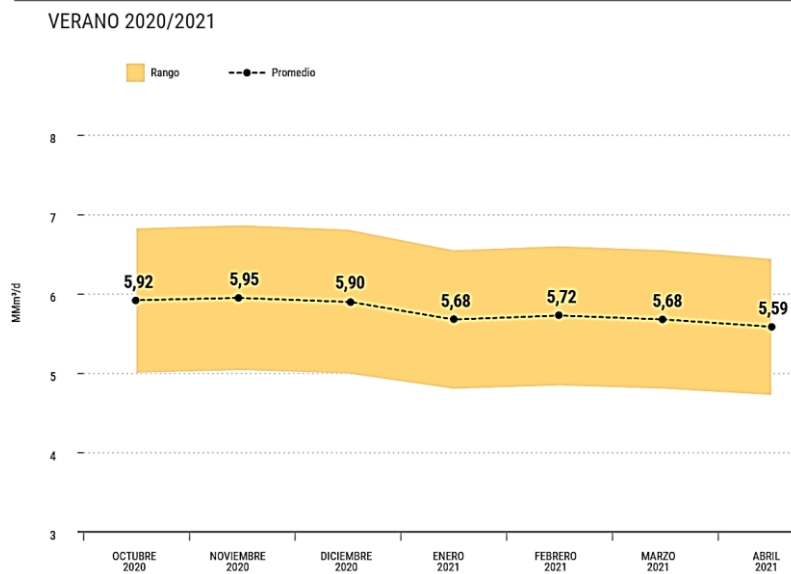
El mapa siguiente muestra la ubicación de esas Estaciones de GNC, donde puede notarse que la densidad de estaciones acompaña las trazas de los grandes gasoductos argentinos y las zonas de producción, así como las zonas de alta densidad poblacional.



Fuente: Enargas

De acuerdo al gráfico siguiente, el pronóstico de demanda promedio de GNC publicado por Enargas para el período de octubre 2020 a abril 2021 podría llegar a rondar los 5,7 MMm<sup>3</sup> diarios. A modo de comparación, entre octubre 2019 y febrero 2020 se consumieron en promedio 6,8 MMm<sup>3</sup> diarios, esto es, un 15% más respecto de lo pronosticado para el mismo período 2020-2021.

### PRONÓSTICO DE DEMANDA DE GNC



Fuente: Enargas

Como referencia, cabe comentar aquí que las simulaciones de conversión del 10% de la flota de buses del AMBA a GNC, demandaría un consumo inferior a 0.2 MMm<sup>3</sup> diarios.



## 6 Posibles proveedores de buses a GNC en el mercado local

Existe un número reducido de proveedores de buses con motores dedicados a GNC. A pesar del relevamiento realizado, no se han conseguido valores monetarios concretos para la compra de una de estas unidades. En general, se menciona un sobrecosto respecto a un bus diesel de similares características de unos U\$S 40.000.-, que significa entre un 20 y un 25%.

### 6.1 La correcta especificación del motor dedicado a GNC

Resulta de importancia que las unidades resulten aptas para el gas natural que va a ser cargado en los tubos del bus, principalmente su “número de metano”. El inicio de operación de motores a GNC dedicados en Argentina quizás plantee la necesidad de una norma en este sentido que garantice un “número de metano” mínimo (Enargas).

Este parámetro permite evitar eventos de autoignición que dañen o disminuyan la vida del motor, protegidos en general por el sistema “antiknocking” del motor. Pero también debe procurarse que la buena especificación del motor en relación al gas que va a consumir, prevenga el funcionamiento excesivo del sistema “antiknocking” ya que habría una baja en el rendimiento y potencia previstos al momento de la compra del vehículo.

Los buses de gas suelen llevar los depósitos de combustible en el techo. Esto se debe a que el gas natural es menos denso que el aire, de modo que, si hay una fuga, al estar en la parte más alta del vehículo el gas se dispersará fácilmente y, además, no entrará en la cabina de pasajeros.

### 6.2 SCANIA

La marca Scania presentó un bus a GNC, equipado con un motor de 9 litros, cinco cilindros, de ciclo Otto de encendido por chispa fabricado exclusivamente para este tipo de combustible y una potencia de 280 CV, y con cuatro tubos de gas que se encuentran ubicados en el techo del bus, con una capacidad de 860 litros (que equivalen a 193 Nm<sup>3</sup> de GNC) y que le permite una autonomía de alrededor de 290 kilómetros. La configuración de almacenamiento de gas a bordo podría realizarse con tanques tipo 1 (metálicos) o tipo 4 (composite, más livianos).







Se está llevando a cabo una prueba con una de estas unidades que fue puesta a circular en julio de 2019 en la línea 132, con un recorrido diario de unos 200 km realizando el recorrido Flores – Once – Retiro – Once – Flores.

Scania comenta que con un pico normal de cualquier estación de GNC se demora alrededor de 15 minutos en recargar los tanques en forma completa, y si se utilizan los pico gruesos para alto caudal se puede hacer en alrededor de 3,5 minutos.

La firma también presenta información sobre emisiones, y compara al Diesel Euro 5 con el Gas Euro 6. En cuanto a Material Particulado emitido es de 0,02 g/kWh para el Diesel y 0,0032 para el GNC; y en cuanto a la emisión de CO baja al 25% respecto al Diesel.

Este tipo de bus se encuentra circulando en Bogotá, Colombia, dentro del esquema Transmilenio, con unos 740 buses. Sobre esta experiencia, Scania ha difundido un estudio realizado por la Universidad Nacional de Bogotá, que ha medido en los vehículos Scania Euro VI a gas una emisión de 20.000 partículas ultra finas por cm<sup>3</sup>, cantidad inferior a la concentración de partículas encontradas en el aire de la capital colombiana (150,000 partículas/cm<sup>3</sup>). A su vez, dicha concentración es 3.500 veces menor que la emitida por los ómnibus que actualmente transitan en la ciudad (70 millones de partículas ultra finas por cm<sup>3</sup>).

También cita las experiencias en Madrid (España), Estocolmo (Suecia) y Medellín (Colombia). Sobre este último caso, anuncia que ha estado trabajando con el sistema de transporte público, al que le proveyó 1.130 buses a gas a los sistemas Transmilenio (Bogotá), Metroplús (Medellín) y Transcaribe (Cartagena) desde 2019.

En relación al costo operativo (mantenimiento y combustible), Scania expresa que el ahorro es del 37%, y destaca que estos buses tendrán un valor que será un 25% más elevado que un Diesel estimando que, con los porcentajes de ahorro estimados, permitirán amortizar la unidad en 2,5 a 3 años. También destaca la reducción de niveles de ruido asociados al funcionamiento del bus. La grafica siguiente, incluida en la publicidad del bus, lo ilustra:



El folleto del bus también anuncia reducciones en los niveles de emisión respecto al diesel en forma porcentual:





En cuanto al mantenimiento, Scania piensa en realizar estas tareas durante horarios nocturnos, en los propios talleres de los operadores, aprovechando las instalaciones de los clientes y que el vehículo se encuentra detenido.

### **6.3 IVECO**

IVECO BUS ha desarrollado a nivel mundial una gama llamada Urbanway con motor Cursor 8 GNC: el Urbanway y el BRT Crealis de 10,5 m, 12 m y 18 m. Utilizan motores de 290 CV (12 m) y 330 CV (18 m).

Iveco Argentina, es la primera empresa del país en contar con el certificado de homologación para fabricar camiones a GNC con una LCM (Licencia de Configuración de Modelo) para el modelo Tector en su configuración 160E21, modelo presentado en agosto de 2019, dentro de la gama "Natural Power".

Se anunció que sería producido en el Polo Industrial de Ferreyra en la provincia de Córdoba, y que ofrecerá una reducción de costo de hasta dos tercios en relación a los combustibles fósiles.

Desde el punto de vista de los buses, resulta interesante conocer que la empresa dispone de un motor, montado en este camión, denominado NEF 6, ciclo OTTO de la marca FPT Industrial de 210 CV y 750 Nm de torque. La particular disposición que permite un vehículo de carga hace que el camión cuente con seis tanques de GNC estándar de 80 litros cada uno, permitiendo una autonomía aproximada de 300 km.

Sin embargo, consultados sus representantes comerciales en Argentina, han manifestado que aún no hay un modelo de bus a GNC asignado a este país para su comercialización.

### **6.4 TATSA**

En el año 2012, esta empresa presentó un bus a GNC con motor Cummins, anunciando que era la "única empresa en el país que hasta el momento tiene licencia de configuración de modelo (LCM) para producir buses dedicados a gas natural". La presentación fue realizada por la empresa Suncell Bahiense S.A.

### **6.5 LANDI RENZO**



La firma se especializa en la provisión de partes para sistemas de GNC en motores pesados, tanto diesel como ciclo Otto, y también podría participar en la licitación de sistemas de recarga de GNC, con equipamiento importado.

## **6.6 Proveedores de tubos de almacenamiento de GNC para buses**

Las fábricas nacionales de cilindros son: INFLEX, KIOSHI COMPRESION e INPROSIL.

El tipo de cilindro desarrollado y construido en el país es el llamado tipo 2, de acero recubierto con fibra de vidrio.

Los cilindros usados en el bus de la línea 132 son de tipo 4, totalmente construido en composite, más liviano, pero proveniente del exterior (República Checa).

## **6.7 Homologación de buses a GNC**

Cualquier vehículo nuevo debe ser homologado para que pueda circular, incluyendo la homologación de los sistemas que lo componen, incluyendo las normas del equipo de gas, llamadas NAG.

Los buses urbanos entran en la categoría M3, integrada por todos los vehículos para transporte de pasajeros con más de ocho asientos además del asiento del conductor y que tienen un peso máximo mayor a las 5 toneladas.

Consultado el INTI, los períodos típicos de homologación son de 3 meses, aproximadamente. Por ello, debe confirmarse con el fabricante o proveedor la existencia de la homologación.
--



## 7 Posibles proveedores de equipamiento de recarga de GNC en el mercado local.

### 7.1 GALILEO

Existe una línea de equipos compactos llamados “paquetes de compresión de GNC” que no necesitan estar rodeados por un búnker de hormigón, ocupan una planta reducida y pueden ser instalados en altura. Su plazo de instalación es el menor posible en equipamiento de recarga de GNC.

Se trata de un único equipo, que bajo una única habilitación, integra compresor de gas, sistema de almacenamiento de GNC (conocido como “batería”), planta reguladora de presión, tablero eléctrico y sistema de medición.

Las especificaciones técnicas de los equipos relevantes para una estación terminal de buses a GNC son las siguientes:

	MICROBOX	GIGABOX
Potencia nominal (kW)	75-400	75-400
Presión de succión (bar)	0,10-60	0,10-60
Presión de descarga (bar)	250-350	250-350
Caudal (Sm <sup>3</sup> /h)	300-6000	300-10.000
Capacidad del almac. interno (litros)	1.000	1.000
Dimensiones		
Longitud (m)	5,100	8,800
Longitud con puertas abiertas (m)	6,600	9,100
Ancho (m)	2,200	2,200
Ancho con puertas abiertas (m)	5,725	5,725
Altura (m)	2,800	2,800
Peso (t)	9	21

### 7.2 ASPRO

Aspro se presenta como una compañía internacional que fabrica y comercializa sistemas de compresión para estaciones de GNC desde 1984 y a través de su red de representantes, está presente en 45 países con más de 5400 equipos instalados.

En su gama de productos, se destaca el COMPRESOR IODM 115, como solución para estaciones de carga de alta demanda, sus especificaciones:

Presión de aspiración:	0,2 a 60 bar (2,9 a 870 PSI)
Caudal:	369 a 2500 Nm <sup>3</sup> /h (217 a 1471 SCF/m)



Motor eléctricoPotencia: 110 / 200 kW (150 / 270 HP)

El producto SURTIDORque mejor se adapta a los fines de este trabajo es el AS 120 para busesque puede configurarse de acuerdo a las necesidades de cada estación. Sus especificaciones técnicas son:

- Caudal promedio: 37 Nm<sup>3</sup>/min
- Sistema de alimentación de 1, 2 o 3 líneas
- Pico de carga NGV-1, NGV-2, NZ u otros según las normativas locales.
- Filtro de entrada para limpieza del gas para la carga
- Puerto de comunicación para monitoreo remoto

### **7.3 AGIRA**

Es una empresa argentina, con plantas industriales en el país, que produce soluciones tecnológicas aplicadas a la compresión de Gas Natural (GNC y Oil&Gas). Desde sus plantas en Argentina produce la línea de productos que se comercializan alrededor del mundo.

Ofrece tanto compresores movidos a energía eléctrica como a gas. Estos últimos tienen un consumo promedio informado de 0.05 Nm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> entregado, y cuentan con arranque neumático.

Con Knox Western ofrecen compresores con caudales de hasta 15000 Nm<sup>3</sup>/hora.



## 8 Modalidad de recarga de las unidades a GNC

### 8.1 Características de los sistemas y de la provisión de GNC

#### **Adaptación operativa.**

Con excepción del biodiesel, la migración desde el diesel a cualquier otro sistema de propulsión sostenible genera **incomodidades en la operación** de una flota de buses. En efecto, las unidades no diesel tendrán autonomías menores y mayores tiempos de recarga. Esto hará que: a) la operatoria de recarga de gasoil en unos 3 a 4 minutos por unidad, y a veces cada dos días, pueda no ser posible; b) podrían aparecer complejidades en la programación de recorridos variados debido a que algunas unidades no serían asignables a los más extensos, por limitación en su autonomía.

#### **Interrumpibilidad.**

La utilización de unidades con motores a GNC Dedicado, a diferencia de los vehículos nafteros convertidos a GNC, dejan al bus sin posibilidad de circular con combustible alternativo. Esta es la gran diferencia que debe tenerse en cuenta al momento de contratación de provisión y transporte del gas que va a ser usado en la Terminal, comparado con la contratación para una estación de GNC. Deben asegurarse contractual y físicamente las condiciones de **in-interrumpibilidad** (Gas Firme) para poder mantener operativo el servicio público de autotransporte. Los esquemas de reducción de consumo utilizados para estaciones de GNC, que consistieron en cupos máximos diarios de gas a vender por estación, no son aplicables al despacho de GNC para buses.

Para comenzar el análisis, se tomará de ejemplo el equipo de carga estándar actualmente utilizado para una estación de servicio GNC con 4 a 8 mangueras utiliza un equipo compresor de 1200 Nm<sup>3</sup> por hora, ya que podría proporcionar carga rápida a unidades de buses a GNC, adaptando los surtidores con mangueras de alto caudal, o utilizar doble manguera por unidad, dependiendo del número de unidades a recargar por día y de los km recorridos.

Si este tipo de compresor se utilizase con dos mangueras de alto caudal, la operación de recarga de los buses a GNC se podría realizar en pocos minutos, y ser casi tan rápida como la del diesel, permitiendo mantener el esquema operativo utilizado hoy en las Terminales con vehículos diesel, que consiste en recargar el bus a su llegada de fin de día a la Terminal, o cada dos días. Este factor también depende de la disponibilidad de caudal y presión en el gasoducto que alimenta la instalación de recarga.

Como puede verse en las especificaciones de los equipos Galileo, el caudal en las mangueras y la potencia eléctrica que necesita el compresor varían fuertemente con la presión del gasoducto que alimenta al compresor. En el caso que estos compresores se conecten a un gasoducto con 20



kg/cm<sup>2</sup> disponibles, necesitarán una potencia eléctrica de 132 kW. Si no se dispusiera de abastecimiento a 20 kg/cm<sup>2</sup>, como suele suceder en el ámbito de la ciudad de Buenos Aires, donde se encuentran presiones entre 8 y 10 kg/cm<sup>2</sup>, la potencia eléctrica necesaria subirá hasta 150 o 180 kW.

Del relevamiento de costos efectuado, se estima que el valor aproximado de esta instalación, sin contar obras extra para el abastecimiento eléctrico ni para el gasoducto, se encuentra entre los 300.000 y 350.000 dólares. El costo estimado para una cámara de transformación para el abastecimiento de electricidad puede estimarse en 25 a 35000 dólares, dependiendo de cada caso.

La estimación del Ministerio de Transporte arriba a valores similares, de acuerdo al cuadro al lado.

<b>Costo de Infraestructura [usd] (1)</b>	
Compresor de 1200 m <sup>3</sup> /h	130,000
4 Estaciones de carga rápida	20,000
Almacenamiento (5.000 L)	74,000
Bunker	50,000
Instalación electro-mecánica	50,000
Planta Reguladora	40,000
<b>TOTAL</b>	<b>364,000</b>

También existen instalaciones de compresión de 1800 y de 3600 Nm<sup>3</sup> por hora típicos, que necesitan una potencia eléctrica de 200 a 400 kW. Estas instalaciones, como las Microbox y Gigabox de la firma Galileo, ya presentadas, pueden ser instaladas rápidamente en un formato contenedor bajo el concepto Plug and Play, ya que vienen con el surtidor incorporado. El costo del módulo de 1800 Nm<sup>3</sup> por hora podría encontrarse en un valor aproximado a los 300000 dólares, sin contar la instalación eléctrica.

A todos los costos mencionados deberá adicionarse el costo un gasoducto de dimensión apropiada, que deberá contar con capacidad en el gasoducto al que va a ser conectado, y cuyo valor dependerá del emplazamiento elegido.

Además de los picos de carga actualmente utilizados en los vehículos livianos, existen conectores de alto caudal según normas NGV1 y NGV2, que permiten alcanzar 940 y 1500 Nm<sup>3</sup> por hora. La normativa asociada se encuentra en la norma ISO 16923, que está siendo estudiada para su aplicación en Argentina. Los vehículos que utilicen picos de alto caudal podrán utilizar adaptadores para poder cargar en estaciones de servicio existentes a caudal convencional.

En cuanto a carga lenta, puede citarse el caso los buses a GNC de España donde se ha instalado en dos cabeceras de recarga con 50 y 80 mangueras respectivamente que cargan en forma lenta a las unidades un período de varias horas. Esto permite dejar a las unidades estacionadas durante todo el período de carga.

También puede reducirse la inversión instalación eléctrica y los cargos por suministro eléctrico asociados, si el compresor es movido con un motor de gas natural, tal como se está utilizando en la experiencia piloto de Lima, Perú. Sin embargo debe considerarse que el gas utilizado para mover estos motores ha venido siendo adquirido a precio Industrial, que es mayor al precio fijado para el gas que va a ser utilizado como gas vehicular, mientras existió el subsidio (por lo que se instala doble medidor). Esto cambiaría con las nuevas normas para compra de gas como se verá



más adelante. Por otro lado también debe mencionarse los mayores costos por mantenimiento, y la menor confiabilidad de un motor a gas respecto de uno eléctrico.

También debe mencionarse la existencia de enfriadores del GNC que va a ser embarcado en el bus, que pueden aumentar hasta en un 15% el volumen de GNC cargado.

Recientemente, la firma Galileo, ha recibido aprobación para transportar gas natural licuado a cualquier punto de la Argentina. Por ello, también puede considerarse esta modalidad, que utiliza equipos de regasificación a cargo de Galileo y entregados en comodato, con un precio resultante aproximado a la mitad del costo de litro de gasoil equivalente.

El suministro de GNC en terminales, cambia la metodología, costumbres y modalidades de abastecimiento de los combustibles líquidos:

- es no acumulable,
- es no transportable en vehículos, sólo por redes (con excepción del GNL)
- cuenta con medición auditada en cada cargador, y en el medidor de entrada.

Cabe destacar que un bus no podrá reabastecerse en cualquier estación de servicio de GNC diseñada para vehículos livianos, ya que en caso de introducir un bus en la playa de una estación de este tipo, quedan interferidos y obstruidos todos los esquemas de seguridad y salida rápida previstos en los protocolos de la estación. En el caso de la unidad de GNC que está en uso en la línea 50, debió hacerse un protocolo especial para permitirle la carga en la estación GNC Shell ubicada en Av. Gr. Paz y Av. Eva Perón, de forma de minimizar los inconvenientes.

## **8.2 Simulaciones de consumo para recarga de GNC bajo diversos escenarios.**

A modo de ejercicio numérico, y de acuerdo a lo expresado en el capítulo “Mercado potencial de buses a GNC” se han simulado tres escenarios de abastecimiento de GNC para transporte de pasajeros. El costo total de instalaciones de este tipo varía por la componente de gasoductos y obras de alimentación eléctrica, que dependen de información sobre ambas redes que sólo se consigue al momento de realizar un proyecto concreto, por lo que los análisis y estimaciones efectuados en el Punto 7.4 no las han incluido.

Para las obras internas los costos considerados son:

- Acometidas de gas entre válvula de servicio y compresor y entre compresor y surtidor,
- Acometida eléctrica entre compresor y surtidor.
- Válvula de bloqueo en acometida de gas. Paradas de emergencia.
- Materiales y mano de obra
- Confeción del proyecto electromecánico.





- No incluye tasas ni derechos, por ejemplo, de Colegios Profesionales, de distribuidoras por conexionados, medidores o aprobaciones de proyectos, etc.

### 8.2.1 Parámetros adoptados para las simulaciones

Los aspectos más importantes que inciden sobre el diseño de la infraestructura de recarga de GNC de una Terminal son: el consumo medio adoptado, la existencia de prácticas de conducción más eficientes, la presión de alimentación de los compresores desde el gasoducto, la confiabilidad esperada para la prestación del servicio público de transporte de pasajeros y la distribución de espacios y equipamientos en las terminales (lay out).

El **consumo medio adoptado** para las simulaciones es de **1.21 km/Nm<sup>3</sup>**, obtenido de estimaciones basadas en el consumo promedio de gasoil actual y corregido con datos de pruebas actualmente en curso y considerando también un día de alto consumo, como podría serlo una jornada calurosa y con tránsito anormalmente pesado, de forma de asegurar el dimensionamiento de los sistemas de carga de GNC. El nivel de consumo presenta alta sensibilidad en análisis económicos, mientras que no resulta crítico para el dimensionamiento del sistema de recarga.

Las experiencias internacionales indican que la migración a otra tecnología de propulsión constituye una excelente oportunidad para renovar los conocimientos de los conductores mediante un curso obligatorio, no solo de aspectos de seguridad para con el nuevo combustible, sino de **prácticas de conducción más eficientes**. Se encuentran resultados promedio de casi el 10% de ahorro con estas prácticas, con resultados más sostenibles en el tiempo si el vehículo es monitoreado. Esta práctica puede asociarse a reducciones de emisión de CO<sub>2</sub>.

La **presión de alimentación de los compresores** dependerá de la disponible en los gasoductos de la distribuidora de gas en la zona. Este parámetro condiciona la potencia eléctrica que será necesaria para elevar la presión a los niveles requeridos para la carga, con los caudales esperados. Una baja presión encarece el proyecto por mayores motores y obras electromecánicas necesarias, y por los cargos fijos mensuales a abonar a la distribuidora de electricidad. Aunque las personas entrevistadas coinciden en que podrían encontrarse puntos de alimentación en la ciudad de Buenos Aires con presiones de 8 a 10 kg/cm<sup>2</sup>, **se ha adoptado una presión de entrada de 7 kg/cm<sup>2</sup>**.

La **confiabilidad de la prestación del servicio público de transporte de pasajeros** se ha considerado redundancia en todos los eslabones necesarios para la segura prestación del servicio: a) servicio ininterrumpible de abastecimiento de gas, b) compresor redundante con esquemas de emergencia ante la falta de uno de ellos, c) carga de emergencia en estaciones GNC aptas, d) abastecimiento eléctrico con conmutación, e) respaldo con unidades diesel, f) posibilidad de doble carga diaria en recorridos extensos (ver ejemplo Madrid).



La **distribución de espacios y equipamientos en las terminales (lay out)** indican que, por tratarse el AMBA de una zona de alto valor del m<sup>2</sup>, las superficies deberán ser altamente aprovechadas, por lo que se han seleccionado equipos compresores modulares o encasetados. Sus ventajas son: a) sencillez y rapidez de instalación, o ante cualquier modificación en las instalaciones de la estación, como cambio de orientación, de circulación, que podrían dejar fuera de servicio al predio, b) la escalabilidad del proyecto.

## 8.2.2 LINEA 50 TOTALMENTE CONVERTIDA A GNC – 58 UNIDADES

Esta hipótesis representa conceptualmente la conversión de toda la flota de una línea de una vez, para aprovechar los beneficios de escala de la infraestructura de recarga desde el primer día. Por tratarse del reemplazo de unidades que aún no han concluido su vida útil, la evaluación económica del proyecto dependerá del valor residual de las unidades diesel usadas hasta ese momento. Por otro lado, se trata de una de las pocas líneas que recorren más de 200 km por día, lo que pone al límite la autonomía de los buses actualmente ofrecidos en el mercado y obliga a evaluar más de una carga nocturna por día.

La Línea 50, que actualmente tiene en prueba una unidad con GNC, cuenta con 58 unidades, que recorren 264 km por día, cumpliendo 6 recorridos de 44 km de longitud cada uno. El consumo de GNC máximo diario de esa terminal con sus 58 unidades sería de unos 12600 Nm<sup>3</sup>/día.

Como dicho, este recorrido diario superior a los 250 km, podría comprometer la autonomía de los buses actualmente ofrecidos, principalmente en escenarios de alto consumo, como altas temperaturas, piquetes o tránsito pesado, y requerir como norma una carga a la mitad del día. Si esto fuese posible, ya que se requerirían solo unos 6 minutos totales, la potencia eléctrica necesaria para los cargadores podría reducirse levemente, y así también la inversión.

En caso de una única carga diaria, este consumo podría ser suministrado en 5 horas de carga en la noche con el siguiente equipamiento recomendado:

- Sistema de compresión: 2 unidades de 4 etapas de compresión con motor eléctrico de 200 kW para un caudal de 1246 Nm<sup>3</sup> de GNC por hora trabajando con una presión de entrada de 7 bar.
- Almacenamiento de cada unidad: 1000 litros
- Surtidores: 1 surtidor de alto caudal, 50 Kg/min, de una manguera por cada compresor, con capacidad para abastecer el caudal generado por un compresor en una hora.
- Costo estimado: U\$S 235.000.- por cada unidad de compresión con su surtidor; mas costo Obra electromecánica interna propia del equipamiento: U\$S 60.000.-
- Costo Total aprox. sin gasoducto: U\$S 530.000.-
- **Costo por bus: U\$S 9.140.-**



En caso de ser posible hacer dos cargas por día, una adecuada programación permitiría un esquema operativo similar al del gasoil.

Cabe mencionar que el uso de 2 compresores obedece a: a) la posibilidad de contar con equipo de carga frente a la indisponibilidad de uno de ellos y b) la posibilidad de ir escalando el proyecto, ante la imposibilidad de migrar toda la flota.

### **8.2.3 REEMPLAZO DE UNIDADES A DAR DE BAJA (10% de la flota por año)**

Esta opción representa un posible esquema de renovación de unidades por edad que, aplicado a la línea 50, indica que podrían ser migradas a GNC unas 6 unidades por año (10% de la flota). Para el primer año, podría evaluarse el suministro de GNC en una estación de servicio pública próxima, mediante adecuaciones de la playa y cambios de protocolo que lo habiliten, y evitar la instalación de infraestructura de recarga propia.

De esta forma, los resultados serían similares a los que se obtienen ahora con la prueba piloto, con un periodo de repago simple de unos 4 años.

Respecto de la confiabilidad de prestación del servicio, la diferencia es que ahora, si por alguna causa estuviese indisponible la única unidad a GNC, el backup es fácilmente conseguible a partir alguna unidad diesel de la flota, en cambio, si existieran 6 unidades GNC y en el hipotético caso de indisponibilidad de GNC, el backup se hace más complicado. El tema de backup o de la ininterrumpibilidad de GNC es un tema que no aparece en las pruebas piloto, como tampoco se dispone de evaluaciones de costo operativo de flotas mixtas GNC - Diesel.

La instalación de infraestructura de recarga propia podría darse en el segundo año, para atender las 12 unidades a GNC esperables. En este punto podría instalarse el primer compresor, con un costo de unos U\$S 300.000.-, que hace pensar en una asignación de unos U\$S 25.000.- por bus. Este valor descendería a unos U\$S 17.000.- por bus al incorporar las siguientes 6 unidades y completar 18 en el tercer año. Para el cuarto año, con 24 unidades, el costo por bus va a los U\$S 12.500.-

Mientras se cuente con un único compresor, se recomienda un esquema de respaldo de suministro de GNC basado en acuerdos con estaciones de servicio GNC cercanas.

La necesidad del segundo compresor se daría en el quinto año, aproximadamente, llevando la inversión total a los U\$S 530.000.- definidos en el punto anterior. Con una flota GNC de 30 unidades, el costo por bus vuelve a unos U\$S 17.000.-



## 8.2.4 TERMINAL DE GNC MULTILINEA-283 UNIDADES

En este caso, se ensaya el reemplazo de las unidades diesel sobre una flota mayor, obtenida como la suma de flotas de varias líneas que pueden compartir terminal y por lo tanto infraestructura de recarga, para mostrar el efecto de la escala en el descenso de la inversión en recarga por bus.

De esta forma, y contando con datos de líneas que fueron estudiadas para utilizar tracción eléctrica, se simuló la conversión a GNC de toda la flota de las líneas 59, 12, y 39, pensando en una única terminal en Barracas, con infraestructura de recarga de GNC.

LINEAS	UNIDADES	ESKM	KM/DIA
59	112	160	17920
12	79	140	11060
39	92	150	13800
TOTAL	283		42780
Consumo diario		35352	Nm3/dia

Para este caso, y contabilizando 283 unidades que recorren 151 km por día en promedio, el consumo diario de GNC se ubicaría en unos 35000 Nm3/día. En este caso se requeriría el siguiente equipamiento:

- Sistema de compresión: 2 unidades de 4 etapas de compresión con motor eléctrico de 400 kW con un caudal de 2600 Nm3 de GNC por hora cada una, con una presión de entrada de 7 bar.
- Almacenamiento de cada unidad 1000 litros.
- Surtidores: 1 surtidor de alto caudal, 50 Kg/min, de dos mangueras por cada compresor, con capacidad para abastecer el mismo caudal generado por el compresor en una hora.
- Costo estimado: U\$S 345.000.- por cada unidad de compresión con su surtidor, mas Costo estimado Obra electromecánica interna propia del equipamiento: U\$S 60.000.-
- Costo Total aprox. sin gasoducto: U\$S 860.000.-
- **Costo por bus: U\$S 3.040.-**

Se destaca que en una emergencia, con un plan de carga adecuado, un solo compresor generaría el GNC para todas las unidades, en unas 15 horas de funcionamiento. Si se dispusiera de 5 horas de carga en la noche, asumiendo carga de 200 m3 por bus, utilizando los dos compresores se podrían cargar 130 buses en ese lapso. Esos buses no agotarían su carga en un día, ya que consumirían 125 m3 de los 200 cargados. En caso de poder hacer más de una carga diaria, y un cronograma de carga de buses durante las vueltas, podrían reducirse los requerimientos aquí calculados.



## 8.2.5 MIGRACION DEL 50% DE LA FLOTA EN 5 AÑOS – 1020 UNIDADES/AÑO

En este caso se simula el consumo total que se añadiría al consumo diario de GNC en el AMBA si se fuera reemplazando la flota diesel que alcanza el territorio de CABA en su totalidad por GNC, a razón del 10% de la flota por año, durante 5 años (asumiendo una vida media máxima autorizada de las unidades de 10 años).

La elección de las líneas, o de las unidades a renovar con GNC puede realizarse en base a los recorridos (verificación de autonomía suficiente) y tomando en consideración los niveles de contaminación de aire local en las avenidas y calles por las que circulan, la densidad poblacional en torno a esas vías, la disponibilidad de gas en las redes en proximidad de las terminales, así como la disponibilidad de potencia en las redes eléctricas, en el caso de compresores con motores eléctricos. La evaluación económica del proyecto dependerá de la posibilidad de aprovechar los beneficios de escala de la infraestructura de recarga (Ver los dos puntos anteriores). Se estima que este 50% de la flota total será representativo de las unidades que puedan ser cargadas en condiciones ventajosas desde este punto de vista.

### 10% del PARQUE DE BUSES AMBA

cantidad buses	10200	buses
10% de la flota	1020	buses
recorrido medio	200	km/día
<b>consumo diario</b>	<b>168580</b>	<b>Nm3/día</b>

Para este caso, unas 1000 unidades que recorren unos 200 km por día en promedio, el consumo diario de GNC se ubicaría en unos 170000 Nm3/día. No se han hecho simulaciones de costo para esta alternativa dado que se requieren datos acerca de los criterios de reemplazo de las unidades y sus terminales.

Dado que, en un hipotético esquema de recambio sistemático de todas las unidades que deben ser dadas de baja, el efecto es acumulativo, se simula el crecimiento del consumo de GNC para autotransporte de pasajeros:

	UNIDADES	Nm3/día
AÑO 1	1020	168580
AÑO 2	2040	337160
AÑO 3	3060	505740
AÑO 4	4080	674319
AÑO 5	5100	842899

Suponiendo que un 50% de la flota del AMBA que alcanza la CABA es migrable a GNC sin complicaciones en cuanto a autonomía, disponibilidad de recarga en la Terminal, etc., se llega a que el consumo de GNC en AMBA aumentaría 0,84 millón de Nm3/día. Esta cifra puede compararse con el consumo de GNC a nivel nacional que es de unos 6 millones de Nm3/día. Bajo

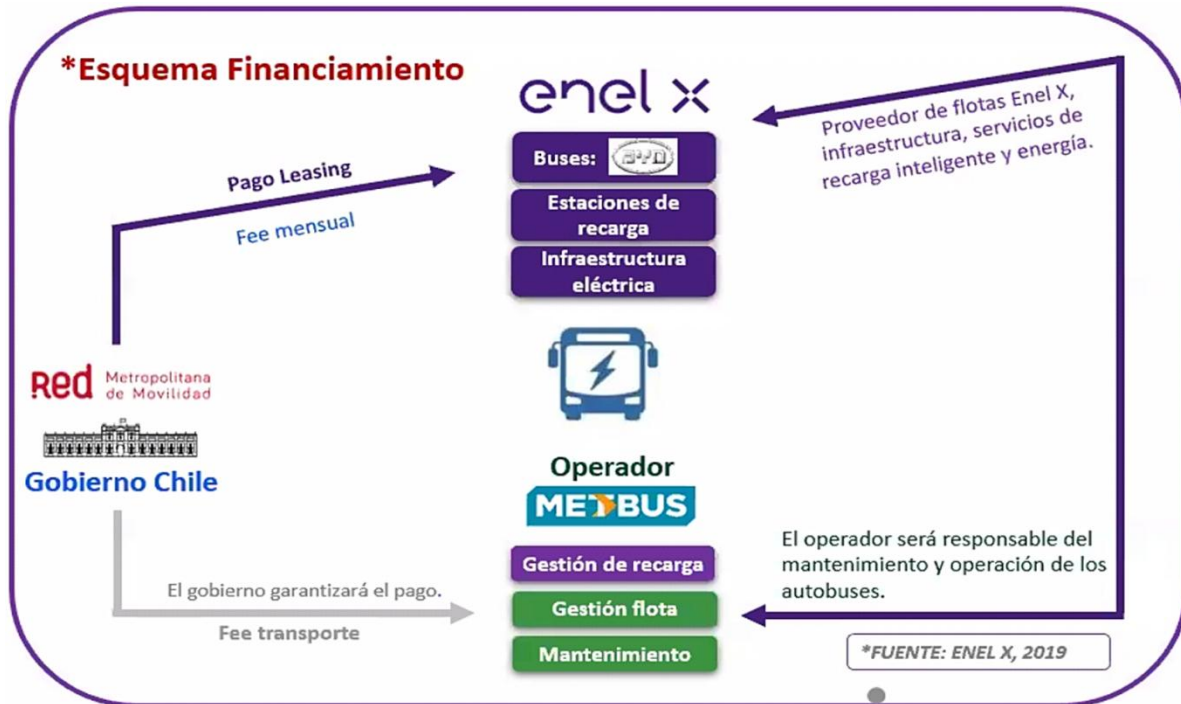


el mismo criterio, si se migrara el total de la flota del AMBA, el aumento en el consumo de GNC sería de alrededor de 1,7 millón de Nm<sup>3</sup>/día.



### 8.3 Esquemas avanzados de provisión de GNC. GaaS: Gas como servicio

Revisando prácticas de implementación de recambios de buses diesel por buses eléctricos, es interesante presentar brevemente el esquema utilizado en Santiago de Chile, que se repite con variantes en Colombia, donde han participado varias partes interesadas, como puede verse en el gráfico adjunto:



El esquema contempla que haya un **operador de buses**, que se encargará de la gestión y mantenimiento de la flota que ha subcontratado, en este caso particular, el mantenimiento con el **proveedor de buses**. El proveedor recibe el pago por parte de la **empresa energética**, que consigue el mejor financiamiento entre todas las otras partes intervinientes. La empresa energética también instala la infraestructura de carga y provee el “combustible” (energía eléctrica).

Todo el esquema se resuelve con el pago de una cuota mensual, al estilo de un “leasing”, en el que ha sido clave el aporte de un fondo de garantía por parte del **gobierno**, para mejorar las condiciones de financiación del proyecto, disminuyéndose su costo total. De esta forma, el ahorro en costos operativos, puede ir marcando el ritmo de renovación de la flota.

Al estilo de lo que han hecho estas empresas eléctricas, como EnelX y Engie con buses eléctricos, se ha relevado que YPF, a través de su “Vicepresidencia de Gas y energía”, está estudiando las posibilidades de ampliar la demanda de gas para el transporte, de acuerdo a sus objetivos de



“planificar, administrar contratos y desarrollar los aspectos regulatorios y tecnológicos para garantizar el liderazgo de YPF en los mercados del gas natural”. También la empresa Cinergia, que se presenta como trader energético, anuncia que ofrece servicios similares, comenzando con un acuerdo con la red de estaciones de GNC GULF, que cuenta con unas 100 Estaciones de Servicio.

Combinando el descenso de consumo de gas durante el verano, y la introducción de generación renovable de energía en el sector eléctrico (gran cliente de gas de YPF para generación térmica), YPF es una de las empresas más perjudicadas cuando se trata de reducir la inyección de gas en el sistema de distribución. Por ello es que se estima que será muy receptiva para explorar las posibilidades de venta de GNC para flotas de buses si se les presenta algún caso particular para realizar un primer piloto.

Debido a la existencia de subsidios nacionales diferenciales entre el AMBA y el resto del país, YPF se ha concentrado en las flotas de buses de grandes ciudades del interior del país como Mendoza, Rosario, Córdoba, etc. Pero, mediante la preparación de una simulación como las que se han hecho en este trabajo, podrían estudiarse en profundidad con alguna empresa energética (YPF) la factibilidad de convertir a GNC un grupo de unidades de una línea, o reunir a varias líneas interesadas en hacerlo, como el caso ensayado con las líneas 59, 12, y 39, en una única terminal en Barracas.

La relación con la empresa energética (YPF) podría incluir, no solamente la venta del gas natural, sino también el despliegue de la estructura de carga (compresores, gasoducto, obra eléctrica, obra civil, tramitaciones, permisos, etc.), permitiendo su participación en ítems que no resultan sencillos para un operador de buses.

Este formato permite que, con un único pago mensual, se cubran todos los costos y operaciones necesarios para tener el gas satisfactoriamente cargado todos los días en los tubos del bus, y lo haría más conveniente a los ojos de un operador de flota.

El precio promedio del m<sup>3</sup> de GNC obtenido de esta manera podría compararse al precio obtenible en cualquier estación de GNC (precio llamado de “Cartel”), pero dependerá de las características propias del caso Piloto que se trate. En efecto, podría tener argumentos a la baja (ya que la empresa energética contratará la provisión y transporte de ese gas desde el punto de inyección a gasoducto, en condiciones que podrían ser más ventajosas que las del GNC Cartel), o al alta (dependerá de la modalidad de uso del equipo de recarga de los buses: cuanto más horas se dispongan para la recarga de las unidades, menor el costo promedio por m<sup>3</sup> de este ítem, pues se requiere menor inversión de capital).

De cualquier manera, el acuerdo de suministro con la empresa energética, podría incluir una cláusula de garantía de precio por Nm<sup>3</sup> de GNC que asegure que nunca superará al precio del gasoil equivalente, o también que no supere un porcentaje de este precio.





El tamaño de flota a GNC ideal para esbozar costos y condiciones para un Piloto, estaría alrededor de 50 unidades. Sería más conveniente aún si el número de unidades fuese mayor, como lo que podría conseguirse en el caso de integrar unidades de varias líneas.

También hay trámites y presentaciones periódicas que debe hacer quien opere GNC, como una estación de servicio, que también podrían quedar incorporados en la contratación con la empresa energética (YPF)

En el Anexo 2, se presentan las normas Enargas del tipo que hay que cumplir cuando se poseen vehículos e instalaciones de recarga de GNC.



## 8.4 Precios del GNC

En el Anexo 3, puede verse la evolución del precio del GNC en estaciones de servicio del AMBA. Cabe destacar que, por la estructura de transporte y distribución del gas natural en Argentina, el costo del GNC en AMBA es el menor entre las grandes ciudades del país.

La composición del precio, en U\$S por millón de BTU es la siguiente, con un precio en el punto de inyección (PIST) de 3.5 dólares por millón de BTU, casi igual al de 3.53 obtenido como promedio de la primera licitación del Plan GasAr en los primeros días de diciembre de 2020:

Gas PIST	3,5
Ret. y Comercializ	0,5
Transporte	0,5
Distribucion	0,2
Compresion	0,8
IVA	1,3
Ingresos Brutos	0,2
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>

Fuente: Min. De Transporte

Este costo de 7 U\$S por millón de BTU, es comparado con los de los gasoil grado 2 (en uso actualmente) de 24.7, y de gasoil grado 3 (necesario para una migración a norma Euro superior) de 28.1, ambos expresados en la misma unidad, que deja con gran ventaja al GNC en el AMBA.

Por otro lado, en el capítulo Escenarios Energéticos, se presenta la evolución prevista de precios de gasoil y gas natural en boca de pozo, que confirma que las diferencias a favor del GNC podrían permanecer, y se hace un ejercicio respecto de los efectos del Plan GasAr.

En efecto, desde la publicación del Decreto de Necesidad y Urgencia 892/2020 que da origen al Plan GasAr (Plan de Promoción de la Producción de Gas Natural Argentino), en la edición del 16 de noviembre de 2020 del Boletín Oficial, se tiene certeza acerca de cambios en el sistema de precios al público del GNC.

Con el objetivo de recuperar el declino de producción y reducir la demanda de las importaciones de Gas Natural Licuado, el Decreto producirá los siguientes cambios en la forma de compra y abastecimiento de gas para las Estaciones de Servicio GNC:

- Las Estaciones de Servicio GNC no tendrán garantizada la provisión del gas natural para GNC: quedan excluidas del volumen de demanda garantizada que es asignado a las distribuidoras.



- Las Estaciones de Servicio GNC no podrán comprar más a las distribuidoras y solo podrán comprar el gas natural a las empresas productoras y pagarlo al precio que se establezca en el mercado.

Al derogar la Resolución 80-E/2017 del anterior Ministerio de Energía y Minería, las Bocas de Carga tendrán que comprarlo directamente en el PIST (Punto de Inyección al Sistema de Transporte), también conocido como “precio gas en boca de pozo”. De esta forma, el GNC queda fuera del esquema que podría recibir subsidios, de acuerdo a lo previsto en el ARTÍCULO 6°.- del Decreto, aunque quedan alternativas para actuar sobre el precio del GNC mediante la reglamentación del Decreto, en manos de la Secretaría de Energía:

*Establécese que el ESTADO NACIONAL podrá tomar a su cargo el pago mensual de una porción del precio del gas natural en el PIST, a efectos de administrar el impacto del costo del gas natural a ser trasladado a los usuarios y las usuarias, de conformidad con el Punto 9.4.2. de las Reglas Básicas de las Licencias de Distribución de gas por redes (conf. artículo 5° del Decreto N°2.255/92).*

*En virtud de ello, instrúyese a la SECRETARÍA DE ENERGÍA del MINISTERIO DE ECONOMÍA a dictar una reglamentación relativa a la discusión y debate de las tarifas de gas natural, así como de su debida ponderación, la que podrá incluir, de corresponder, mecanismos de participación ciudadana, a los efectos de determinar el monto que el ESTADO NACIONAL podrá tomar a su cargo de conformidad con el párrafo precedente y sin alterar las facultades regulatorias en materia de tarifas de transporte y distribución de gas natural.*

Las Cámaras Empresarias de GNC, reunidas en Expendedores Unidos, han expresado en los medios que ...“El DNU no garantiza la provisión del gas natural para GNC y menos aún su precio que queda, definitivamente, al arbitrio de una menor oferta y una mayor demanda”.

El asesor legal de AES (Asociación Estaciones de Servicio), explica que “... hoy el valor del gas en boca en pozo que abonan las expendedoras de GNC está referenciado a un dólar de \$ 40,00”.

Estas mismas condiciones de compra y abastecimiento tendrán las bocas de suministro de GNC instaladas en las Terminales, por esa razón es que se plantea en este trabajo la posibilidad de adquirir el GNC en un formato de GaaS (Gas as a Service) mediante una empresa energética (YPF). Esquema similar al utilizado en Colombia con la empresa estatal Ecopetrol.

La Cámara de Expendedores de GNC (CeGNC) explica que al día de hoy los estacioneros pagan en pesos alrededor de 2,1 dólares el millón de BTU. Esto hace que el precio promedio a nivel país del GNC oscile entre 27 y 28 pesos el m3. Pero estiman que cuando se celebren los nuevos contratos (generalmente anuales), el precio se fije, considerando un techo de 3,7 dólares el millón de BTU, a alrededor de 3 dólares el millón de BTU (más del 40 por ciento de aumento), y el valor de cartel de las Estaciones de Servicio superará los 40 pesos el m3.

Una simulación respecto a cómo quedarían los costos de aprovisionamiento en una Estación GNC o en una Terminal que haya instalado su infraestructura propia de recarga se muestra en el

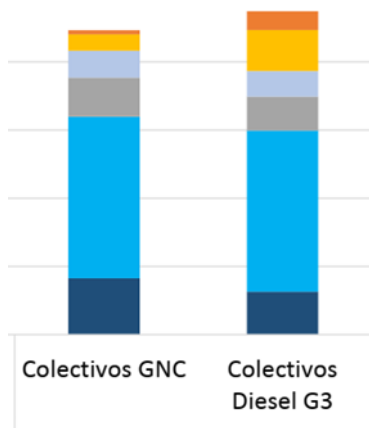


grafico siguiente, que ha llevado el precio PIST hasta 4.5 dólares el millón de BTU, muestra que existiría una diferencia de precio a favor de la Terminal de 0.07 dólares el millón de BTU (20% de ahorro):

<b>Precio del GNC [usd/m<sup>3</sup>] (usd/MMBTU)(2)</b>	
Precio de gas en boca de pozo (3)	0.170 (4.56)
Transporte y distribución	0.027 (0.72)
Consumo eléctrico (0.27 kWh-m <sup>3</sup> )	0.012 (0.33)
Mantenimiento de infraestructura	0.001 (0.03)
Costo de infraestructura	0.017 (0.46)
IVA (21%) + IIBB(3%)	0.054 (1.46)
<b>Precio en terminal de buses</b>	<b>0.28 (7.56)</b>
<b>Precio en estación de servicio</b>	<b>0.35 (9.48) (4)</b>

Fuente: Ministerio de Transporte

La simulación del efecto de la migración a GNC en AMBA sobre el **costo total de operación** de un bus diesel que usa gasoil grado 3 (o costo total de vida, o TCO por sus siglas en inglés), estimado en 2.2 U\$S/km, representa una reducción de aproximadamente el 6%, de acuerdo a estimaciones efectuados por el Ministerio de Transporte sobre todo el parque de buses de AMBA.



Para buses que hagan un recorrido típico de 40.000 km al año, y que pudieran compartir infraestructura de recarga al estilo de lo simulado para la Linea 50, el ahorro en combustible al migrar a GNC es de unos \$ 870.000.- al año, con los precios del GNC y gasoil a noviembre de 2020. Esto indica un repago simple de la inversión adicional en bus y en infraestructura de recarga de unos 5 años.





## 9 Suministro de gas natural en AMBA – Escenarios Energéticos

Consultado el Enargas sobre la suficiencia del sistema de distribución de gas natural de la zona AMBA para atender la hipotética demanda de una gran flota de buses a GNC, se explicó que los volúmenes demandados pueden ser abastecidos desde la red actual ya que representaría un pequeño aumento sobre los volúmenes distribuidos habitualmente.

Para conocer la prospectiva que las autoridades nacionales de energía hacen sobre el uso de GNC en el transporte, se consultó también la base de datos de **ESCENARIOS ENERGETICOS**, elaborada por la Subsecretaría de energía.

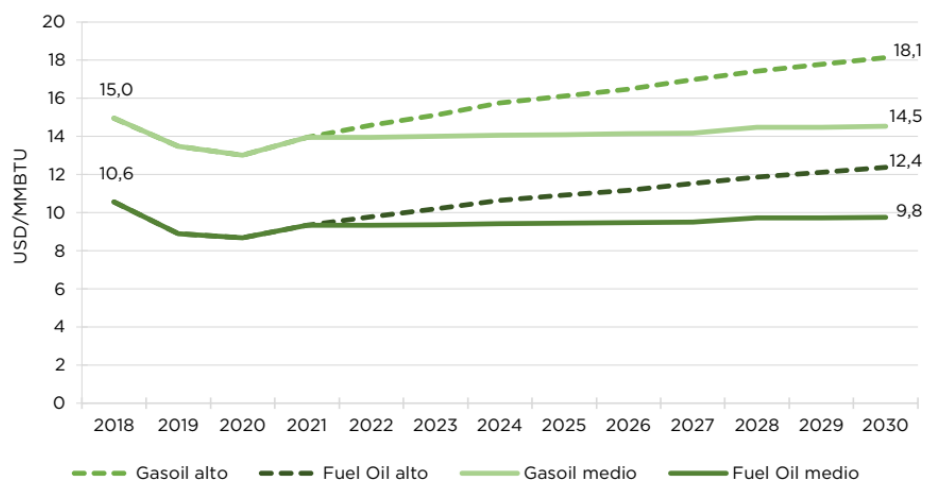
El último informe considera la relevancia estratégica que tiene el desarrollo de gas no convencional y simula una mayor penetración del GNC en vehículos livianos y el uso de GNL en vehículos pesados. Para el caso de buses de corta distancia prevé también el uso de Bio diesel.

Las previsiones de la Secretaría de Energía respecto al uso del gas natural en el transporte arrojan los siguientes elementos:

### 9.1 Precios

Mientras se consideran precios crecientes de los combustibles líquidos, se ven previsiones de precios en descenso para el gas producido localmente, y levemente crecientes para las importaciones. Eso hace un panorama alentador para la migración a GNC, ya que la brecha entre ambos combustibles sería creciente y favorable al GNC en los próximos 10 años.

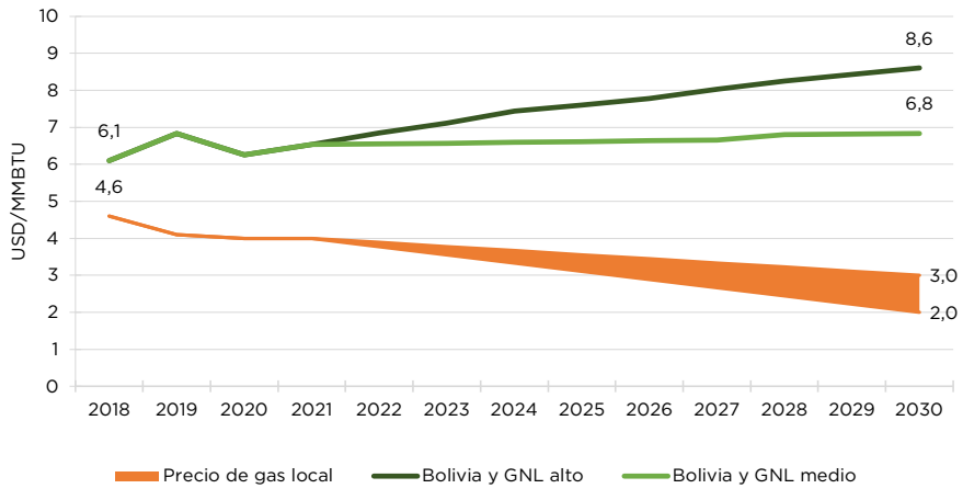
Gráfico N° 5-2: Precios de gasoil y fueloil considerados, 2018-2030



Fuente: SSPE-Secretaría de Gobierno de Energía - Ministerio de Hacienda



Gráfico N° 5-3: Proyección precios Bolivia, GNL y doméstico, 2018-2030

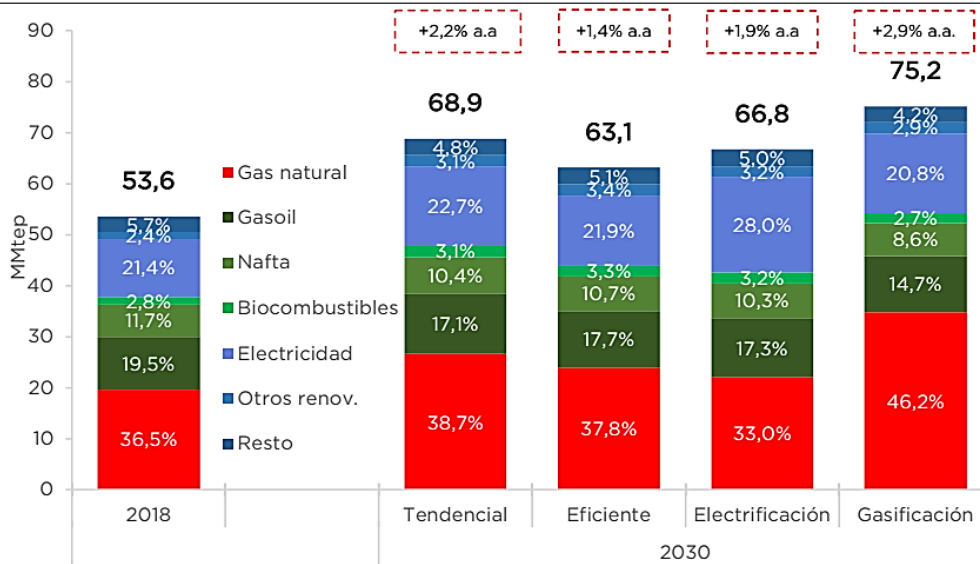


Fuente: SSPE-Secretaría de Gobierno de Energía - Ministerio de Hacienda, sobre la base de información propia y de la Energy Information Administration (EIA).

## 9.2 Cantidades

En el escenario tendencial el consumo de gas natural va del 36,5 % al 38,7 % en el año 2030, mientras que en un escenario de políticas activas hacia la gasificación del transporte el consumo crece hasta el 46,2 %.

Gráfico N° 7-3: Consumo final de energía por fuente para cada escenario en 2030



Fuente: SSPE-Secretaría de Gobierno de Energía - Ministerio de Hacienda.



También en el escenario tendencial la previsión es que para el año 2030 el consumo de gas natural en el transporte alcance el 21,4 %. Mientras que en el escenario de gasificación llega hasta el 26,2 %. Los cuadros siguientes ilustran ambos escenarios:

Tabla N° 7-2: Estructura del consumo final de energía por segmento — escenario tendencial 2030

Fuente	Residencial	Comercial y Público	Transporte	Agropecuario	Industria
Energía eléctrica	32,3%	55,2%	0,4%	1,9%	29,9%
Gas natural	56,0%	28,0%	21,4%	10,2%	44,2%
GLP	6,1%	3,5%	0,0%	1,7%	1,1%
Combustibles líquidos	0,1%	2,0%	68,8%	75,2%	0,8%
Otros	5,4%	11,3%	0,0%	11,0%	24,0%
Biocombustibles	0,0%	0,0%	9,4%	0,0%	0,0%
<b>TOTAL</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: SSPE-Secretaría de Gobierno de Energía - Ministerio de Hacienda

Tabla N° 7-5: Estructura del consumo final de energía por segmento — escenario de gasificación 2030.

Fuente	Residencial	Comercial y Público	Transporte	Agropecuario	Industria
Energía eléctrica	30,7%	55,5%	0,4%	1,7%	23,4%
Gas natural	58,7%	28,0%	26,2%	25,4%	56,4%
GLP	5,4%	3,2%	0,0%	1,4%	0,8%
Combustibles	0,1%	1,9%	64,5%	61,8%	0,6%
Otros	5,2%	11,4%	0,0%	9,7%	18,8%
Biocombustibles	0,0%	0,0%	8,9%	0,0%	0,0%
<b>TOTAL</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: SSPE-Secretaría de Gobierno de Energía - Ministerio de Hacienda.

En el capítulo dedicado al uso de GNC en el transporte, el Informe dice textualmente:

*En el caso de la demanda de gas natural para el sector transporte, y teniendo en cuenta la relevancia estratégica que tiene el desarrollo de los recursos no convencionales de gas natural — y considerando en particular su potencial como combustible de reemplazo de combustibles líquidos fósiles, generando reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero—, se simuló una mayor penetración del GNC así como la difusión del gas natural licuado (GNL) para su utilización en el transporte de larga distancia (de cargas y de pasajeros).*

*Simulada la aplicación de estas políticas, se obtiene un incremento del consumo de gas natural vehicular, que pasaría de 6,6 MMm<sup>3</sup>/d en 2018 a 17,9 MMm<sup>3</sup>/d en 2030 (8,7% anual acumulado) o 17,2 MM m<sup>3</sup>/d en el escenario eficiente (8,3% a.a.). Por su parte, un uso intensivo del gas natural en transporte como el proyectado en el escenario de gasificación elevaría el consumo a 24,5 MMm<sup>3</sup>/d (11,6% a.a.).*





Para la proyección se estimó la evolución del parque de vehículos a gas natural comprimido (GNC), continuando su tendencia temporal, y proyectando un incremento de la penetración del orden de 60% entre 2018 y 2030.

Paralelamente, se proyectó un descenso gradual en el consumo de gas natural por vehículo, el cual disminuiría un 7% hacia el año 2030, respecto del año como consecuencia de incorporación de motores más eficientes en el parque vehicular.

Adicionalmente, se estima que la mayor disponibilidad de gas natural en Argentina impulse una mayor penetración del GNC vehicular, así como del GNL en vehículos pesados. En ese sentido los escenarios de políticas existentes incluyen ciertas políticas específicas que llevan a estimar que:

- 50% de las ventas de buses de corta distancia sean a GNC en 2030
- La participación de los vehículos a GNC se eleve al 22% en 2030 (desde el 12% en 2018).
- 25% de las ventas de vehículos pesados (excepto buses) sean propulsadas a GNL en 2030.

Como resultado, si hay políticas activas (escenario de gasificación), se espera un crecimiento del 146% en la demanda de GNC en transporte, de acuerdo a la tabla:

Tabla N° 8-7: Consumo de combustibles en transporte en 2030 (escenarios de políticas activas)

Unidad	Nafta	Bioetanol MMm <sup>3</sup>	Gasoil	Biodiesel	GNC Mil MMm <sup>3</sup>	GNL mil t	Electric. TWh
Electr.	9,03	1,72	13,41	1,75	5,90	438 <sup>(1)</sup>	3,24
Var%	10%	54%	11%	30%	146%	-	-
Gasific.	8,50	1,62	12,79	1,68	7,14	1.227 <sup>(2)</sup>	1,17
Var%	3%	44%	6%	25%	198%	-	-

(1) Equivalente a 1,76 MM m<sup>3</sup>/d de Gas natural de 9.300 kcal.

(2) Equivalente a 4,93 MM m<sup>3</sup>/d de Gas natural de 9.300 kcal.

Fuente: SSPE-Secretaría de Gobierno de Energía - Ministerio de Hacienda.



## 10 Impactos sobre cuentas públicas

### 10.1 Subsidios

La tabla siguiente muestra la distribución regional de subsidios directos al transporte público automotor urbano, en pesos corrientes, como suma de los meses de enero a junio del año 2017, último dato disponible en el Observatorio Nacional de Datos de Transporte de la Universidad Tecnológica Nacional:

Jurisdicción	Total
AMBA (**) (***)	15.281.384.049
Buenos Aires no AMBA (****)	705.921.830
Catamarca	108.836.918
Chaco	182.584.281
Chubut	147.511.340
Córdoba	1.149.404.391
Corrientes	197.647.188
Entre Ríos	232.731.734
Formosa	71.835.396
Jujuy	373.957.432
La Pampa	31.824.654
La Rioja	48.142.209
Mendoza	759.459.334
Misiones	301.833.109
Neuquén	147.286.908
Río Negro	116.630.018
Salta	415.834.554
San Juan	335.048.753
San Luis	119.031.535
Santa Cruz	13.132.080
Santa Fe	1.040.238.019
Santiago del Estero	216.049.422
Tierra del Fuego	6.350.646
Tucumán	648.285.806
Jurisdicción Nacional - Interior (*****)	210.001.028
Total	22.860.962.632

Puede verse que los subsidios para el AMBA son el 66.8% de los subsidios para todo el país. Los subsidios al transporte son mayores en el área AMBA que en el interior del país, por eso los operadores de flotas de ciudades del interior estarán más interesados en reemplazar unidades que utilicen un combustible de menor precio. Débil señal para la migración a GNC en el AMBA.



Este efecto tiene su contrapartida en el costo de GNC puesto en el AMBA, que es el menor del país.

A partir del sistema de modernización de la red de colectivos de la región metropolitana de Buenos Aires (RMBA), implementado por el Ministerio de Transporte de la Nación, se anunció el estudio de un nuevo esquema de subsidios nacionales, incluyendo una “Tarifa Federal”, pero los recursos presupuestados se consumieron y el tema sería incluido en la ley de presupuesto 2021.

## 10.2 Balanza comercial

### GASOIL IMPORTADO

En los últimos tres años, se importó entre el 30 y el 40% de este combustible, representando entre 1.200 y 1.500 millones de dólares por año girados al exterior por ese concepto.

El gasoil importado suele ser de grado 3, ya que Argentina es deficitaria en este tipo de combustible especificado para motores diesel modernos. La diferencia entre Grado 2 y 3 se establece, entre otros ítems, en la cantidad de azufre en el fluido. El gasoil convencional, o grado 2, tiene más azufre (partes por millón) que el grado 3.

La tabla que se muestra a continuación fue construida en base a la información de los balances energéticos y los precios de comercio exterior disponibles en la página web de la secretaria de energía:

Año	Importación de gasoil (todos los tipos)		
	2017	2018	2019
Importación de gasoil (m3)	3.563.977	3.159.018	2.295.314
Importación de gasoil (ktpe)	3.072	2.723	1.978
USD	1.502.083.266	1.796.732.146	1.245.411.059
Consumo de gasoil en el transporte (ktpe)	7.669	6.778	6.716
% de la importación respecto del consumo	40 %	40 %	29 %

Fuente: <https://www.argentina.gob.ar/produccion/energia/hidrocarburos/balances-energeticos>  
<https://www.argentina.gob.ar/produccion/energia/hidrocarburos/refinacion-y-comercializacionde-petroleo-gas-y-derivados-tablas-dinamicas> - Elaborado por R. Stazzoni.

Recientemente, se extendieron los plazos para cumplir con los topes establecidos de azufre en naftas y gasoil que habían sido establecidos mediante la resolución 5/2016. La nueva norma dice que las ciudades de más de 90.000 habitantes se incorporarán a partir del 1 de enero de 2020 y el contenido de azufre máximo a cumplir será de 800 mg/kg. A su vez, la resolución anterior decía que a partir del 1 de enero de 2022 se iba a eliminar la diferencia entre Zonas de Alta Densidad y Baja Densidad y la especificación para todo el país quedaría unificada en 350 mg/kg máximo de azufre. Ahora, en cambio, esa fecha se extendió hasta el 1 de enero de 2024.



Estos aspectos condicionan la migración de los buses a tecnologías Euro superiores a la actual pero, si se decidiera que las unidades diesel debieran migrar a Euro VI, por ejemplo, se debería utilizar gasoil grado 3, importado, lo que habilita a hacer un cálculo de ahorros sobre esta alternativa si se migrara a GNC.

Así, en un escenario de recambio del 10% de las unidades diesel más antiguas por unidades a GNC, en lugar de migrar a Euro VI, el ahorro de importaciones de gasoil grado 3 estaría en el orden de los 30.000 m<sup>3</sup>, por un valor de unos 1.240 millones de dólares (en el primer año de recambio del 10% de la flota por renovación), a razón de unos 16000 dólares/año por unidad. Este ahorro permite recuperar el sobre costo del bus de GNC, estimado en unos U\$S 40.000.-, en unos 30 meses.

### 10.3 Recaudación impositiva

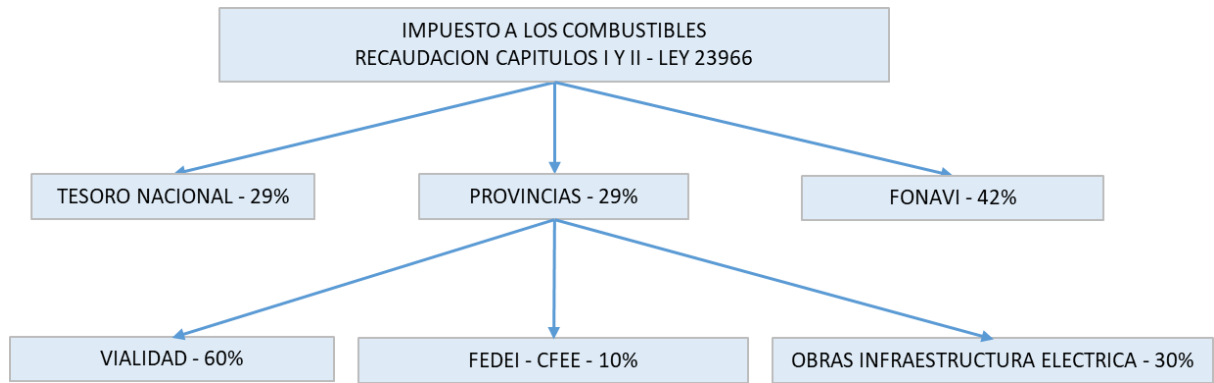
En el conjunto de leyes que constituyeron el Proyecto de Ley de Reforma Tributaria de 2017 se incluyó un impuesto al dióxido de carbono. El proyecto de ley fue iniciado por el PEN e incluía en su cuarto capítulo un impuesto a los combustibles y al dióxido de carbono, que era una modificación del Título III de la Ley 23.966 sobre Combustibles, sancionada en 1998.

El nuevo apartado preveía que el impuesto gravaría a diferentes combustibles fósiles en función de su potencial de emisiones de dióxido de carbono, donde se incluía a los combustibles líquidos y al gas natural comprimido.

Al tramitarse lo que sería la Ley 27.430/2017 de Reforma Tributaria en Argentina, el dictamen de Comisión excluyó de dicha lista al gas natural, al gas natural licuado, al gas licuado de petróleo y al aerokerosene.

Por ello, el pase de gasoil a GNC en el transporte público genera una reducción en la recaudación impositiva nacional. El descenso de recaudación por el impuesto a los combustibles, sería de unos 340 millones de pesos, a moneda corriente, en el primer año de recambio del 10% de la flota por renovación.

Las partidas afectadas serían las que se ven en el diagrama adjunto:



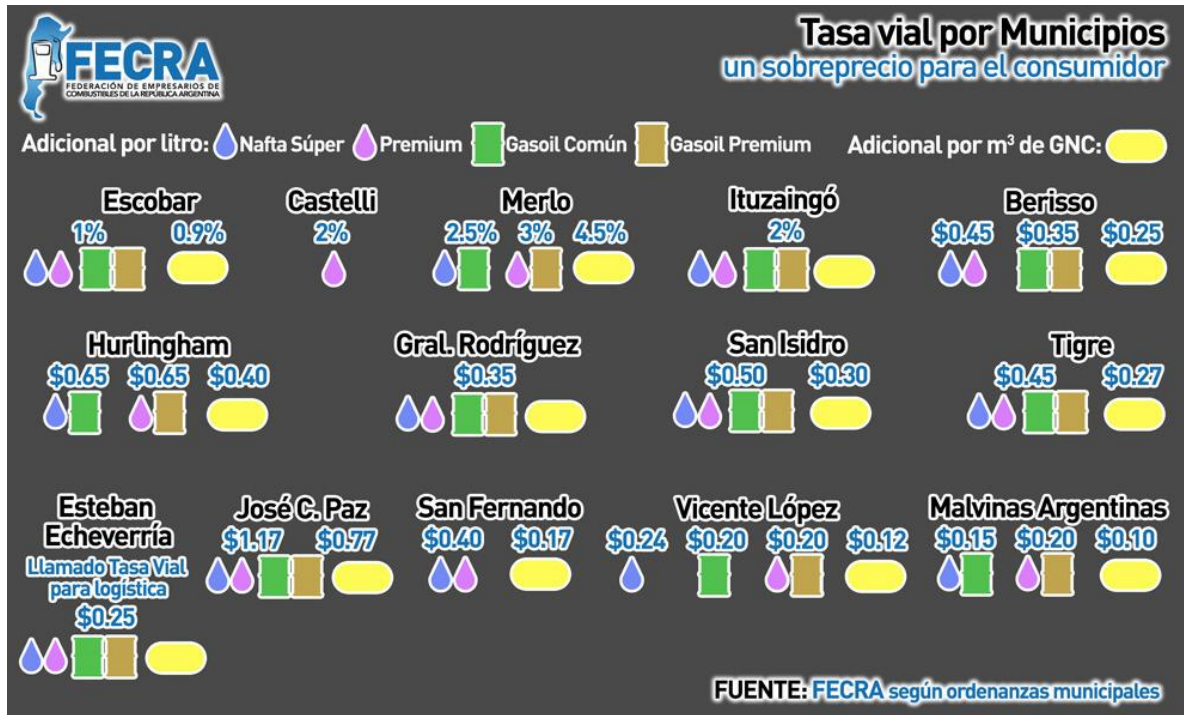
El Impuesto sobre los Combustibles y al Dióxido de Carbono se actualiza periódicamente, aunque en los últimos meses eso se había suspendido. El decreto 783/2020 marcó el descongelamiento de los impuestos a los Combustibles Líquidos (ICL) y al Dióxido de Carbono (IDC) que no se actualizaban desde el año pasado, a pesar de que por norma deben hacerlo en forma trimestral y en función de la inflación registrada.

Para saber si esa política sería continuada en el año 2021, se revisó el Proyecto de Presupuesto, que establece que lo recaudado por este impuesto ascendería a \$287.329 millones, lo que implica un aumento del 53,1% respecto de 2020. La variación se explica, principalmente, por las actualizaciones de las sumas fijas para determinar el impuesto y en las estimaciones de mayores litros vendidos.

En el Anexo 4 pueden verse los valores vigentes para los impuestos a los Combustibles Líquidos (ICL) y al Dióxido de Carbono (IDC).

## 10.4 Tasa vial municipal

La tasa vial es un monto que los municipios bonaerenses les cobran a las estaciones de servicio por la venta de naftas, gasoil y GNC. Cada municipio determina su valor en forma independiente, como puede verse en el gráfico siguiente:



Desde que comenzó la aplicación de tasas de este tipo, se han hecho presentaciones en la justicia para intentar derogarlas. Algunos de los argumentos utilizados son los siguientes:

- No sería una tasa sino un impuesto debido a que no hay "contraprestación" determinada por el pago del tributo.
- Es regresivo, en tanto pagan lo mismo todas las personas sin tener en cuenta su patrimonio, afectando el derecho constitucional de "propiedad" (Art. 17 CN).
- Hay quebrantamiento de los principios constitucionales de "capacidad contributiva", "equidad e igualdad ante las cargas públicas". Según el artículo 16 de la Constitución Nacional la igualdad es la base del impuesto y de las cargas públicas
- Colisiona con la política hidrocarburífera del Estado Nacional, creando distorsiones en el mercado de combustibles, alterando la competencia, elevando los costos de explotación de las estaciones de servicio y generando un aumento en el costo de vida de los consumidores.
- Las provincias, adheridas a la ley de coparticipación federal de impuestos, no pueden aplicar por sí gravámenes locales análogos a los nacionales. Los combustibles ya tienen un impuesto nacional coparticipable creado por la ley 17.597.

Dependiendo del lugar en que se instalara la recarga de GNC para la flota de buses, habrá que considerar a la Tasa Vial Municipal en los costos del proyecto.



## 11 Políticas activas de gasificación del transporte

### 11.1 Políticas sugeridas por NGV Global - Fundamentos

La mejor presentación encontrada, entre las que promueven el uso del Gas en el transporte, es la de NGV Global, organización mundial constituida por Cámaras y Asociaciones de GNV, cuyos miembros son:

- NGVA europe - Asociación Europea de Gas Natural Vehicular
- ANGVA - Asociación Asiática-Pacífico de Gas Natural Vehicular
- NGV América - Asociación Estadounidense de Vehículos a GNV
- Cámara Argentina del Gas Natural Comprimido
- CAPEC - Cámara Argentina de Productores de Equipos Completos de Gas y Afines
- CEGNC - Cámara de Expendedores de GNC (de la República Argentina)
- ABgnv - Asociación Brasileña de Gas Natural Vehicular
- CPGNV - Cámara Peruana del Gas Natural Vehicular
- NGV Alliance - Alianza Canadiense de Gas Natural Vehicular
- NGV Italy
- International Gas Union
- GNV Asociación Francesa de Gas Natural Vehicular
- APVNG - Asociación Portuguesa de Vehículos a Gas Natural
- NGV Holland - Asociación Holandesa del Gas Natural Vehicular
- Asociación Suiza de Gas Natural Vehicular
- Asociación Rusa de Gas Natural Vehicular
- Asociación Lituana del Gas Natural Vehicular
- KANGV - Asociación Coreana de Vehículos a Gas Natural
- Asociación Tailandesa de Gas Natural Vehicular
- Asociación Bengalí de Gas Natural Vehicular

La organización informa que, en general, se acepta que los vehículos de gas natural brindan beneficios a la comunidad, como los siguientes:

- Costos de energía reducidos
- Contaminación atmosférica local reducida
- Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero
- Uso de recursos locales
- Reducción de la contaminación acústica
- Oportunidades de empleo

NGV Global opina que, aunque se argumenta que la política gubernamental debe centrarse en los "resultados" y permanecer "neutral en cuanto al combustible", pero debido a que los mercados tienden a adoptar una visión más a corto plazo, se puede justificar el trato preferencial para un combustible en particular para garantizar que se obtengan beneficios a más largo plazo.



Por ello, NGV Global respalda la política de tener una gama de combustibles alternativos como el mejor medio para garantizar la seguridad, la diversidad y el suministro de energía a largo plazo. Los combustibles de esta gama variarán según las condiciones locales y las necesidades de los vehículos, pero dice que pocos combustibles ofrecen la misma gama de aplicaciones y distribución geográfica del suministro que el gas natural, por lo que debería constituir un componente principal de cualquier combinación de combustibles para el transporte.

Expresa que el uso de motores dedicados a GNC permite garantizar mejor los resultados esperados en caso de otorgar subsidios a la compra del vehículo, ya que los vehículos de combustible alternativo (AFV), también pueden alimentarse con gasolina o diésel, y los subsidios a podrían ocasionalmente ir a propietarios que han continuado alimentando el vehículo con gasolina o diésel. El ejemplo más conocido de esto fue en el estado estadounidense de Arizona, donde el sistema otorgaba reembolsos a compradores que podían comprar o convertir un vehículo y recibir reembolsos por miles de dólares, pero en realidad no se vieron obligados a usar un combustible alternativo.

De la publicación de NGV Globalse han extraído las sugerencias que podrían configurar posibles fomentos al GNC en buses:

### **Normas de cumplimiento obligatorio**

Aunque no se utilizan ampliamente, son una medida eficaz, siempre que sean supervisadas correctamente por las autoridades. Las normas obligatorias pueden aplicarse a los propietarios de Flotas de vehículos, como para utilizar un porcentaje de la flota con gas natural, o pueden aplicarse a los proveedores de energía, como para tener surtidores de combustible alternativo en una estación de servicio.

Probablemente el ejemplo más conocido en GNV sea el sistema de autobuses públicos de Delhi, India, que debe utilizar gas natural comprimido (GNC). Esto ha resultado en más de 10,000 autobuses a GNC en las carreteras de Delhi y se le ha atribuido el mérito de realizar mejoras significativas en la calidad del aire de Delhi. Las normas obligatorias vigentes en la India han sido impuestas por el Tribunal Supremo de la India y no como resultado de una política gubernamental. La decisión de la Corte Suprema surgió de demandas civiles entabladas en relación con el derecho de los ciudadanos a respirar aire puro.

Otro caso exitoso está operativo en el sur de California, EE. UU., donde las Reglas de Flota Limpia del Distrito de Gestión de la Calidad del Aire de la Costa Sur (SCAQMD) requieren que ciertos operadores de flotas utilicen vehículos de gas natural.

### **Impuestos e impuestos especiales sobre el combustible favorecido**

Estos brindan una oportunidad para que el gobierno favorezca el gas natural como combustible de transporte público, ya sea a través de tarifas reducidas o aumentando las tarifas para el diésel.





Los impuestos especiales más bajos se pueden aplicar como un beneficio para el proveedor de energía o el minorista, que luego transfiere el beneficio a los usuarios finales a través de costos de combustible más bajos, o brindando reembolsos a los usuarios finales, que se solicitarán después de que el combustible haya sido consumido. Como en el caso de ARGENTINA con la exención al GNC del Impuesto al Carbono

### **Soporte tecnológico**

Aunque la tecnología de vehículos a gas natural está "madura", los fabricantes de vehículos y motores a gas dedicados, como los montados en los buses a GNC, tienen un gasto para poner los vehículos de gas natural en el mercado y afrontan un riesgo que compensan, ya sea mediante precios más altos o manteniéndose fuera del mercado de ese tipo de vehículos.

El apoyo tecnológico se puede proporcionar a través de subvenciones directas o concesiones fiscales para el desarrollo de productos, pruebas de emisiones o costos de homologación. Esto reduce los costos y los riesgos para el fabricante y, en última instancia, para el comprador.

### **Derechos de importación más bajos**

Los países que dependen de equipos importados para vehículos de gas natural pueden brindar apoyo reduciendo o eliminando los aranceles de importación de equipos y componentes. Estos podrían aplicarse no solo a componentes de vehículos y motores, sino también a equipos de recarga, cilindros de combustible, etc.

### **Financiamiento directo**

Al proporcionar subvenciones o reembolsos a los compradores de buses a gas natural o sistemas de conversión, se pueden compensar los costos adicionales incurridos por el propietario del vehículo. Como se describió anteriormente, estos esquemas pueden alinearse con esquemas que también fomenten el uso de gas natural una vez que el vehículo ha sido comprado.

### **Predicar con el ejemplo**

Las compras de vehículos a GNC para flotas gubernamentales puede aumentar la disponibilidad de estos vehículos en el mercado. Además, se puede exigir que los contratistas gubernamentales proporcionen servicios utilizando también vehículos de gas natural.

La República Dominicana ha elegido el gas natural para el transporte y está llevando a cabo una conversión gradual de sus 20.000 vehículos de transporte público a gas natural comprimido (GNC).



## **Beneficios preferenciales**

Se puede fomentar la propiedad de buses a gas natural con beneficios preferenciales como menores costos de registro de las unidades.

## **11.2 Políticas públicas para uso de GNC en Europa**

### **11.2.1 Directiva sobre despliegue de infraestructura de carga**

La directiva sobre infraestructura de combustibles alternativos, adoptada en 2014, establece requisitos sobre despliegue de infraestructura en los estados miembros, incluyendo GNC y GNL para transporte. La directiva requiere que se construya un número apropiado de estaciones de servicio de GNC para fines de 2020 para garantizar que los vehículos puedan circular en áreas urbanas y otras áreas densamente pobladas.

Tres países (Italia, Hungría y República Checa) dan prioridad al gas fósil como combustible alternativo, sobre la infraestructura de vehículos eléctricos.

Con claras disparidades geográficas, para 2020 Italia representaría  $\frac{1}{3}$  del crecimiento de la flota de GNC de la UE y  $\frac{1}{3}$  del crecimiento de la infraestructura de reabastecimiento de combustible. Para 2025 se espera que la flota de vehículos crezca de 1600 a 12000.

El costo de infraestructura estimado es de hasta 257 millones de euros, o alrededor de 200 mil euros por vehículo. El crecimiento de la flota se encuentra principalmente en Polonia y Hungría, cuyos planes contemplan un gran desarrollo para los camiones de GNL. El desarrollo y la venta de vehículos siguen siendo aspiracionales, ya que carecen de políticas para llegar a la infraestructura y objetivos de flota.

### **11.2.2 Subvenciones y exenciones fiscales para vehículos de Gas Natural**

En Europa el crecimiento promedio de las ventas de vehículos a GNC ha sido lento. De 2016 a 2017 hubo un aumento del 15% en ventas y solo se vendieron 49243 vehículos a GNC. Este crecimiento en algunos mercados del segmento de GNC es grande, con España y Alemania como ejemplo, donde se han quintuplicado de 2017 a 2018.

Las Subvenciones y exenciones fiscales para reducir el precio de compra de vehículos de Gas Natural se usan en Italia, Alemania, España y Francia.

#### **11.2.2.1 Italia**



Se introdujo en 2009 un nuevo esquema con incentivos de compra que oscilan entre 1500 y 3500 euros para las matriculaciones de vehículos nuevos a GLP y GNC y una bonificación adicional de hasta 1500 € cuando se cambie o desguace un vehículo de 10 años o más. A solo un año del programa, los vehículos a GNC habían alcanzado el 5,42% de la cuota de mercado.

Desde entonces, las subvenciones se han reducido y la participación de mercado de GNC ha disminuido de 5.32% en 2014 a 2.37% en 2018. Pero Italia sigue siendo el mercado de vehículos de Gas Natural más grande de la Unión Europea y representó el 68% de todos los vehículos de Gas Natural nuevos. Además, el gobierno adoptó recientemente nuevos incentivos para la compra con una subvención directa de 4 000 € para camiones de GNC y 20 000 € para LNG.

### **11.2.2.2 Alemania**

Los vehículos se benefician, hasta 2026, de impuestos energéticos reducidos sobre el GNL y GNC, y de un impuesto vehicular ligeramente reducido debido a su menor contaminación del aire en comparación con los diesel. A pesar de esto, la cuota de vehículos a GNC en el mercado sigue siendo muy baja y nunca superó el 0,4%. Pero Alemania ocupa el segundo lugar en la UE por matriculaciones de vehículos de Gas Natural a 2016 (7,5%). En junio de 2018, el Ministerio de Transporte anunció una subvención de 8 000 € para camiones GNC y 12 000 € para GNL (con un límite máximo de 500 000 € por empresa).

### **11.2.2.3 España**

Varios subsidios y exenciones fiscales están disponibles al comprar un vehículo propulsado por Gas Natural. Por ejemplo, como parte del plan MOVALT, había un apoyo financiero de entre 2500 € y 18 000 € para la compra de un vehículo de Gas Natural. Además de esto, el Gobierno puso en marcha en 2017 el Plan MOVEA de 14,26 millones de euros, para impulsar la compra de vehículos de combustible alternativo, incluidos vehículos eléctricos, pero también vehículos de GLP y GNC, como así como la implantación de puntos de recarga en zonas de acceso público.

El último esquema vigente es el Plan VEA, que se acordó en julio de 2018 con un presupuesto específico de 50 millones de euros destinados a la compra, por parte de particulares, de vehículos eléctricos, pero también de vehículos propulsados por GLP, GNC y GNL. Adicionalmente, los vehículos de metano con emisiones inferiores a 120 g / km también están exentos en España del pago del impuesto de matriculación.

Algunas regiones han puesto en marcha planes de apoyo adicionales, como una bonificación de hasta un 75% sobre el impuesto a los vehículos en Barcelona y Madrid, descuentos en peajes de autopista en Cataluña o ayuda económica para la compra de nuevos taxis en Madrid. Finalmente, se permitirán vehículos de Gas Natural para entrar en la zona “Madrid Central”, una gran superficie de 480 hectáreas donde se restringe el tráfico. Estas medidas forman parte de la explicación del éxito en la introducción de buses a GNC en las ciudades de Madrid y Barcelona.



#### **11.2.2.4 Francia**

Cambiando un vehículo diésel que se puso en circulación antes del 1 de enero de 2006, hay una bonificación de 500 € a 1000 € en la compra de un vehículo propulsado por Gas Natural (con emisiones inferiores a 110 g/km).

#### **11.2.3 Exenciones fiscales para el gas natural.**

El atractivo de diferentes combustibles para el consumidor depende de varios factores, pero las claves son el precio pagado, los subsidios, el uso de la red de distribución y los impuestos. En Europa el principal diferenciador del precio del Gas Natural son los impuestos. Por esto en el gas doméstico los precios son cuatro veces más altos en Suecia que en Rumanía.

Los precios del GNC varían mucho en la UE. Por ejemplo, en Italia el precio ronda los 0,96 € / kg, y en Suecia 1,87 € / kg. El bajo precio del GNC en Italia equivale a 0,62 € / litro equivalente diésel: casi la mitad del precio del diésel.

Sin embargo, si la tasa impositiva por contenido energético (€ / GJ combustible) se fijara a la par con el diésel, el precio del GNC se duplicaría hasta 1,23 € / litro equivalente diésel o 1,91 € / kg GNC. Dado que el precio de compra de los camiones diésel es aproximadamente 40000 € menor que los camiones de GNL, el combustible debe ser más barato para que el uso del Gas Natural tenga sentido económico.

El beneficio tributario varía en los diferentes países de la UE, como puede verse en la tabla siguiente:



## ANNEX 1. Tax rates for transport fuels

2016 Tax rates for transport fuels in EU in €/GJ <sup>247 xxxix</sup>

	Diesel (cars)	Diesel (trucks) <sup>xi</sup>	Petrol	Fossil gas
European Union (minimum rate)	9.22		11.29	2.60
Austria	11.09		15.16	1.66
Belgium	12.98	10.85	19.47	0.00
Bulgaria	9.23		11.42	0.43
Cyprus	12.57		15.06	2.60
Czech Republic	11.26		14.86	0.70
Germany	13.14		20.58	3.86
Denmark	11.62		19.22	11.46
Estonia	12.51		14.62	0.00
Greece	9.22		21.07	0.00
Spain	9.25	8.49	13.36	1.15
Finland	14.14		21.42	4.84
France	13.91	12.55	20.16	1.05
Croatia	11.19		15.89	0.00
Hungary	9.85	8.85	12.06	2.63
Ireland	13.38	11.84	18.48	2.60
Italy	17.25	11.26	22.91	0.09
Lithuania	9.22		13.66	6.56
Luxembourg	9.36		14.53	0.00
Latvia	9.53		13.71	2.67
Malta	13.20		17.28	0.00
Netherlands	13.53		24.21	4.57
Poland	9.60		12.36	3.18
Portugal	13.03		20.49	3.25
Romania	12.00	10.81	14.49	2.79
Sweden	17.39		21.16	6.66
Slovenia	13.21	9.81	17.22	3.45
Slovakia	10.79		16.75	2.60
United Kingdom	18.83		21.20	6.59

<sup>xxxix</sup> To adjust to diesel equivalent, a conversion factor of 0.91 can be used for petrol and CNG. This would take into account the lower engine efficiencies of petrol and gas.

<sup>xi</sup> Assuming 2015 diesel rebates for commercial users from Transport & Environment (2015) Europe's tax deals for diesel



## 12 Emisiones de gases de efecto invernadero y de otros contaminantes de aire local.

### 12.1 Gases de efecto invernadero y otros contaminantes

Para recordar cuales son los contaminantes que reciben mayor atención, y que se pueden encontrar en los tubos de escape de vehículos de combustión interna, citamos el cuadro siguiente:

Principales gases de efecto invernadero		
Tipo de GEI	GWP (100 años)	Fuentes de emisión
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	1	Quema de residuos, combustibles fósiles, deforestación.
Metano (CH <sub>4</sub> )	25	Producción y transporte de carbón, gas natural, descomposición de desechos orgánicos en vertederos de residuos sólidos y de la crianza de ganado.
Óxido Nitrroso (N <sub>2</sub> O)	298	Actividades agrícolas e industriales, combustión de residuos sólidos y combustibles fósiles.
Ferfluorocarbonos (PFC)	7.390-12.200	Diferentes procesos industriales (aluminio, industria farmacéutica, equipos eléctricos).
Hidrofluorocarbonos (HFC)	124-14.800	
Hexafluoruro de azufre (SF <sub>6</sub> )	22.800	

- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>): El contaminante que recibe más atención mundial. Los países deben presentar declaraciones ante organismos internacionales que intenten, con ambición, bajar sus emisiones. Principal responsable ante el gran público del efecto invernadero. Efectos globales.
- Monóxido de Carbono (CO): Origen 90% automotriz, principalmente en ralentí (tráfico denso). Puede disminuir el rendimiento psicomotriz, la agudeza visual, y causar fatiga, dolor de cabeza, sueño. Efectos locales.
- Óxidos de Nitrógeno (NO y NO<sub>2</sub>): Pueden viajar a áreas distantes. Provocan problemas respiratorios, irritación ocular y dificultades de visión. Efectos globales.
- Material Particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>): Formado por polvo, hollín e hidrocarburos. Aprox. 50% son partículas menores a 10 micrómetros, las más peligrosas para la salud humana (PM<sub>2,5</sub>). Efectos locales.
- Los Óxidos de Azufre (SO<sub>x</sub>): dependen de la cantidad de azufre contenida en el combustible. Efectos locales.



- Hidrocarburos no quemados: combustible que no pudo quemarse en el interior del motor y aparece por el tubo de escape. Efectos locales.

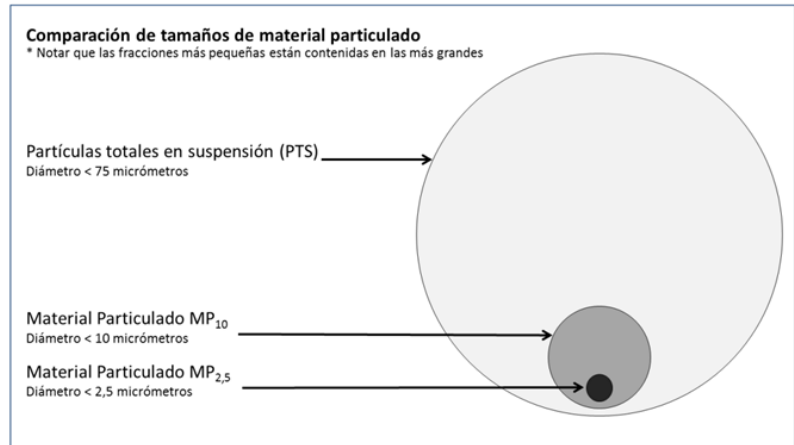
## Material particulado.

El GNC tiene grandes ventajas en este ítem sobre los diesel, tal como se explica en el punto “Descripción de los sistemas de propulsión a Gas Natural comprimido”, por lo que conviene describir con más detalle sus características.

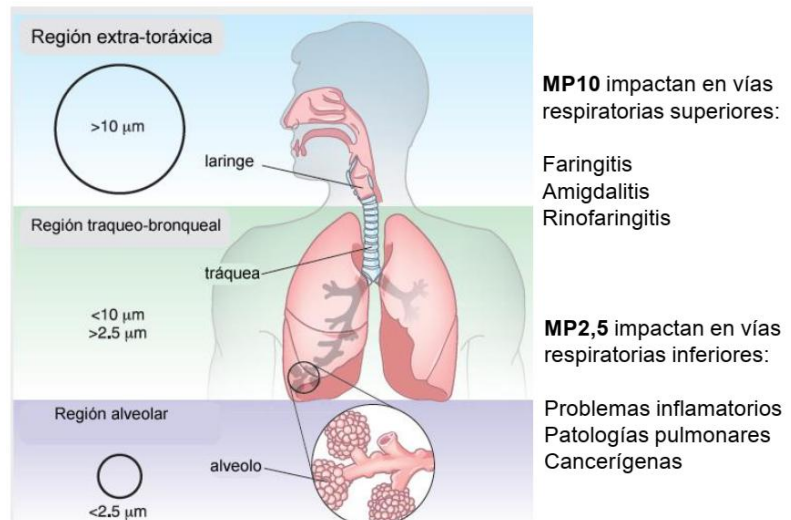
En los gráficos de al lado pueden apreciarse los diámetros de las partículas que son medidas en las estaciones de medida de la calidad del aire en las ciudades como Buenos Aires, y los efectos sobre el sistema respiratorio, según el diámetro de las partículas.

También permite imaginar el efecto de partículas ultra finas, de diámetro menor a 2.5 micrómetros, como se presentará más adelante.

El uso de Gas natural en el motor no impide la formación de material particulado proveniente de la quema del aceite que supera los aros del pistón hacia la cámara de combustión.



Centro Mario Molina Chile

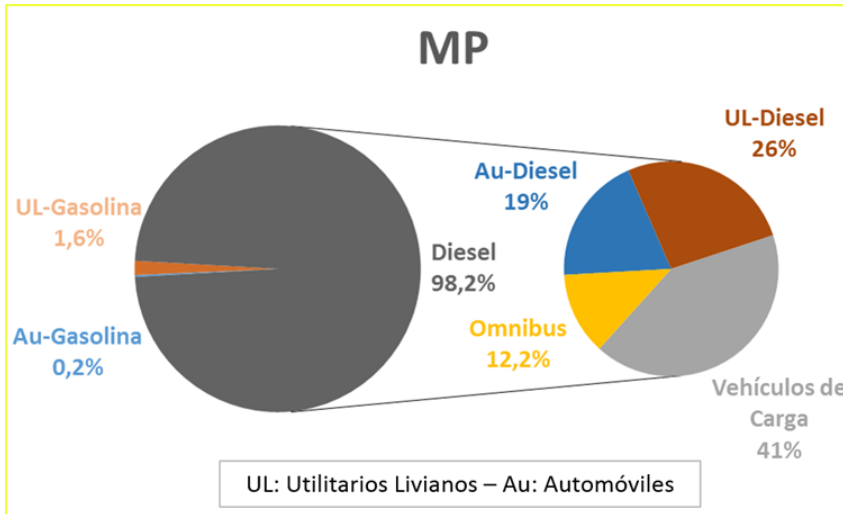


## 12.2 Estado actual de emisiones y calidad de aire en Buenos Aires- Responsables

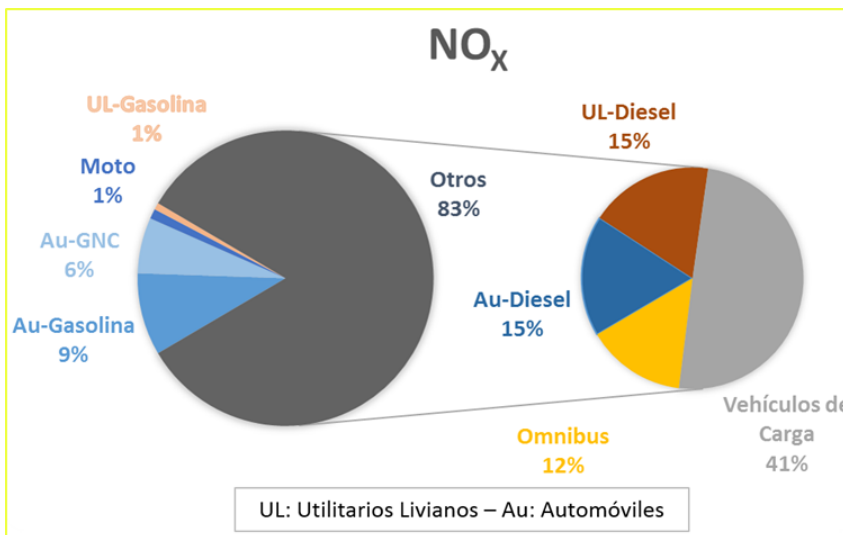
De acuerdo a información provista por la Secretaría de Transporte de la Ciudad de Buenos Aires, el estado de situación de aire local, referido específicamente a Material Particulado y Óxidos de



nitrógeno es el que muestran los diagramas, y revelan que su origen es principalmente desde los motores diesel, principalmente aquellos montados sobre buses.



ROADMAP: TRANSPORTE SUSTENTABLE CIUDAD AUTONOMA DE BUENOS AIRES, Secretaría de Transporte de la Ciudad de Buenos Aires, 2017



ROADMAP: TRANSPORTE SUSTENTABLE CIUDAD AUTONOMA DE BUENOS AIRES, Secretaría de Transporte de la Ciudad de Buenos Aires, 2017

### 12.3 El GNC y la contaminación

Hay abundante literatura e información sobre conversión de vehículos propulsados a naftas hacia el GNC, usando motores bi-fuel convertidos, aunque no tanta en la conversión de diesel a GNC dedicado, como único combustible, como sería el caso de los buses a GNC. Por eso, según la fuente, pueden leerse artículos con diferentes orientaciones, por eso se incluyen datos sobre



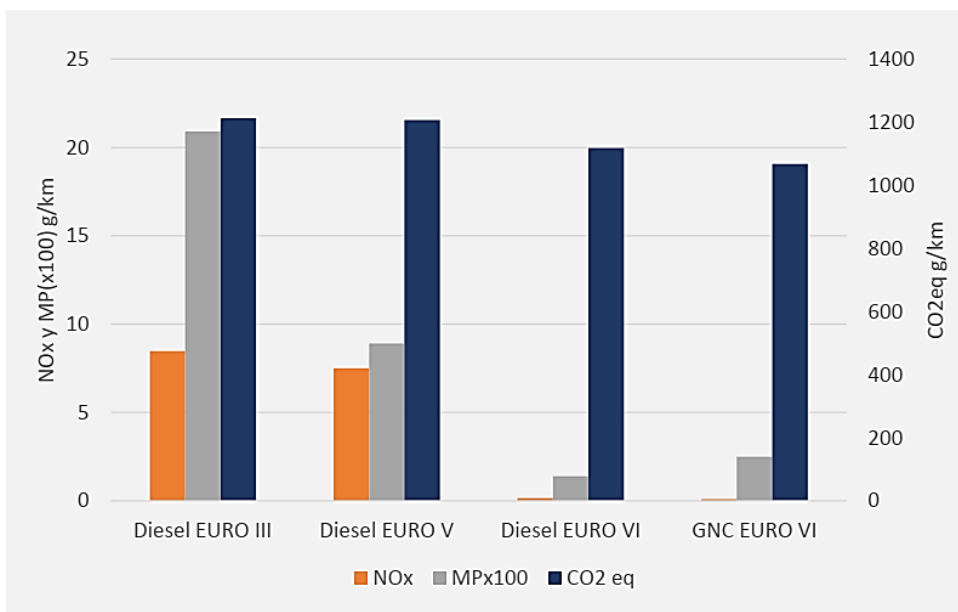


trabajos de campo en el punto siguiente. Sin embargo, las conclusiones suelen coincidir en lo siguiente:

En general puede decirse que el bus a GNC Euro VI tiene emisiones similares de CO<sub>2</sub> a un bus diesel, pero se observan grandes reducciones de Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Monóxido de Carbono (CO) y Material particulado (MP) respecto a diesel Euro III y V.

La reducción de estos contaminantes es de gran importancia para la salud de las personas que habitan cerca de las rutas de los buses, y para las jurisdicciones encargadas del cuidado de su salud. La falta de abatimiento de Dióxido de Carbono puede hacer poco atractivo el proyecto de migración a GNC en la órbita nacional, pero será de importancia para los sistemas de salud de municipios, CABA y provincia de Buenos Aires.

Con fuente en “VTT 2016”, el Ministerio de Transporte presenta información que reafirma estos conceptos:



Un relevamiento de la literatura sobre el tema permite resumir lo siguiente:

### **Efectos sobre la contaminación local:**

Los gases de escape del GNC están exentos de compuestos sulfurosos y partículas ya que permite una oxidación más completa que la gasolina y el gasoil, debido a una cadena carbonada más corta, lo que reduce también la emisión de CO y HC (Hidrocarburos). La reducción es mayor, cuanto más frío trabaje el motor. Las emisiones de HC, en un ciclo



completo de circulación son menores debido al estado gaseoso del carburante y comburente y a que el arranque con motor frío se efectúa sin enriquecimiento de combustible. Además un porcentaje elevado (85-95%) de los hidrocarburos están compuestos por metano, sustancia considerada como no tóxica. Las buenas prestaciones en la combustión con mezcla pobre permiten su utilización para la reducción de NOx.

En cuanto a emisiones de compuestos nocivos tales como aldehídos, BTX (benceno, tolueno y xileno) e hidrocarburos aromáticos, que están considerados de alto riesgo en las grandes ciudades, el gas natural tiene un comportamiento mejor que el diesel, dado que en su composición sólo hay trazas de este tipo de compuestos. La carburación con GNC, no da lugar a evaporaciones ni a fugas, dadas sus características de sellado y presurización.

### **Efectos sobre la contaminación regional:**

En materia de contaminación regional, el gas natural es el carburante con menor potencial de producción de ozono urbano, que se forma por reacción fotoquímica de los NOx y los VOC (compuestos orgánicos volátiles). La causa es la estabilidad química y poca densidad del metano respecto al aire.

### **Efectos sobre la contaminación interregional:**

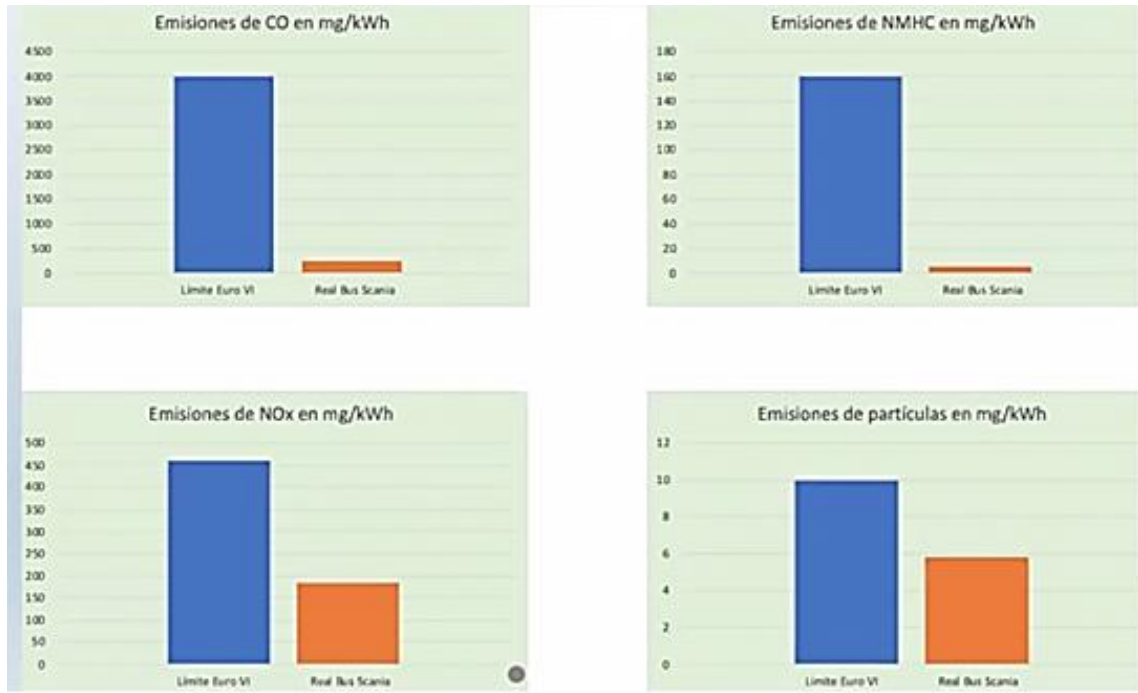
El gas natural es buena alternativa, debido a la muy baja emisión de partículas y a la nula emisión de SO<sub>2</sub>, contaminante con mayor incidencia en la formación de la lluvia ácida.

## **12.4 Datos de campo sobre emisiones**

### **12.4.1 Publicidad SCANIA**

En la publicidad de los buses a GNC de Scania puede verse que anuncia reducciones importantes de contaminantes, en formato porcentual y en gráfico de barras:





#### 12.4.2 Trabajo de campo en carreteras belgas

Uno de los trabajos de campo encontrados, que incluyen la visión de Ciclo de Vida de muy variados tipos de vehículos, se desarrolló en Bélgica. En el Anexo 5 RESUMEN DEL TRABAJO DE CAMPO EN CARRETERAS BELGAS – ANALISIS DE CICLO DE VIDA (LCA), se ha resumido lo que concierne a buses a GNC.

Los puntos salientes del estudio en lo que hace a GNC son:

- *Efectos respiratorios: Muchos estudios están evaluando el efecto de los vehículos en el cambio climático (emisiones de CO<sub>2</sub>). Sin embargo, existen otros impactos ambientales importantes a considerar. La mejor puntuación en esta categoría de impacto es para el vehículo de GNC.*
- *La producción de gas natural tiene emisiones relativamente bajas para todos los contaminantes considerados en esta categoría.*
- *El vehículo a GNC ensayado es el de menor emisión de SO<sub>2</sub>eq.*

#### 12.4.3 Artículos de Transport and Environment



Estos artículos, adjuntos en el Anexo 6, son casi la única fuente que ataca a los motores pesados a GNC desde el punto de vista del material particulado. Dado que los anuncios de las pruebas de los fabricantes de buses no se expresan sobre este tema, estos artículos se presentan en este trabajo para conocer que podrán ser presentados por detractores de la tecnología GNC.

a) Se ha relevado un artículo de Junio 2020, que expresa:

*Los vehículos de gas natural comprimido no son una solución limpia para el transporte. El análisis de las últimas pruebas revela niveles elevados de emisiones de partículas*

b) ARTICULO de Octubre 2020

El caso del artículo de Oct 2020, resulta crítico hacia los vehículos pesados a GNC, principalmente por el Número de partículas (PN), más que por la masa de material particulado (PM).

Se transcribe aproximadamente lo siguiente:

*En el informe del JRC, la prueba del autobús de GNC tuvo mayores emisiones de PM en comparación con el autobús diesel Euro VI con filtro de partículas diesel. Los camiones de GNC o GNL generalmente emiten menos PM (material particulado) u hollín negro que los vehículos diésel no equipados con DPF (dieselparticulatefilter - filtros de partículas para motores diesel), pero esto ya no es necesariamente cierto para PM, si se comparan con vehículos diésel equipados con DPF.*

*Los resultados del departamento del Reino Unido para el estudio de vehículos de transporte de gas que incluyó pruebas de laboratorio y pruebas de pista no midió PM, pero se basó en datos de los fabricantes, los vehículos a gas emitían 1 - 3 mg / kWh y el diesel 2 - 6 mg / kWh.*

*TNO también encontró que "... los motores de gas de encendido por chispa y los motores diésel con filtros de partículas de flujo de pared a menudo tienen emisiones de partículas similares, tanto en masa como en número."*

*La diferencia en las emisiones de PM entre los vehículos propulsados por diésel y metano son inferiores a los de las normas europeas anteriores. La literatura da puntos de vista diferentes en comparación con los camiones diésel Euro VI modernos con DPF, ya que una diferente tecnología para vehículos de metano tienen un rendimiento diferente.*

*Sin embargo, el número de partículas sólidas (PN) es más alto para los camiones de GNC en comparación con los camiones de diesel, y este resultado probablemente también se aplicará a los camiones de GNL.*

*Según la evidencia disponible, los camiones y autobuses de metano no tienen un beneficio significativo en comparación con camiones diesel Euro VI equivalentes en términos de calidad del aire. Diferentes estudios dan resultados ligeramente contradictorios, pero las diferencias no justifican un cambio de camiones diesel a camiones GNL o GNC.*



Se necesitan más pruebas, también para comparar las emisiones de contaminantes atmosféricos de camiones de metano de encendido por chispa y presión (HPDI) con los mejores camiones diésel Euro VI actuales disponibles, tanto en laboratorio como en condiciones de conducción reales.

#### 12.4.4 El Trabajo de CIVITAS 2020.

CIVITAS publicó su trabajo sobre buses urbanos “Smart choicesforcities -Clean buses foryourcity”, que hace una comparativa de emisiones de gases efecto invernadero entre buses con diferentes propulsiones. Esta es la comparativa entre Euro V y VI y buses a GNC:

GHG	Measure	Euro V	Euro VI	CNG 2013	CNG 2020
CO <sub>2</sub> eq	g/km	1000	1000	1000	800 - 850
NO <sub>x</sub>	g/km	3,51	1,1	1.4-4.5	0.88
PM10	g/km	0.10	0.03	0.005-0.03	0.024

El trabajo concluye que:

*“La principal diferencia entre el bus diésel y el de GNCes en términos de contaminantes locales. La escala de este beneficio para los buses a GNC está disminuyendo, ya que los vehículos diésel emiten cada vez menos contaminantes locales para satisfacer las normas de emisión de la UE (especialmente Euro VI).”*

*“Es necesaria una comprensión clara de las diferencias entre las emisiones de CO<sub>2</sub> que contribuyen al calentamiento global y los contaminantes locales (NO<sub>x</sub>, PM10) que impactan en la calidad del aire. ... Por ejemplo, los autobuses que funcionan con biofuel funcionan mejor para reducir el CO<sub>2</sub> pero puede aumentar el nivel de emisiones locales. Por otro lado, los autobuses a GNC no tienen ninguna ventaja sobre el CO<sub>2</sub>, pero disminuyen considerablemente los contaminantes locales.”*

*“Los buses de gas natural están fácilmente disponibles, pero el precio de compra es de unos 30.000 euros más alto que el del bus diésel. Además, requieren estaciones de servicio relativamente caras de aproximadamente 1 millón de euros (para una flota de 100 buses, equivalen a unos 10.000 euros por bus).”*

#### 12.4.5 El trabajo de Embarq de 2012 “Exhaust EmissionsofTransit buses”

El informe, a través de técnicas de metanálisis, busca identificar la combinación de combustibles y **tecnologías de postratamiento de gases de escape** que tienen el mayor impacto en la reducción de emisiones, analizando las emisiones locales y globales, para colaborar en adquisiciones de flota de buses, específicamente en Brasil, India y México.



Las conclusiones del estudio se resumen a continuación:

- *En general, el análisis muestra que ningún combustible es significativamente mejor en la reducción de todas las emisiones de escape si se utilizan las tecnologías de control adecuadas; así, estas tecnologías de control son una parte necesaria para reducir emisiones.*
- *Al mismo tiempo, combustibles o tecnologías que pueden reducir un contaminante pueden aumentar otros, especialmente en el caso de CO<sub>2</sub> y PM.*
- *Aunque todas las emisiones son importantes, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> y PM son emisiones particularmente dañinas para el calentamiento global y la salud pública.*
- *Los esfuerzos para hacer más estrictos los estándares de emisiones, que a menudo impulsan nuevas tecnologías, han logrado reducciones de emisiones en NO<sub>x</sub> y PM. Incluir CO<sub>2</sub> en estos estándares, como Estados Unidos, debería resultar en una mejor economía de combustible y, quizás, tecnologías de reducción de CO<sub>2</sub>.*
- *Como los resultados no recomiendan una combinación específica de combustible y tecnología, las condiciones locales serán las que determinen qué combustibles debe utilizarse. Por ejemplo, si una ciudad tiene un alto contenido de partículas debido a otras industrias, el GNC puede ser la mejor opción.*
- *La tecnología de reducción de emisiones también es una buena opción para minimizar las emisiones de escape, como ir a una norma Euro superior, sin embargo, si no se dispone de diesel con bajo contenido de azufre, debe evaluarse la relación entre los costos del combustible y la contaminación local.*

#### 12.4.6 El uso de Tecnologías para la reducción de emisiones

Este artículo nos remite a la existencia de Tecnologías para la reducción de emisiones situada en el escape. Aquí presentamos tres de las más utilizadas:

- **Oxidación catalítica:** La oxidación catalítica (OC) está diseñada para oxidar tanto el CO como los HC, lo que a su vez produce CO<sub>2</sub>. Los catalizadores de oxidación pueden reducir las emisiones de HC, CO y CH<sub>4</sub> (Nylund et al. 2004, Translink 2006, Johnson Matthey 2011).
- **Catalizadores de tres vías:** Los catalizadores de tres vías (3WC) también son conocidos como catalizadores de oxidación-reducción. Están diseñados para oxidar el CO, los HC, y para reducir el NO<sub>2</sub>. Esto produce CO<sub>2</sub>, nitrógeno y agua (Johnson Matthey 2011)
- **Filtro de partículas** (DPF por su sigla en inglés) que, integrado en el convertidor catalítico, atrapa las partículas de carbono generadas en la combustión, y suele ir montado en los motores diésel para cumplir con la normativa de consumos y emisiones, a partir de la norma Euro V.

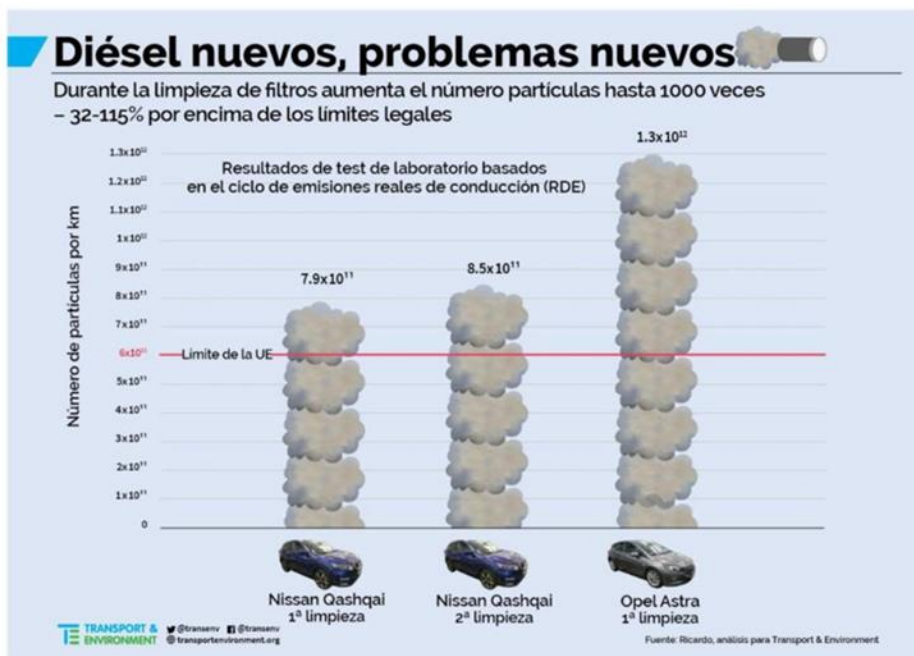
Con el filtro antipartículas se consigue capturar hasta el 99% de las partículas contaminantes, pero debe hacerse una limpieza o regeneración del filtro periódicamente, mediante calor (a altas



revoluciones) y el agregado de un aditivo (dependiendo del fabricante) o de una post-inyección, tanto en la cámara como en la entrada del Filtro. Un vehículo propulsado por diésel, con un filtro instalado y operativo, no emitirá humo visible en su tubo de escape.

Mediante el uso de estos dispositivos, los fabricantes de unidades diesel expresan que sus motores pueden ser mejorados para reducir sus emisiones, como lo demuestran las sucesivas Normas Euro, pero esto se logra en base al uso de catalizadores con Urea y los Filtros. Ambos elementos dependen de un adecuado mantenimiento para obtener los resultados esperados.

Sin embargo, existen estudios que intentan mostrar el efecto de los filtros de este tipo durante la operatoria normal de un vehículo en los momentos de limpieza. En este gráfico, relativo a vehículos livianos, se muestran efectos distintos a los esperados de forma teórica:



Fuente: Transport&Environment

Resulta de importancia conocer si la unidad de bus a GNC cuenta con alguna de estas tecnologías.



## 13 Mercado potencial de buses a GNC

### 13.1 Escenarios de demanda potencial de buses a GNC en el mercado argentino.

En primer lugar cabe la pregunta sobre si la composición y tamaño actual de la flota de colectivos, que se ha mantenido constante en las últimas dos décadas, podrá necesitar un refuerzo en el número de unidades para poder cumplir con los protocolos sanitarios que vayan imponiéndose en la nueva normalidad. Si se precisara de refuerzos, se abriría una oportunidad adicional a la de renovación de flota para la incorporación de unidades con nueva propulsión, como el GNC.

En ese sentido, el cuadro siguiente, extraído de un trabajo del CIPPEC, representa la elección del medio de transporte para ir a trabajar según el sector de actividad, y es del estilo de trabajos que permiten vislumbrar como quedará la ocupación de las unidades de transporte de pasajeros al reanudarse actividades en el PostCovid, y también aportan a la evaluación del número necesario de unidades para comparar con el parque existente:

Sector de Actividad	Transporte Público	Otro medio	Trabaja donde vive
Actividades primarias	22%	75%	3%
Industria manufacturera	45%	42%	14%
Construcción	61%	36%	3%
Comercio	35%	38%	27%
Hoteles y restaurantes	55%	37%	8%
Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones	51%	39%	9%
Servicios Administrativos, Financieros e Inmobiliarios	55%	30%	15%
Administración pública y defensa	67%	33%	0%
Enseñanza	52%	43%	5%
Servicios Sociales y de Salud	69%	26%	5%
Trabajo doméstico	65%	33%	2%
Otros Servicios Comunitarios, Sociales y Personales	38%	34%	28%
Otras ramas	42%	58%	0%
Sin especificar	100%	0%	0%
<b>Total</b>	<b>52%</b>	<b>36%</b>	<b>12%</b>

Fuente: elaboración propia en base a ECETSS 2018.

Albrieu, R. et al. (septiembre de 2020). Hacia una economía de baja proximidad física. Documento de Trabajo N°196. Buenos Aires: CIPPEC.

Por otro lado, el “TP DE INGENIERÍA INDUSTRIAL - Chazarreta, Chhab, Priano” buscó proyectar la demanda de buses a través de algún tipo de correlación entre la producción de colectivos diesel y distintas variables de la producción en Argentina como PBI, precio del petróleo, vehículos particulares, etc., pero sin éxito. Se concluyó, entonces, que es un rubro que depende fuertemente de las políticas públicas del gobierno y sus incentivos.





Debido a ello, y a que el bus a GNC es un producto nuevo en nuestro país, se plantean dos tipos de escenario:

- Un escenario de máxima en que el 50% de las unidades que se dan de baja se recambian por una nueva a GNC. En este caso, las 10200 unidades seleccionadas para el análisis tienen una edad promedio algo mayor a los 5 años (que implica la existencia de algo más del 10% de las unidades con 10 años o más), permiten pensar en unas 10500 a 11000 unidades en un primer año de recambio con migración obligatoria, o inducida por incentivos, a GNC. Esta alternativa presupone la existencia de sistemas de recarga en las terminales (cuando el número de unidades lo justifique), o la adecuación de estaciones de GNC para recibir los buses que no cuenten con instalaciones de recarga en sus terminales (como lo hace actualmente el bus de la línea 50 bajo prueba).
- Varios escenarios de mínima, que reflejen que un dado porcentaje de las unidades dadas de baja se renueva con GNC. Este porcentaje, que también podría ser objeto de una encuesta, será el resultado de las cantidades de unidades que puedan ser abastecidas, y de las políticas de estado que se tomen para promover o incentivar al GNC (como reduciendo o quitando los subsidios a quienes continúen con Diesel, por ejemplo). Estas simulaciones pueden verse en el Punto “Abastecimiento de GNC”, ya que este aspecto será el que permita la adopción de unidades a GNC. En efecto, sólo en aquellas líneas que puedan contar con un número tal de unidades a GNC que haga viable la instalación de infraestructura de recarga de GNC de escala en sus Terminales, se podrá hacer recarga fuera de las estaciones de GNC públicas, que quedan como alternativa secundaria.

De esta forma, puede presentarse a los fabricantes e importadores de buses y sus partes el escenario que produciría la aplicación de una eventual política pública sobre la materia, con vistas a dimensionar el potencial mercado nacional de buses a GNC.

## 13.2 Esquema FODA

Se elaboró un esquema FODA con las características del mercado potencial de buses a GNC:

### Fortalezas

- Vasta experiencia en la producción nacional y operación de cargadores y vehículos de GNC, y de toda la cadena de valor del gas natural.
- Posibilidad de iniciar rápidamente la construcción local de buses a GNC con motores importados y chasis y ejes locales, casi sin cambios en los procesos de fabricación respecto a los actuales.
- Posibles beneficios impositivos según integración de componentes nacionales.

### Oportunidades

- El principal medio de transporte público usado en Argentina es el colectivo.
- Gran parque automotor, en un 80% EURO III, con alta contaminación.
- Gobiernos locales buscando reducir contaminantes locales.



- Mercado incipiente.

#### Debilidades

- Vehículos importados, o motores importados. Afectación de balanza comercial.
- Situación macroeconómica dificulta figura de leasing.
- Necesidad de inversión en redes e infraestructura de recarga.
- En el interior del país se permite la circulación de unidades con más de 10 años de antigüedad

#### Amenazas

- Existen tecnologías alternativas (biodiesel, eléctricos, híbridos)

### 13.3 Estimaciones de mercado potencial

#### 13.3.1 Mercado Nacional

La flota de buses para el transporte público de pasajeros en Argentina es de cerca de 80 mil unidades, incluyendo las de transporte de corta y larga distancia, interurbano y urbano, etc.

Dado que el presente trabajo se orienta al uso de GNC, se descartaron todas las unidades que recorren largas distancia debido a que hoy en día no hay tecnología disponible para este tipo de servicio, lo que nos deja unas 33 mil unidades, entre urbanos e interurbanos.

Dado que nos enfocaremos en la región AMBA, solo contabilizamos los buses urbanos, que son aproximadamente 21 mil unidades. De esos buses, con información sobre distancias de recorridos extraída del “TP DE INGENIERÍA INDUSTRIAL - Chazarreta, Chhab, Priano”, se seleccionaron unas 17.611 unidades (el 82% del total de 21.369 unidades) que se encuentran dentro de la categoría de Urbanos.



Gráfico 4: Flota de buses de Corta distancia y Larga distancia en Argentina

Fuente: TP DE INGENIERÍA INDUSTRIAL - Chazarreta, Chhab, Priano

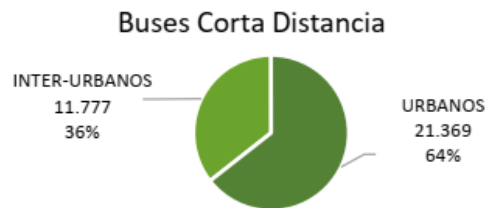


Gráfico 5: Flota de buses Urbanos e Interurbanos

Para el análisis de factibilidad del uso de GNC, del tamaño del potencial mercado nacional, y de la modalidad de las recargas de GNC, se analizaron dos variables:

- a) distancia que recorren los distintos servicios entre cabeceras y
- b) el kilometraje que recorren por día



Un gráfico de dispersión basado en las distancias entre cabeceras y de los recorridos diarios (de la muestra de la que se obtuvo información) permite apreciar de un vistazo la agrupación de casos en torno a los 200 km diarios:

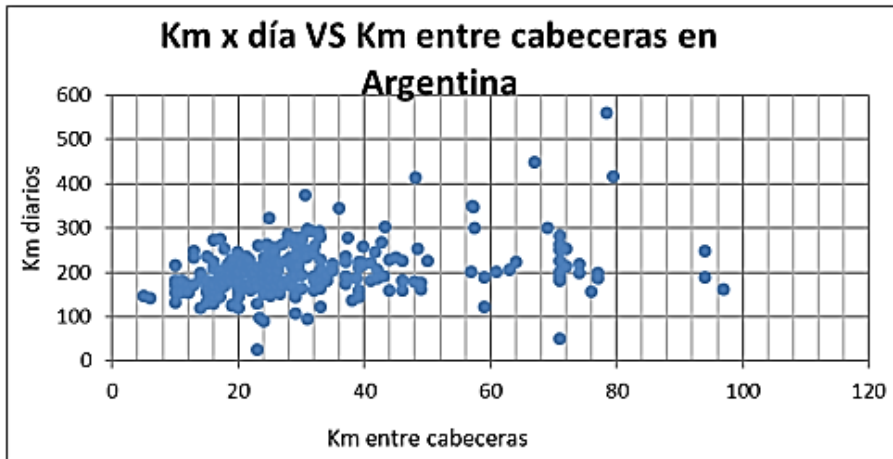


Gráfico 6: Dispersión del resultado de la muestra analizada

Fuente: TP DE INGENIERÍA INDUSTRIAL - Chazarreta, Chhab, Priano

Por otro lado, el Diagrama para las distancias entre cabeceras más frecuentes, permite apreciar que más del 89% de las unidades recorren menos de 50 km. entre cabeceras y que, en promedio, la mayoría recorren alrededor de 200 km. diarios (el 96% de los buses urbanos recorren más de 40.000 km al año).

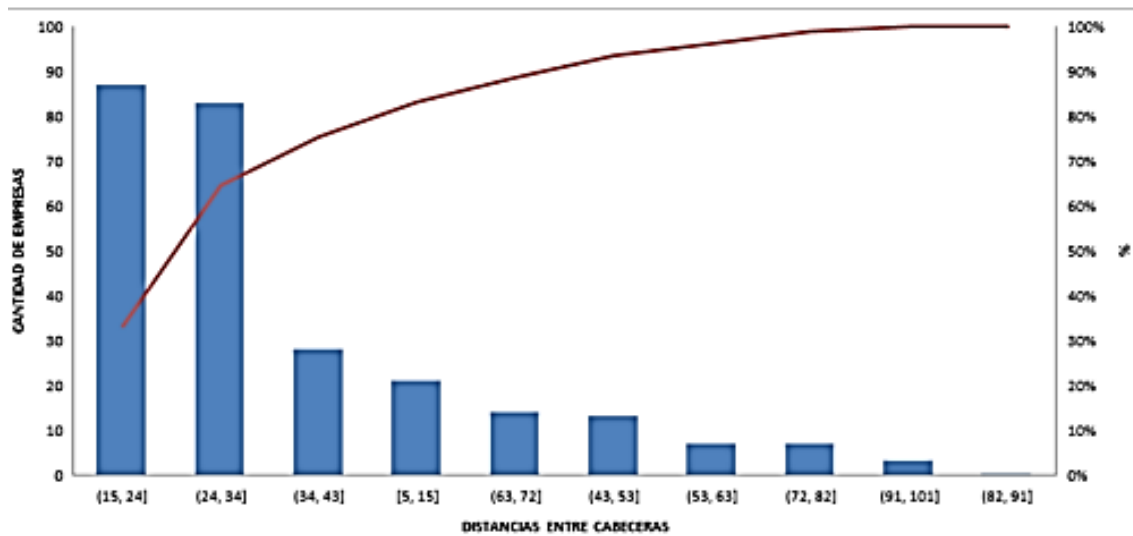


Gráfico 7: Diagrama de Pareto con distancias entre cabeceras más frecuentes

Fuente: Elaboración propia con datos de operadoras nacionales



Del análisis realizado sobre esas 17.611 unidades, se obtienen que unas 15.754 unidades (89%) son las que mejor se adaptarían a ser propulsadas por GNC, en un primer análisis, y que sería la cantidad de unidades que conformarían el tamaño del mercado potencial nacional.

Este mercado se ubicaría en grandes ciudades con infraestructura de Gas natural existente y todas ellas con un grado de desarrollo económico e industrial tal que permitiría disponer de recursos para invertir en infraestructura, o en beneficios e incentivos, y presuponer que existe preocupación por la contaminación local. En principio, estas ciudades contarían con flotas de más de 100 unidades, como en AMBA, Córdoba, Rosario y Mendoza, lo que hace más factible la instalación a buen costo de la infraestructura de los sistemas de recarga.

### **13.3.2 Mercado AMBA**

La ciudad autónoma de Buenos Aires CABA representa alrededor del 60% del mercado de buses urbanos, también es la ciudad con mayor índice de renovación de la flota (60% de la producción nacional es destinada a CABA), desde que está vigente la normativa por la que no pueden circular unidades con más de 10 años de antigüedad.

Cabe destacar que el 45% de las líneas de colectivos son manejadas por ocho empresas, entre las que se reconoce como las principales Grupo DOTA (17%), Grupo ERSA (7%) o La Nueva Metropól (6%), entre otras.

La investigación, en base a consultas a carroceros, concluye que la flota de buses urbanos de Argentina se mantiene constante hace más de 20 años, por lo que sólo se produce para ir reemplazando las unidades más antiguas. Nos concentraremos en AMBA, donde hemos seleccionado alrededor de 10.200 unidades para hacer estimaciones que se encuentran en el capítulo Recarga.

Asumiendo que el precio de venta de una unidad a GNC podrá ser algo superior al de una diesel equivalente, se aconseja realizar una encuesta a los dueños/directores de las líneas de buses, para conocer su disposición a cambiar.



## 14 Experiencia Internacional en buses a GNC

En relación al uso de Gas en vehículos pesados, Scania, Volvo, Iveco y Mercedes Benz tienen vehículos de GNL en sus gamas de modelos. Las cuatro marcas, de propiedad separada, demuestran el interés sobre el GNL, que se ha mencionado como un camino hacia cero emisiones, como afirma Volvo en el sitio web que presenta su nuevo camión de GNL. Sin embargo, la industria solo destaca la posibilidad de utilizar GNL renovable, un combustible que actualmente cuesta alrededor de 10 veces más que GNL fósil.

Algo similar sucede con las menciones del uso de gas natural, en cualquiera de sus formas, asociado a la descarbonización, que se refiere al uso de gases obtenidos de fuentes renovables (como el biogás, caso de Dinamarca), o de hidrógeno diluido en las redes de gas natural, o alguna de otras formas de obtener combustibles con captura de carbono, pero no se refieren al uso de gas natural corriente, como el que se utiliza hasta hoy en Argentina.

Existen experiencias de uso de buses a GNC en Madrid, Bogotá, Medellín, Estocolmo y Calgary, que serán presentadas en los puntos siguientes:

### 14.1 MADRID

Gas Natural Fenosa cuenta con 18 estaciones de suministro de gas natural comprimido en España que sirven, entre otros, a las flotas de autobuses urbanos de ciudades como Madrid, Barcelona, Sevilla y Valencia. Entre ellas destaca la estación del barrio madrileño de Sanchinarro, la mayor de Europa, que sirve a 400 autobuses de la Empresa Municipal de Transportes (EMT) y que también dispone de una estación externa para suministro de vehículos ajenos a la EMT con 5 surtidores.





Gas Natural Fenosa informa que la puesta en servicio de la estación y los 400 autobuses públicos propulsados con gas natural consiguen un ahorro económico para la EMT del 30% respecto a la utilización del gasóleo, y la reducción de un 85% de las emisiones de óxidos de nitrógeno y de partículas en suspensión y del 15% las emisiones de CO<sub>2</sub>. La provisión de la estación, en cuanto a compresores y surtidores, fue realizada por la empresa argentina Galileo.



## 14.2 BOGOTA

Se adjudicaron 741 buses a gas natural Euro VI en la flota de Transmilenio, de acuerdo a lo informado. Resulta de interés analizar el sistema de recarga de los buses.

El grupo público-privado que hizo posible la reconversión está formado por Ecopetrol, Transmilenio, la Alcaldía de Bogotá, Vanti, Scania, Volvo y el sector académico.

La Alcaldía de Bogotá ha aportado fondos públicos para viabilizar la reconversión, y la Universidad se ha encargado del control de los resultados ambientales del proyecto.

Ecopetrol S.A., una sociedad pública por acciones, ciento por ciento estatal, vinculada al Ministerio de Minas y Energía, suministra el gas natural vehicular para los 741 nuevos buses del sistema Transmilenio que operarán 100 % con este combustible y también el diésel B2 de 10 partes por millón (ppm) de azufre, que corresponde a estándar Euro VI, con destino a la nueva flota de buses diesel de este sistema de transporte masivo.

Vanti es la firma encargada de la provisión y montaje de las estaciones de recarga de GNC, mientras que Scania y Volvo proveen los buses. Se ha publicado una comparación: 6.000 buses con tecnología a Gas Natural Vehicular y estándar de emisión Euro VI (tecnología de los vehículos nuevos) emiten la misma cantidad de material particulado que un solo bus antiguo con estándar de emisión Euro II por cada kilómetro recorrido.

Las tres nuevas estaciones de servicio para abastecer los 556 nuevos buses a gas natural que llegarán al Sistema Integrado de Transporte Masivo de Bogotá (SITP), a un costo de cerca de US\$7 millones, formarán un sistema de nueve estaciones, junto a las seis que abastecen la fase I y II del Transmilenio,





De acuerdo con un estudio de la Universidad de los Andes, se logró una reducción del 50% de material particulado con la operación de 351 buses a gas natural Euro VI, de los 741 adjudicados con esta tecnología.

El repostaje se hace en un tiempo de entre 8 y 10 minutos por bus, con cargadores de llenado rápido fabricados y ensamblados en Canadá. Se pueden abastecer flotas de 50 hasta 300 vehículos en los distintos patios (Terminales) distribuidos por la ciudad, atendiendo recorridos por bus de 250 kilómetros diarios en promedio. Valores similares a los promedios obtenidos para el AMBA.

### 14.3 MEDELLIN

En Colombia, la marca Chevrolet presentó el bus NPR GNC con motor Isuzu 4HV1 dedicado a gas natural, adecuado para la calidad del gas natural Colombiano. Su motor tiene cuatro (4) cilindros, una potencia de 128 CV para un peso bruto vehicular de 7.5 toneladas. Posee dos tanques de gas de 150 metros cúbicos, lo que le permite una operación en servicio urbano de 250 kilómetros de autonomía en promedio, dependiendo de su operación, con una capacidad variable de entre 23 y 34 pasajeros, incluyendo el conductor.

Esta experiencia abre la posibilidad de pensar en migrar a GNC al sistema de “Vans” o “Charter” que opera desde las Terminales subterránea “Obelisco” y a nivel “Puerto Madero”, en la ciudad de Buenos Aires.

### 14.4 ESTOCOLMO

La experiencia de Estocolmo incluyó el uso de biogás como combustible de los buses para ensayar soluciones de baja en las emisiones de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, esta experiencia se hizo tristemente conocida por el accidente, que terminó en incendio, originado en una muy infrecuente situación que se produjo en la conducción del bus.

La explosión del bus, que inicialmente causó temor a que se tratase de un ataque terrorista, se debió a que el conductor, que iba sólo en él en el momento del accidente, se desvió de su ruta por un error y en su nuevo recorrido tenía que pasar por un túnel. A pesar de la doble señalización de altura máxima a la entrada de dicho túnel (pórtico y señal luminosa por altura máxima superada) el conductor continuó la marcha y golpeó los depósitos de gas ubicados en el techo,





que se rompieron mientras las chispas del impacto actuaron como detonador de la explosión.

## 14.5 CALGARY

En Canadá, la ciudad de Calgary tiene el complejo de abastecimiento de combustible para autobuses de gas natural comprimido (GNC) más grande de Norteamérica.

El StoneyTransitFacility, de 44.300 m<sup>2</sup>, se inauguró en 2019. Tiene capacidad para más de 470 autobuses de 12 m, con 36 bahías de mantenimiento (incluidas dos bahías de lavado) e infraestructura de recarga de GNC. También proporciona combustible y operaciones para autobuses diésel, reconociendo el período de transición necesario para introducir autobuses a GNC en la flota. Se anunció que la instalación produce ahorros por más de 4 millones de dólares por año en costos de combustible.

La Canadian Natural Gas Vehicle Alliance (CNGVA) informó que Calgary Transit ha estado operando cuatro autobuses a GNC durante varios años, y ha incorporado otros 40 autobuses a GNC, que utilizan el motor 2018 L9N CumminsWestport, previendo reemplazar un total de 450 autobuses diésel para 2025. También informa que el uso de GNC como combustible resulta en tres importantes beneficios para los habitantes de Calgary:

- los autobuses generarán ahorros de aproximadamente \$ 3.9 millones anuales para 2021 como resultado del menor costo de combustible del gas natural.
- un autobús a GNC produce aproximadamente un 17% menos de emisiones de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>e kg / km) de pozo a rueda en comparación con el diésel.
- estos autobuses reducirán la contaminación del aire y el ruido, ya que tienen un 90 por ciento menos de emisiones de NO<sub>x</sub> que el estándar actual de la EPA de América del Norte. Cuando están en ralentí, los autobuses a GNC también son aproximadamente 10 veces más silenciosos que los autobuses diésel.





## 15 Conclusiones y recomendaciones

La migración a buses a GNC puede producir beneficios ambientales y económicos.

Desde el punto de vista económico las mejores condiciones para migrar a GNC se dan cuando:

- La Terminal se encuentra próxima a un gasoducto, y éste tiene buena presión.
- La Terminal cuenta con un gran número de unidades a GNC, idealmente, todas ellas.
- Las unidades recorren menos de 200 km diarios, o pueden hacer recargas durante el día.
- La Terminal cuenta con espacio suficiente para los compresores y la infraestructura eléctrica.

Las simulaciones indican la conveniencia de migrar a GNC la mayor cantidad de unidades en una terminal, de forma de aprovechar las economías de escala de la instalación de carga. Para 60 buses la inversión es de unos U\$S 9.000.- por bus, mientras que para 280 buses bajaa unos U\$S 3.000. Para simulaciones de migración más graduales, puede comenzarse con abastecimiento en estaciones de servicio GNC adecuadas para buses.

La necesidad de asegurar la confiabilidad de la prestación del servicio público de transporte de pasajeros aconseja la instalación de infraestructura de recarga de GNC con redundancia pero, mientras el número de unidades a GNC crece como porcentaje de la flota, podría trabajarse con un único compresor y acuerdos con estaciones de servicio GNC adecuadas para buses

Desde el punto de vista ambiental, se ven en la ciudad de Buenos Aires pruebas que buscan menores o nulas emisiones en el transporte de pasajeros, y demuestran la preocupación en términos de descarbonización y calidad de aire local, aspectos que puede aprovechar el bus a GNC, que también se destaca por su bajo nivel de ruido.

Si las mejoras en emisiones se intentan obtener por migración de las unidades diesel a normas Euro más estrictas, el bus a GNC es más competitivo pues produce grandes mejoras en la emisión de material particulado, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno sin depender del estado de mantenimiento del motor, mientras evita la importación de gasoil grado 3, con impacto en la balanza comercial nacional.

Para avanzar en el tema se recomienda:

- Hacer consulta a los potenciales proveedores de buses a GNC sobre el sobrecosto respecto a un bus similar diesel para compras importantes. Incluir consulta acerca del número de Metano de sus motores.
- Consultar con YPF, u otra empresa energética, para la provisión de gas como servicio (GaaS), incluyendo la posibilidad de incluir cubrimiento de riesgos, como el del diferencial de precio con el del gasoil.
- Consultar con YPF, u otra empresa energética, si hay interés en financiar el costo adicional de un bus a GNC.



- Analizar la evolución del costo de gas que surja de la implementación del Plan GasAr, así como las cuestiones relativas a su interrumpibilidad.
- Realizar una encuesta entre operadores de líneas y complementarla con consultas a la distribuidora de gas acerca de disponibilidad de gasoductos (capacidad de transporte).
- Tomar contacto con municipios que podrían quedar potencialmente beneficiados con el reemplazo de buses a GNC en sus calles, para evaluar su interés en el proyecto.
- Evaluar con autoridades nacionales, o con autoridades jurisdiccionales de la línea, si existirá, o si es factible, un impulso al GNC para buses.
- Tomar contacto con Enargas para perfeccionar acuerdos de suministro de GNC para buses en estaciones de servicio GNC.
- Tomar contacto con los responsables de las experiencias de las ciudades de Madrid, Bogotá y Calgary, por ejemplo, como referentes para la implementación de buses a GNC en el AMBA.



## 16 Referencias

MITOS Y REALIDADES DE LOS BUSES A GNC

Patrocinado por el Departamentode Energía de EE.UU. Oficina de Eficiencia Energética y Energía

Renovable de Tecnologías de Transporte. Elaborado por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL) Laboratorio Nacional del Departamentode Energía de EE.UU.

NREL/FS-540-30238 - Octubre 2001

<https://www.nrel.gov/docs/fy02osti/30238.pdf>

Instituto del Transporte - IT\_unsam

Nº ISSN: 2469-1631

Serie: Documentos de Trabajo del IT N° 18 año 2020

¿cómo nos movemos en el amba? Conclusiones de la evidencia empírica y alternativas post-Covid

Sebastián Anapolsky

<https://github.com/sanapolsky/Analisis-Movilidad-AMBA>

CNG and LNG for vehicles andships - the facts

Transport & Environment

Published: October 2018 - In house analysis by Transport & Environment

© 2018 European Federation for Transport and Environment AISBL

[https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2018\\_10\\_TE\\_CNG\\_and\\_LNG\\_for\\_vehicles\\_and\\_ships\\_the\\_facts\\_EN.pdf](https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2018_10_TE_CNG_and_LNG_for_vehicles_and_ships_the_facts_EN.pdf)

Energies 2014, 7, 1467-1482; doi:10.3390/en7031467

ISSN 1996-1073

[www.mdpi.com/journal/energies](http://www.mdpi.com/journal/energies)

A Range-Based Vehicle Life Cycle Assessment IncorporatingVariability in the Environmental Assessment of DifferentVehicle Technologies and Fuels

Maarten Messagie, Faycal-SiddikouBoureima, Thierry Coosemans, Cathy Macharis and Van Mierlo

<https://www.mdpi.com/1996-1073/7/3/1467/pdf>

Roadmap to climate-friendly land freight and buses in Europe

Transport & Environment

Published: July 2017 - In house analysis by Transport & Environment

© 2017 European Federation for Transport and Environment AISBL

<https://www.transportenvironment.org/publications/roadmap-climate-friendly-land-freight-and-buses-europe>

Smart choices for cities - Clean buses for your city

CIVITAS Policy note

Published: January 2020 – City VITAlity and Sustainability

<https://civitas.eu/content/civitas-policy-note-smart-choices-cities-clean-buses-your-city>



### Vehículos a gas natural

Texto de referencia para formuladores de políticas públicas en ciudades en desarrollo.

Proyecto sectorial GTZ

<https://es.scribd.com/document/359172414/GIZ-SUTP-SB4d-Natural-Gas-Vehicles-ID-pdf>

Working paper - Sustainable Urban Transportation Fuels and Vehicles Exhaust Emissions of Transit buses.

EMBARQ's Sustainable Urban Transportation Fuels and Vehicles (SUTFV) program

<https://wrirosscities.org/sites/default/files/Spanish-Exhaust-Emissions-Transit-Buses-EMBARQ.pdf>

Albrieu, R. et al. (Septiembre de 2020). Hacia una economía de baja proximidad física.

Documento de Trabajo N°196. Buenos Aires: CIPPEC.

<https://www.cippec.org/wp-content/uploads/2020/10/196-DT-ADE-Hacia-una-economi%CC%81a-de-baja-proximidad-fi%CC%81sica-Albrieu-et-al-...-3.pdf>

### TRABAJO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TÍTULO: "Análisis de factibilidad de la producción nacional de buses urbanos 100% eléctricos"

Chazarreta, Joaquín; Chhab, Mariela; Priano, Patricio

Análisis comparativo de costes de mantenimiento de vehículos diesel y gas natural comprimido de una flota de transporte urbano

Autor: DE SA RIECHI, JORGE LUIZ

Entidad UPV: Universitat Politècnica de València. 2014.

<https://riunet.upv.es/handle/10251/59479>



## 17 Personas entrevistadas o consultadas

- María Fernanda Martínez - ENARGAS
- Leonardo Mastronardi – Escenarios Energéticos
- Milagros Garros – Gobierno CABA
- Lucas Woinilowicz – SCANIA
- Agustín Davicino – SCANIA
- Gustavo Schon - SCANIA
- Marcelo Parma – LANDI RENZO
- Alejandro Martínez – AGRALE
- Matías Casey - IVECO
- Pablo Princich - IVECO
- Carlos Grisolia – Cámara de equipos de GNC - GALILEO
- Alberto Piwien - Experto en recarga GNC.
- Félix De Gemmis – Experto en recarga GNC
- Luis Visentini – Experto en Higiene y Seguridad
- Cesar Skalany - YPF
- Matías Ubogui – Buses de Barcelona
- Patricio Priano – Investigador buses



# ANEXOS



## ANEXO1

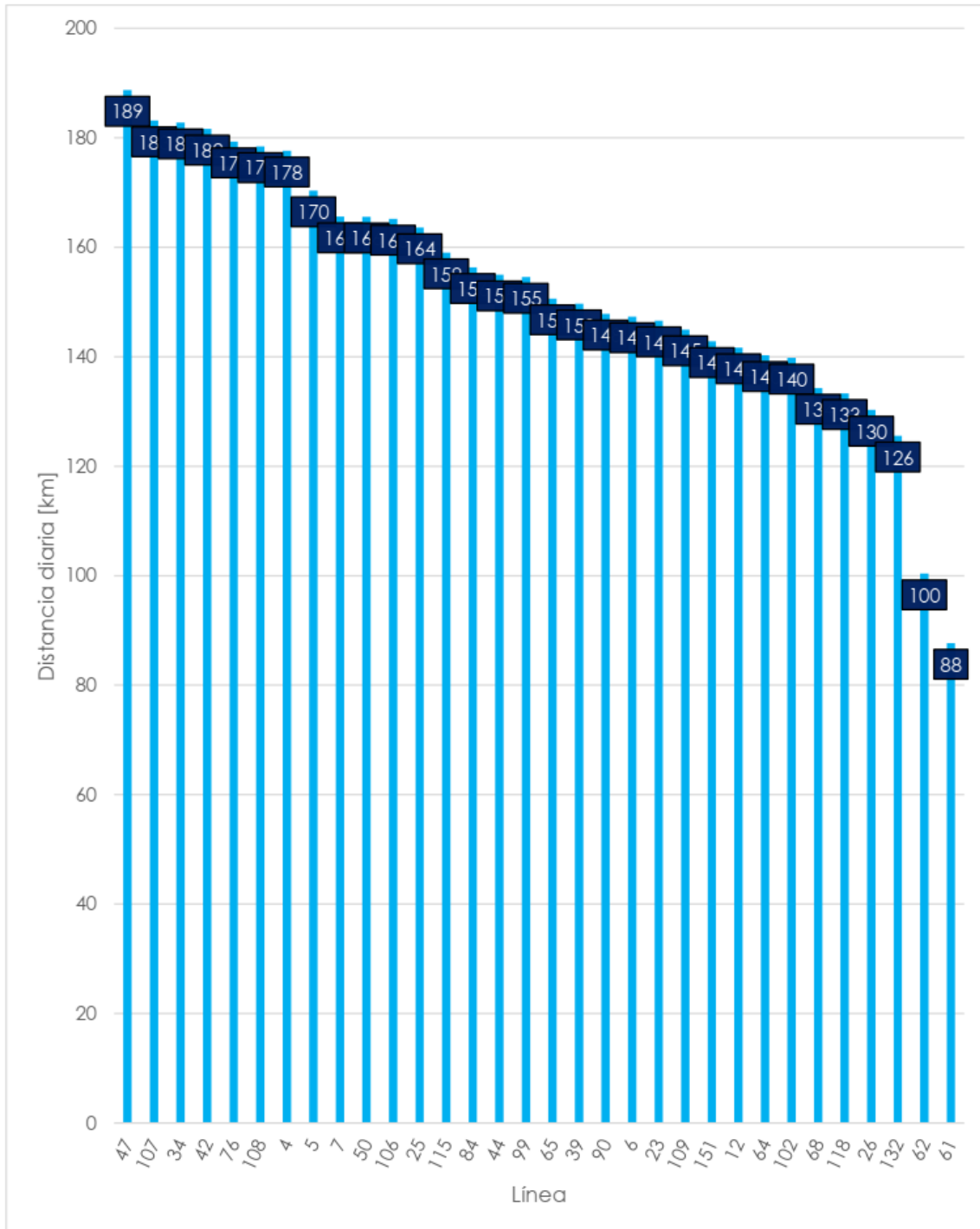


Figura 10. Recorrido promedio diario por línea, organizados de mayor a menor. Fuente: (Subsecretaría de Transporte de Buenos Aires, 2019)

Fuente: Subsecr. De Transporte GCABA



## ANEXO 2

### **NORMATIVA ENARGAS PARA VEHÍCULOS E INSTALACIONES GNC**

Nomenclatura: NAG-E 401 (1997)

Anterior: ET-ENRG-GD N° 1 (1997)

Nombre del documento: Dispositivos de sujeción de cilindro/s para GNC.

Contenido: Requisitos de diseño, fabricación, ensayos, y fijación, de los dispositivos para sujeción al vehículo.

Nomenclatura: NAG-E 402 (1998)

Anterior: ET-ENRG-GD N° 2 (1998)

Nombre del documento: Vehículos para transporte de GNC.

Contenido: Requisitos de proyecto, construcción, pruebas, habilitación y revisiones periódicas, para los recipientes, sus vehículos de transporte, y el montaje de aquéllos en éstos.

Nomenclatura: NAG-E 403 (1999)

Anterior: ET-ENRG-GD N° 3 (1999)

Nombre del documento: Equipos paquetizados y encasetados para compresión y almacenamiento de GNC que no requieren muro perimetral

Contenido: Requisitos de diseño, fabricación, instalación y certificación, para la eficiencia y seguridad de equipos compactos de compresión y almacenamiento a instalar en estaciones de carga.

Nomenclatura: NAG-E 404 (2002)

Anterior: ET-ENRG-GD N° 4 (2002)

Nombre del documento: Certificación, instalación y controles de equipos integrados para compresión y despacho de GNC.

Contenido: Requisitos de eficiencia y seguridad para los sistemas compactos de compresor y surtidor más su conjunto motriz.

Nomenclatura: NAG-E 405 (2001)

Anterior: ET-ENRG-GD N° 5 (2001)

Nombre del documento: Instalación, utilización y controles de cilindros compuestos para GNC con fibra de carbono.

Contenido: Requisitos para los cilindros, de aplicación por todos los sujetos del sistema de GNC determinados en la Resolución ENARGAS N° 139.

Nomenclatura: NAG-E 406 (2001)

Anterior: ET-ENRG-GD N° 6 (2001)

Nombre del documento: Sistemas para transporte de módulos contenedores para GNC.

Contenido: Rige el proyecto, construcción, pruebas, habilitación, revisiones, itinerario y personal habilitado, para los sistemas compuestos por módulos de cilindros contenedores y su vehículo de transporte.





Nomenclatura: NAG-E 408 (2005)

Nombre del documento: Especificación Técnica para la Certificación de la aptitud técnica de Talleres de Montaje para GNC

Contenido: Establecer las pautas mínimas que debe cumplir un Taller de Montaje para GNC, a los efectos de ser reconocido como técnicamente apto para realizar las operaciones de instalación, revisión, modificación, desmontaje o baja del equipo completo para GNC, de acuerdo con las normas vigentes

Nomenclatura: NAG-E 409 (2005)

Nombre del documento: Mangueras para surtidores de G.N.C. Instructivo para su instalación, utilización y control

Contenido: Proveer lineamientos para la recepción, almacenamiento, instalación, utilización, mantenimiento y control de mangueras para surtidores de gas natural comprimido

Nomenclatura: NAG-E 412 (2006)

Nombre del documento: Adaptadores para carga de GNC, en vehículos provenientes de otro Estado Parte del MERCOSUR

Contenido: Reglamenta los requisitos para la aprobación, utilización, mantenimiento y control del adaptador utilizado para la carga de gas natural como combustible en territorio argentino, de vehículos automotores provenientes de otro Estado Parte del Mercosur, cuya válvula de carga difiera de la utilizada en nuestro país.

Nomenclatura: NAG-415 (1984)

Anterior: GE-N1-115 (1984)

Nombre del documento: Reglamentaciones. Definiciones y terminología. Especificaciones y procedimientos. Documentación técnica a complementar por todas las categorías inscriptas en los registros de fabricantes e importadores.

Contenido: Define el rol a cumplir por cada uno de los sujetos del sistema. Todas las definiciones y terminología empleada. La enumeración de las especificaciones autorizadas para ser utilizadas en la fabricación de cilindros, válvulas y accesorios, tanto para la actividad local como para la extranjera.

Nomenclatura: NAG-416 (1984)

Anterior: GE-N1-116 (1984)

Nombre del documento: Normas y especificaciones mínimas, técnicas y de seguridad, para el montaje de equipos completos para GNC en automotores y sus ensayos de verificación.

Contenido: Define los requisitos a cumplir en el armado y montaje; los ensayos y verificaciones a realizar sobre el sistema y sobre el automotor y la característica que permita identificar a los vehículos implementados con equipos para utilizar GNC; a su vez, incluye los requisitos mínimos para la conversión del autotransporte público de pasajeros.

Nota: La Resolución ENARGAS N° 3690/07 incorpora a esta norma, el carácter de uso obligatorio del empleo de válvulas de bloqueo para cilindros contenedores de GNC en automotores, con dispositivo de seguridad consistente en: disco de estallido, tapón fusible, exceso de flujo y que estén operadas eléctricamente siendo de tipo normal cerrada.

Nomenclatura: NAG-418 (1992)



Anterior: GE-N1-118 (1992)

Nombre del documento: Reglamentación para estaciones de carga para GNC.

Contenido: Especifica las características y ubicación de las estaciones de carga, a utilizar en plantas de compresión y almacenamiento; la instalación de compresores, la instalación de surtidores de despacho, cañerías, accesorios y demás elementos complementarios. Además, reglamenta la distribución y dimensiones de la isla de surtidores, fija las pautas para el movimiento vehicular en la playa de maniobras y especifica la metodología de reprueba y su periodicidad, a que se han de someter las estaciones de carga de GNC una vez habilitadas y puestas en funcionamiento.

Nota: La Resolución ENARGAS N° I/0281/08 amplía en su Anexo nuevos Requisitos y Consideraciones que sustituyen diversos puntos de dicha Norma

Nomenclatura: NAG-419 (1984)

Anterior: GE-N1-119 (1984)

Nombre del documento: Estacionamiento y garages. Inconvenientes y accidentes. Carga de tanque con GNC.

Contenido: Establece las características y requisitos a cumplir por los garages para la guarda de automotores equipados con GNC; establece las reglas para el estacionamiento; se indican las etapas y procedimiento a seguir para la carga de GNC en las estaciones, y se dan las recomendaciones para casos de inconvenientes y accidentes.

Nomenclatura: NAG-441 (1990)

Anterior: GE-N1-141 (1990)

Nombre del documento: Equipos de compresión para estaciones de carga de GNC.

Contenido: Reglamenta los equipos de compresión y los surtidores a instalarse en las estaciones de carga para GNC.

Nomenclatura: NAG-443 (2009)

Nombre del documento: Norma Argentina para el proyecto, construcción, operación y mantenimiento de Plantas de Carga y Descarga de GNC y GNP a granel.

Contenido: Tiene por objeto la fijación de las pautas mínimas a observar en el proyecto, construcción, pruebas y habilitación de las instalaciones pertenecientes a Plantas de Carga y Descarga de Gas Natural Comprimido (GNC) o Gas Natural a Presión (GNP) a granel abastecido por vía terrestre

Nomenclatura: NAG-444 (1991)

Anterior: GE-N1-144 (1991)

Nombre del documento: Revisión periódica de cilindros de acero sin costura para GNC; basada en la norma IRAM 2529

Contenido: Especifica los requisitos para la revisión periódica obligatoria programada con sus ensayos a realizar a cada cilindro, verificando los requerimientos necesarios para lograr un nivel de confiabilidad aceptable

Nota: La Resolución ENARGAS N° 3682/07, modifica lo dispuesto en el punto 10), Tabla II de la norma NAG-444 (91), estableciendo nuevos valores.

Nomenclatura: NAG-451 (2019)



Nombre del documento: Procedimiento para la habilitación de vehículos importados, propulsados mediante el uso de gas natural

Contenido: Normativa destinada a cubrir el tratamiento específico que requiere la habilitación para el uso del gas natural (GNC o GNL) como combustible en vehículos importados producidos fuera del Territorio Nacional aplicado al transporte público de pasajeros y al transporte pesado de carga. La Resolución RESFC-2019-42-APN-DIRECTORIO#ENARGAS que aprueba la norma NAG-451, agrega un ANEXO referido a Requisitos de Seguros para la habilitación de los nuevos sujetos en el Registro de Matrículas Habilitantes del ENARGAS (RMH).

Nomenclatura: Resolución ENARGAS N° 139/95

Contenido: Establece las reglas para la protección de los derechos de los usuarios, y las pautas a las que los sujetos del sistema de GNC deben ajustarse para garantizar la calidad, eficiencia y seguridad del servicio. Para ello se creó un Centro Informático que permite registrar y actualizar los datos de los sujetos del sistema.

Nomenclatura: Resolución ENARGAS N° 591/98

Contenido: Establece las pautas mínimas obligatorias para los sujetos del sistema de GNC para la contratación de un seguro de responsabilidad civil.

Nomenclatura: Resolución ENARGAS N° 2603/02

Contenido: Sustituye el "Procedimiento para la conversión, revisión anual, modificación o baja de equipos para GNC" del Anexo I de la Resolución ENARGAS N° 139/95 por el "Procedimiento para la conversión, revisión anual, modificación, desmontaje, baja, o reinstalación de equipos completos para Gas Natural Comprimido (GNC) en automotores" que figura como Anexo I. Establece las pautas para la confección del "Manual de Instrucción para el Uso del Equipo para GNC" y de las "Recomendaciones de Seguridad para el uso de Vehículos propulsados con GNC". Se habilita un sitio en la página de Internet del ENARGAS que posibilita la apertura desagregada del Sistema Informático Centralizado del GNC a los Usuarios, Talleres de Montaje, Productores de Equipos Completos para GNC, Centros de Revisión Periódica de Cilindros para GNC, y otros Organismos Oficiales.

Nomenclatura: Resolución ENARGAS N° 2629/02

Contenido: Deroga las Resoluciones ENARGAS N° 41/93, 93/94 y 197/95. Aprueba los mecanismos de fiscalización de calidad y seguridad para la habilitación de Estaciones de Carga para GNC. Régimen general. Régimen especial para Estaciones de Carga. Registro informático centralizado. Pautas mínimas del seguro de caución obligatorio para las mencionadas estaciones.

Nomenclatura: Resolución ENARGAS N° 2760/02

Contenido: Implementa la habilitación por lotes de los componentes del equipo completo para GNC. Permite discriminar los elementos nuevos de los usados, dificultando la duplicación de sus números de serie y mejorando la individualización de los elementos ya instalados.

Nomenclatura: Resolución ENARGAS N° 2767/02

Contenido: Determina las pautas para la aprobación, utilización, y controles de las mangueras para GNC instaladas en surtidores de las estaciones de carga, y fija un plazo para que sus



fabricantes e importadores generen un proyecto de Especificación Técnica para la aprobación de esas mangueras. Ver también: Resolución ENARGAS N° 3393/05

Nomenclatura: Resolución ENARGAS N° 2768/02

Contenido: Trata sobre la reubicación de la oblea de habilitación para la carga de GNC en vehículos, en vigencia hasta diciembre de 2002, para su adecuación a los estándares mundiales en la materia, y como transición a la implementación de un sistema inteligente de control. La oblea se desdobra, una para habilitar la carga y se la fijará en el lado interno del capó o en el parante lateral izquierdo (lado conductor). Otra, que identifica al vehículo como propulsado con GNC, tiene al mismo tiempo el objeto de cumplir con normativas de seguridad nacionales e internacionales en cuanto a prevenir a bomberos, defensa civil, etc., en caso de siniestro.

Nomenclatura: Resolución ENARGAS N° 3035/04

Contenido: Aprueba los modelos de contratos Venta Firme e Interrumpible

Nomenclatura: Resolución ENARGAS N° 3196/05

Contenido: Establece las pautas mínimas que debe cumplir un Taller de Montaje para GNC, a los efectos de ser reconocido como técnicamente apto para realizar las operaciones de instalación, revisión, modificación, desmontaje o baja del equipo completo para GNC, de acuerdo con las normas vigentes.

Nomenclatura: Resolución ENARGAS N° 3393/05

Contenido: Aprueba la Especificación Técnica NAG-E 409 "Mangueras para surtidores de GNC - Instructivo para su instalación, utilización y control". Modifica, en su articulado y Anexo, la Resolución ENARGAS N° 2767/02.



### ANEXO 3

<b>PRECIOS GNC</b>			
	<b>Mes</b>	<b>Buenos Aires</b>	<b>Capital Federal</b>
<b>2019</b>	<b>Ene</b>	<b>19.877</b>	<b>15.398</b>
	<b>Feb</b>	<b>20.089</b>	<b>16.068</b>
	<b>Mar</b>	<b>20.706</b>	<b>16.401</b>
	<b>Abr</b>	<b>21.707</b>	<b>16.596</b>
	<b>May</b>	<b>22.855</b>	<b>17.369</b>
	<b>Jun</b>	<b>23.558</b>	<b>18.526</b>
	<b>Jul</b>	<b>23.741</b>	<b>19.043</b>
	<b>Ago</b>	<b>24.13</b>	<b>19.21</b>
	<b>Sep</b>	<b>24.276</b>	<b>19.31</b>
	<b>Oct</b>	<b>24.879</b>	<b>19.31</b>
	<b>Nov</b>	<b>25.516</b>	<b>19.31</b>
	<b>Dic</b>	<b>26.642</b>	<b>19.576</b>
<b>2020</b>	<b>Ene</b>	<b>27.399</b>	<b>20.353</b>
	<b>Feb</b>	<b>27.607</b>	<b>20.353</b>
	<b>Mar</b>	<b>27.725</b>	<b>20.36</b>
	<b>Abr</b>	<b>27.585</b>	<b>20.193</b>
	<b>May</b>	<b>27.723</b>	<b>20.938</b>
	<b>Jun</b>	<b>27.677</b>	<b>20.938</b>
	<b>Jul</b>	<b>27.788</b>	<b>20.938</b>
	<b>Ago</b>	<b>27.761</b>	<b>20.938</b>
	<b>Sep</b>	<b>28.876</b>	<b>20.94</b>
	<b>Oct</b>	<b>29.698</b>	<b>21.581</b>



## ANEXO 4



### RESOLUCIÓN GENERAL 4.257 Y SUS MODIFICATORIAS

#### MONTOS ACTUALIZADOS DE IMPUESTOS PREVISTOS EN LOS ARTÍCULOS 4°, 7° Y 11 DE LA LEY DE IMPUESTOS SOBRE LOS COMBUSTIBLES LÍQUIDOS Y AL DIÓXIDO DE CARBONO

PERÍODO BASE DE ACTUALIZACIÓN: SEGUNDO TRIMESTRE 2020

DENOMINACIÓN DEL PRODUCTO GRAVADO	UNIDAD DE MEDIDA	IMPUESTO SOBRE LOS COMBUSTIBLES LÍQUIDOS - CAPÍTULO I		IMPUESTO AL DIÓXIDO DE CARBONO - CAPÍTULO II	VIGENCIA
		MONTO FIJO ACTUALIZADO DEL GRAVAMEN - ART. 4°	MONTO FIJO ACTUALIZADO DEL GRAVAMEN - TRATAMIENTO DIFERENCIAL - ART. 7° INC. D)	MONTO FIJO ACTUALIZADO DEL GRAVAMEN - ART. 11	
NAFTA HASTA 92 RON	LITRO	16,468	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	1,009	DESDE 16/10/2020 HASTA 30/11/2020
NAFTA DE MÁS DE 92 RON	LITRO	16,468	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	1,009	
NAFTA VIRGEN	LITRO	16,468	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	1,009	
GASOLINA NATURAL O DE PIRÓLISIS	LITRO	17,353	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	1,063	
SOLVENTE	LITRO	17,353	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	1,063	
AGUARRÁS	LITRO	17,353	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	1,063	
GAS OIL	LITRO	10,156	5,499	1,158	
DIESEL OIL	LITRO	10,702	5,795	1,220	
KEROSENE	LITRO	10,702	5,795	1,220	
FUEL OIL	LITRO	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	0,268	
COQUE DE PETRÓLEO	KILOGRAMO	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	0,287	
CARBÓN MINERAL	KILOGRAMO	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	0,221	



## ANEXO 5

### RESUMEN DEL TRABAJO DE CAMPO EN CARRETERAS BELGAS – ANALISIS DE CICLO DE VIDA (LCA)

Para el análisis estadístico de este trabajo, las categorías de impacto elegidas son:

- cambio climático
- acidificación del aire
- extracción de minerales
- efectos respiratorios (inorgánicos)

Los valores se basan en un análisis de datos de la base “Ecoscore” que contiene más de 200.000 vehículos reales diferentes de la carretera belga.

Para cada grupo de vehículos específico (definido por segmento, tecnología y norma euro), las variables que pueden tener impacto en el resultado final son: el combustible, el consumo, el peso y las diferentes emisiones.

La existencia de vehículos con diferentes parámetros, como peso y consumo de combustible, produce una difusión de los resultados de LCA.

Los rangos de las emisiones del tubo de escape (CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> y HC) se pueden encontrar en la Tabla 2. La tabla muestra valores mínimos, medios aritméticos y máximos para los diferentes parámetros.

**Table 2.** Ranges of CO<sub>2</sub>, HC, NO<sub>x</sub> and CO tailpipe emissions of different family cars.

Name	CO <sub>2</sub> (g/km)	HC (g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)	CO (g/km)
Petrol (Euro 4)	(129, 170, 334)	(0.011, 0.058, 0.098)	(0.002, 0.018, 0.077)	(0.029, 0.295, 0.966)
Petrol (Euro 5)	(161, 167, 290)	(0.021, 0.036, 0.066)	(0.011, 0.019, 0.050)	(0.048, 0.247, 0.622)
LPG (Euro 4)	(155, 218, 227)	(0.038, 0.063, 0.066)	(0.041, 0.068, 0.073)	(1.000, 1.000, 1.000)
Diesel (Euro 4)	(110, 139, 255)	(0.070, 0.070, 0.070)	(0.124, 0.234, 0.249)	(0.003, 0.107, 0.362)
Diesel (Euro 5)	(116, 155, 192)	(0.060, 0.060, 0.060)	(0.105, 0.169, 0.171)	(0.032, 0.187, 0.403)
E85 (S. cane)	(191, 192, 194)	(0.0009, 0.001, 0.0013)	(0.018, 0.025, 0.044)	(0.128, 0.163, 0.169)
E85 (S. beets)	(191, 192, 194)	(0.0009, 0.001, 0.0013)	(0.018, 0.025, 0.044)	(0.128, 0.163, 0.169)
B100 (RME)	149	(0.013, 0.017, 0.019)	(0.707, 0.710, 0.719)	(0.012, 0.012, 0.013)
Hybrid (Euro 4)	(102, 145, 187)	(0.010, 0.026, 0.055)	(0.001, 0.026, 0.050)	(0.100, 0.111, 0.309)
CNG (Euro 4)	161	(0.048, 0.048, 0.048)	(0.056, 0.056, 0.056)	(0.358, 0.358, 0.358)
FCEV	0	0	0	0
BEV	0	0	0	0

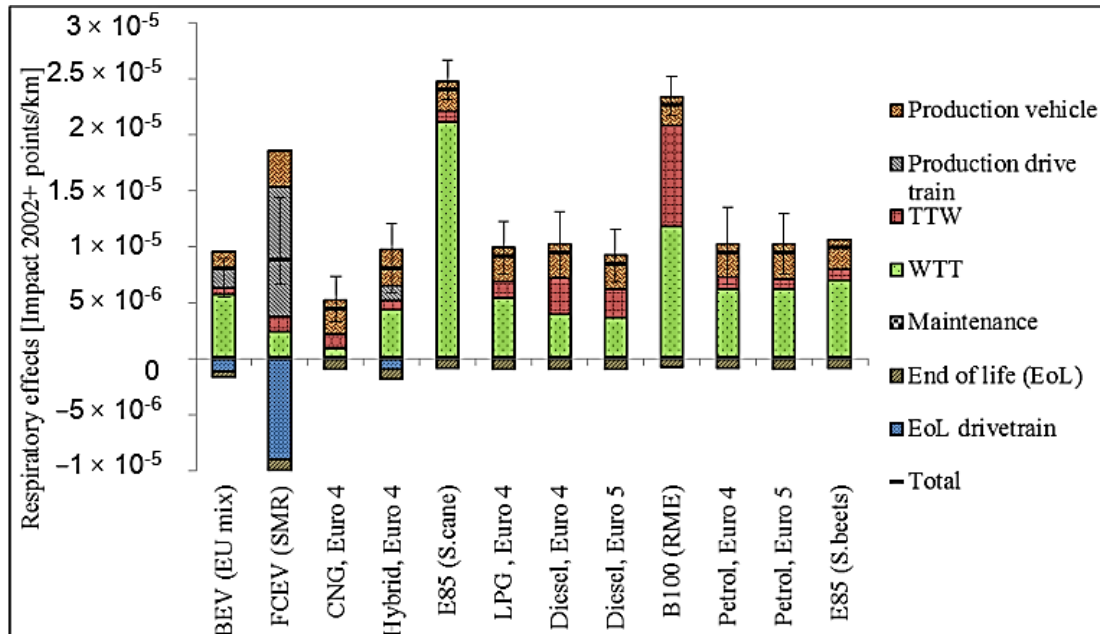
#### Efectos respiratorios

Muchos estudios están evaluando el efecto de los vehículos en el cambio climático y están especialmente diseñados para encontrar formas de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. Sin embargo,



existen otros impactos ambientales importantes a considerar. Los efectos respiratorios de las diferentes tecnologías de vehículos familiares se han comparado en la Figura 3. A diferencia de la GHE, la tecnología de caña de azúcar E85 tiene el mayor impacto en las vías respiratorias. La mejor puntuación en esta categoría de impacto es para el vehículo de GNC.

La producción de gas natural tiene emisiones relativamente bajas para todos los contaminantes considerados en esta categoría. Esto también es válido para las emisiones directas del vehículo de GNC. La tecnología GNC es seguida por el vehículo a baterías BEV.

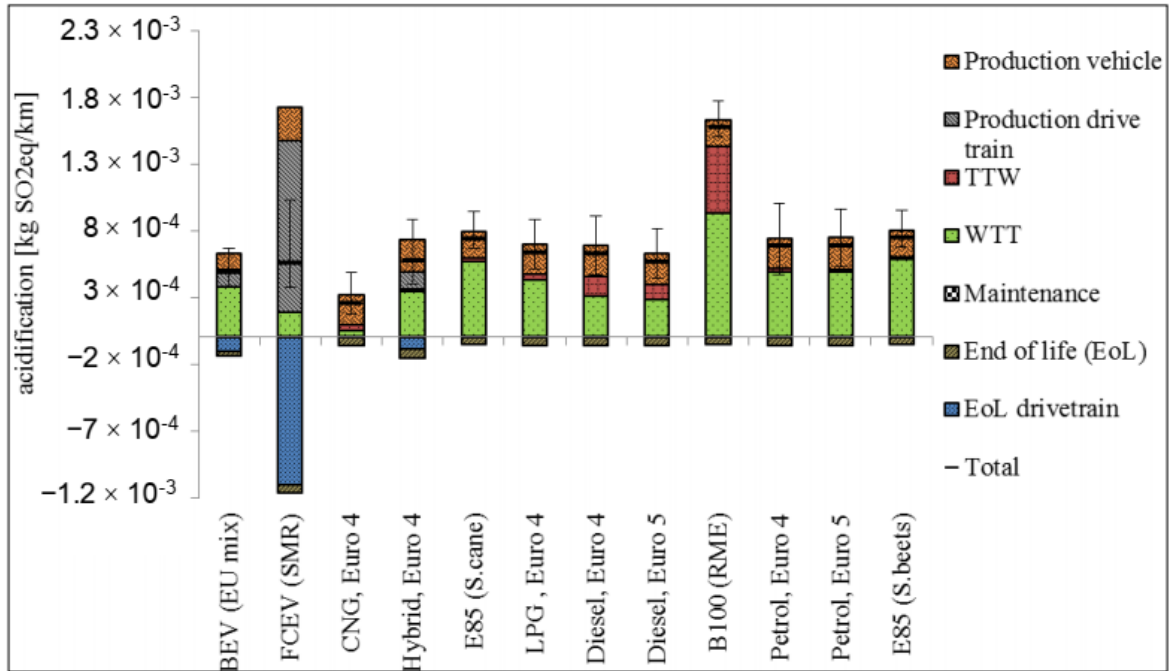


### Acidificación

El vehículo a GNC ensayado es el de menor emisión de SO<sub>2</sub>eq. Los principales contaminantes contribuyentes son las emisiones a base de nitrógeno, a base de azufre, ácidos fluoruro y cloruro. El beneficio del cambio de gasolina a híbrido también se puede ver en la Figura 4. El vehículo híbrido tiene menos consumo de gasolina en comparación con el vehículo de gasolina convencional.

El impacto de los vehículos diésel es menor que el impacto de la gasolina. Esto se debe al hecho de que la producción de gasolina emite más NO<sub>x</sub> que la producción de diésel. Sin embargo, los vehículos diésel emiten más NO<sub>x</sub> durante la etapa TTW.







## ANEXO 6

### ARTICULO TRANSPORT AND ENVIRONMENT

Existen voces que defienden que los vehículos de gas natural comprimido (GNC) son una tecnología limpia y de bajas emisiones y una solución para la crisis de contaminación del aire en Europa. Sin embargo, este no sería el caso según una revisión de los últimos datos sobre la contaminación de partículas de los coches, furgonetas, autobuses y camiones de GNC, que demuestra que esta tecnología emite altos niveles de contaminantes tóxicos. Según la evidencia revisada en este documento:

1. Los vehículos de GNC producen un número elevado de partículas. La contaminación por partículas está vinculada a una serie de enfermedades graves como el cáncer, el Alzheimer y las enfermedades cardiovasculares y respiratorias. Los vehículos de GNC, a diferencia de sus equivalentes diésel y gasolina, no están sujetos a un límite de emisión de partículas. Y ello a pesar de que se ha demostrado que los coches y furgonetas de GNC Euro 6 emiten un número elevado de partículas: en el caso de un modelo de furgoneta probado, las emisiones de partículas eran un 50 % superior a las permitidas para las furgonetas diésel o gasolina. Los vehículos pesados de GNC no estarán sujetos a un valor límite del número de partículas en carretera hasta 2035, pero se ha demostrado que emiten hasta 3 billones ( $3 \times 10^{12}$ ) de partículas por km, una cifra que está lejos de ser insignificante. Por su parte, los autobuses también emiten un gran número de partículas. Los niveles más elevados de emisiones de partículas de los vehículos de GNC suelen registrarse durante la conducción urbana (es decir, a bajas velocidades, con arranques en frío), lo que resulta particularmente preocupante para la calidad del aire en las ciudades y zonas urbanas.

2. Los vehículos de GNC emiten cantidades especialmente elevadas de partículas ultra finas de tan sólo 2,5 nm. Estas partículas podrían ser potencialmente las más dañinas para la salud humana, ya que se ha demostrado que penetran en el cuerpo a nivel muy profundo y se han relacionado con un mayor riesgo de cáncer cerebral. Si se tienen en cuenta partículas de un tamaño tan reducido como 2,5 nm, la cantidad total de partículas emitidas por los coches y furgonetas de GNC podría incrementarse entre 100 y 500 veces más. Para los vehículos pesados de GNC, se ha demostrado que extender el rango de medición hasta los 10 nm aumenta la cantidad total de partículas en un 100 % y esto es probable que aumente si se consideran partículas de 2,5 nm.

3. Los vehículos de GNC pueden emitir amoníaco que contribuye a la contaminación por partículas. Las pruebas en carretera de los coches y furgonetas de GNC Euro 6 han demostrado que estos vehículos pueden emitir hasta 20 mg/km y 66 mg/km de amoníaco, respectivamente. Dado que se estima que 1 mg de amoníaco genera 1 mg de contaminación por partículas, las emisiones de amoníaco de los vehículos de GNC pueden contribuir a la contaminación del aire por PM<sub>2,5</sub> (partículas de tamaño inferior a 2,5 micrómetros). En la actualidad, los automóviles y las furgonetas no están sujetos a un límite de emisión de amoníaco.



## Emisiones “del Tanque a la rueda” - GEI TTW

Una comparación con los mejores camiones diésel de su clase ofrece aún menos promesas paracamiones propulsados por metano, como se puede ver en las siguientes tablas. Un camión de metano Dual Fuel, ciclo diésel, HPDI que todavía tiene un 9% menor eficiencia energética que los mejores camiones diésel de su clase tendrían un 10% menos de emisiones de GEI TTW en comparación con los mejores camiones diésel de su clase y un 2% menos de emisiones de GEI WTW según los cálculos de T&E.

En la siguiente tabla está claro que la tecnología del motor tiene un gran impacto en la GEI WTW, tanto por el rendimiento de los camiones propulsados por gas fósil, como por el combustible utilizado (GNC o GNL). Una comparación de camiones a metano con camiones diésel promedio (Tabla) muestra mayores ahorros porque los camiones diésel promedio tienen 5.6% mayores emisiones de WTW que los mejores camiones diésel de su clase.

### Comparación con el mejor diésel del mercado

	Low upstream emissions	Medium upstream emissions	High upstream emissions
Best in class diesel truck (29.9l/100km)	948 g CO <sub>2</sub> eq./km		
HPDI LNG truck <sup>xiii</sup>	-2.7%	-2.0%	+4.4%
Spark ignition LNG truck <sup>xiv</sup>	+4.4%	+5.1%	+11.5%
Spark ignition CNG truck <sup>xv</sup>	-2.4%	-0.7%	+7.9%

### Comparación con el promedio diésel del mercado

	Low upstream emissions	Medium upstream emissions	High upstream emissions
Average diesel Truck (31.5l/100km <sup>102</sup> )	1001 g CO <sub>2</sub> eq./km		
HPDI LNG truck <sup>xvii</sup>	-7.9%	-7.2%	-1.1%
Spark ignition LNG truck <sup>103</sup>	-1.1%	-0.4%	+5.6%
Spark ignition CNG truck <sup>104</sup>	-7.5%	-6.0%	+2.2%

## 5. Emisiones distintas de GEI (calidad del aire)

En relación con la mitigación del cambio climático, los beneficios del gas fósil varían según los modos de transporte, pero son inexistentes o muy limitados en el mejor de los casos. Para una comparación justa, los vehículos propulsados por metano necesitan ser comparados con los nuevos

Table 10. Real-world tailpipe emissions of Euro 6 vehicles<sup>124</sup>

	NOx (mg/km)	PM <sub>2.5</sub> (mg/km)
Petrol	56	1.6
Hybrid petrol	13	Data not available
Diesel	170	1.5
CNG	56	1.1
Battery electric vehicle	0	0



modelos de gasolina, diesel, eléctricos o híbridos. Con nuevas pruebas y nuevos límites de emisión.

Los modelos Euro 6 son más limpios que en el pasado, lo que hace que los beneficios de contaminación del aire del metano sean mucho menores que si se compara con motores de gasolina o diesel en el pasado. Las mejoras por emisiones de escape de los vehículos de metano son muchomás pobres que las de la electricidad, el hidrógeno y los híbridos enchufables.

Los datos son escasos cuando se examinan las emisiones de número de partículas (PN) de los turismos. En 2009, Ford presentó emisiones de PM y PN para diferentes tecnologías de motores (Figura 9). Los datos muestran que los coches de GNC considerados estaban entre los más bajos con respecto a la masa de partículas y el número de partículas. En cuanto a camiones, un motor de GNC produce entre 2 y 8 veces más emisiones de PN que los motores diésel equipados con un filtro de partículas diesel.

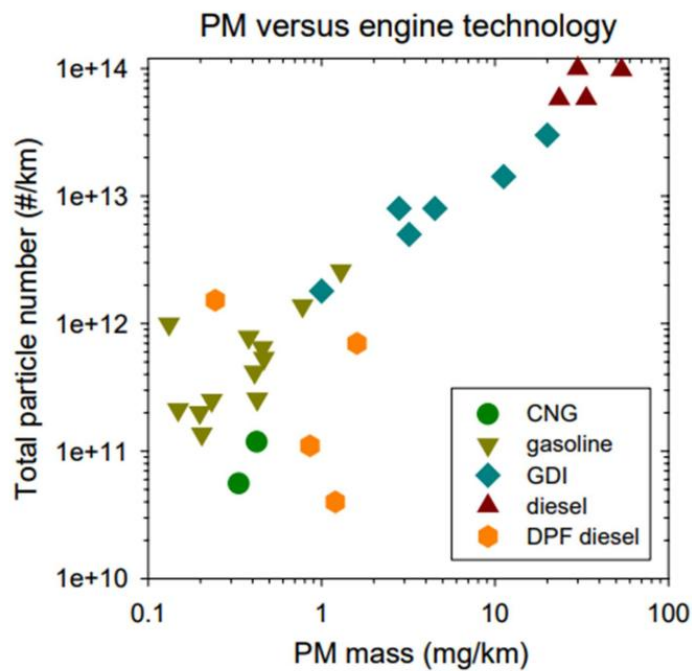


Figure 9. Particle number (PN) emissions versus particle mass (PM) emissions for different engine technologies in 2009<sup>127</sup>

### Camiones y autobuses

Los vehículos diesel Euro VI actuales han reducido las emisiones de NOx en un 80% y PM a la mitad en comparación con los límites de Euro V. Por lo tanto, las emisiones de NOx de los vehículos pesados son ahora muy similares a los de los vehículos diesel y GNC.

Los datos del Reino Unido y los Países Bajos respaldan el hecho de que no hay una diferencia significativa en NOx entre emisiones de diésel y metano. En pruebas de laboratorio y en pista para el Departamento de Transporte de NOx del Reino Unido Las emisiones de los motores de



encendido por chispa propulsados por metano fueron en promedio 135 mg / km bajo prueba, mientras que los vehículos de comparación diésel Euro VI emitieron NOx a una tasa de aproximadamente 230 mg / km.

La conversión de un camión diésel Euro VI en el mismo estudio resultó en mayores emisiones de NOx en modo de combustible dual (540 mg / km en promedio) que con el mismo vehículo operando en modo solo diésel (170mg / km).

TNO probó dos camiones de GNL (encendido por chispa) en condiciones reales en los Países Bajos. De media, un camión tenía emisiones de NOx similares al promedio de los camiones diésel probados, pero el otro tenía emisiones NOx a la par con los camiones diésel de mayor emisión. En condiciones de conducción urbana, las emisiones de NOx de ambos camiones de GNL eran más altos que los camiones diésel promedio.

Desafortunadamente, no hay pruebas comparativas de emisiones en el mundo real para camiones de metano y diésel Euro VI, utilizando diferentes tecnologías de motor. Estos serían necesarios para evaluar los beneficios reales del metano.

Para los autobuses, las emisiones de contaminantes atmosféricos son comparables entre los autobuses Euro VI diésel y Euro VI CNG, con el diésel teniendo un mejor desempeño con respecto a las emisiones de CO2.

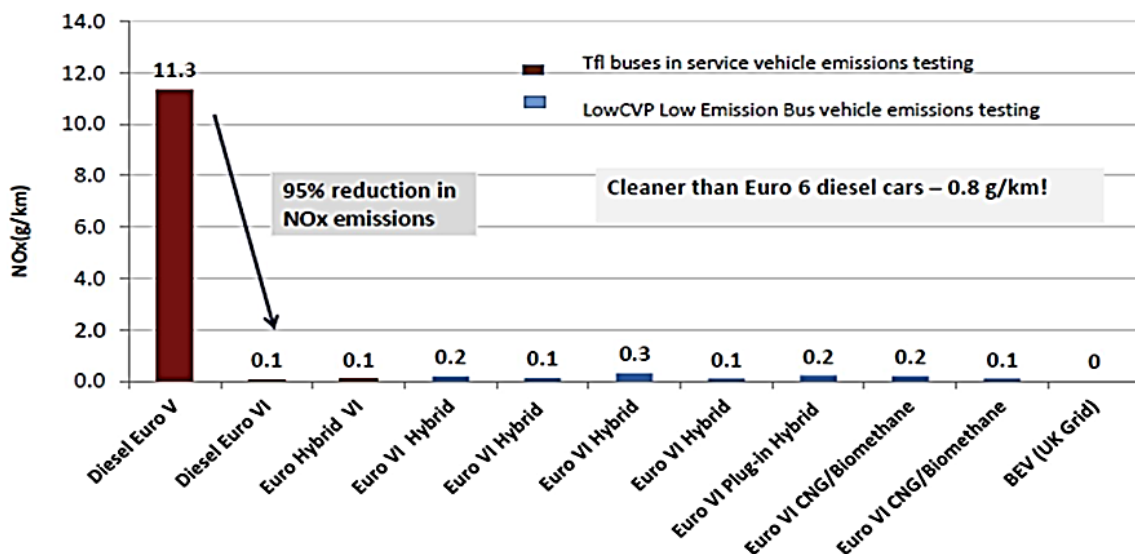


Figure 11. NOx emissions of different bus technologies based on LowCVP emissions testing (lab testing).<sup>136 xx</sup>

Como puede verse en la imagen de arriba, hay una diferencia entre las emisiones de NOx de los autobuses diésel Euro VI en comparación con otros vehículos de combustible alternativo.

Las emisiones de PM son generalmente más bajas para los camiones de metano, sin embargo, el número de partículas es mayor en comparación con los motores diésel Euro VI según las pruebas en carretera y de laboratorio realizadas por el CCI.



PM mide la masa de las emisiones de partículas dando más énfasis a las partículas más pesadas, mientras que PN mide el número de partículas, dando más énfasis a las partículas más pequeñas, que son más dañinas para la salud. Esta diferencia en los camiones de metano en comparación con los diésel se debe a que los filtros de partículas diésel han sido eficientes para reducir las emisiones de partículas diésel reduciendo significativamente las emisiones en comparación con los estándares europeos más antiguos.

En el informe del JRC, la prueba del autobús de GNC tuvo mayores emisiones de PM en comparación con el autobús diesel Euro VI con filtro de partículas diesel. Los camiones de GNC o GNL generalmente emiten menos PM (material particulado) u hollín negro que los vehículos diésel no equipados con DPF, pero esto ya no es necesariamente cierto para PM, si se comparan con vehículos diésel equipados con DPF.

Los resultados del departamento del Reino Unido para el estudio de vehículos de transporte de gas que incluyó pruebas de laboratorio y pruebas de pista no midió PM, pero se basó en datos de los fabricantes, los vehículos a gas emitían 1 - 3 mg / kWh y el diesel 2 - 6 mg / kWh.

TNO también encontró que "... los motores de gas de encendido por chispa y los motores diésel con filtros de partículas de flujo de pared a menudo tienen emisiones de partículas similares, tanto en masa como en número. "

La diferencia en las emisiones de PM entre los vehículos propulsados por diésel y metano son inferiores a los de las normas europeas anteriores. La literatura da puntos de vista diferentes en comparación con los camiones diésel Euro VI modernos con DPF, ya que una diferente tecnología para vehículos de metano tienen un rendimiento diferente.

Sin embargo, el número de partículas sólidas (PN) es más alto para los camiones de GNC en comparación con los camiones de diesel, y este resultado probablemente también se aplicará a los camiones de GNL.

Según la evidencia disponible, los camiones y autobuses de metano no tienen un beneficio significativo en comparación con camiones diesel Euro VI equivalentes en términos de calidad del aire. Diferentes estudios dan resultados ligeramente contradictorios, pero las diferencias no justifican un cambio de camiones diesel a camiones GNL o GNC.

Se necesitan más pruebas, también para comparar las emisiones de contaminantes atmosféricos de camiones de metano de encendido por chispa y presión (HPDI) con los mejores camiones diésel Euro VI actuales disponibles, tanto en laboratorio como en condiciones de conducción reales.