

UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR

OFICINA LA PAZ



**ÁREA DE ECONOMÍA Y GERENCIA
CURSO DE MAESTRÍA EN GERENCIA DEL GAS
2004-2005**

**“EFECTOS SOCIOECONÓMICOS DE LA CONVERSIÓN DE
VEHÍCULOS DE DIESEL A GNV: CASO DE ESTUDIO SANTA
CRUZ”**

ALUMNA: ROCIO LINARES ZAMBRANA

TUTOR: ING. HUGO VITS

**La Paz – Bolivia
2006**

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	2
1. MARCO REFERENCIAL	3
1.1. Justificación y planteamiento del problema	3
1.2. Objetivos, alcances y limitaciones	5
1.3. Planteamiento de la hipótesis	6
1.4. Definición de variables y Metodología	7
2. SITUACIÓN HIDROCARBURÍFERA DE BOLIVIA.....	9
2.1. Matriz energética de Bolivia.....	9
2.2. El mercado del gas natural en Bolivia.....	12
2.3. Desarrollo del Gas Natural Vehicular en Bolivia	20
3. CONVERSIÓN DE VEHÍCULOS DE DIESEL A GNV: SANTA CRUZ	23
3.1. Análisis y evolución de la situación actual.	23
3.2. Aspectos Técnicos de la conversión de Diesel a GNV.....	33
3.3. Evaluación ambiental de la conversión a GNV	42
3.4. Impacto social de la conversión a GNV	48
3.5. Evaluación económica de la conversión a GNV	50
3.5.1. Análisis microeconómico	51
3.5.2. Análisis macroeconómico	73
3.5.3. Verificación de la Hipótesis	77
4. CONCLUSIONES	80
BIBLIOGRAFÍA	83
ANEXOS	83

INTRODUCCIÓN

El descubrimiento de reservas de gas en Bolivia abre las posibilidades de incursionar en nuevos mercados del gas, desarrollando mercados externos e internos, si bien la cantidad de reservas es una condición necesaria para participar en nuevos mercados no es una condición suficiente, ya que existen muchos otros factores que determinan y posibilitan la concreción de los mismos. En Bolivia el consumo de hidrocarburos es el más bajo de Sudamérica pese al incremento de las reservas y de la capacidad productiva, lo que muestra un significativo potencial de este recurso.

El desarrollo económico sostenido del país se puede lograr con una política económica integral y estructural en Bolivia que fomente las inversiones y que promueva la productividad, en este sentido el gas se constituye como un factor de desarrollo del país siempre que se lo utilice como una estratégica para la generación de riqueza para los bolivianos

En el presente documento se presenta una posibilidad real de incrementar la demanda de gas natural vehicular GNV, en el mercado interno incentivando el consumo a través de una política de conversión de vehículos de diesel a gas natural en la ciudad de Santa Cruz, basado principalmente en un cambio estructural sobre la matriz energética boliviana a través de la sustitución de combustibles.

Este trabajo consta de 4 capítulos, el primero contiene la justificación, objetivos, hipótesis y metodología. El capítulo 2, muestra en forma general la situación actual hidrocarburífera de Bolivia. En el capítulo 3 se presenta la propuesta y análisis de la conversión de los vehículos de Diesel a GNV en la ciudad de Santa Cruz, el análisis de los efectos e impactos ambientales, sociales, económicos; y finalmente el capítulo 4 contiene las conclusiones a las que se llegó con esta investigación.

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Justificación y planteamiento del problema

Con la estructura energética actual, Bolivia en 20 años solo tendrá comprometidos el 20% de reservas de los 54,86 TCF de gas que tiene tanto con el mercado externo como con el mercado interno (suponiendo un crecimiento promedio anual de la demanda en 3%).

El mercado interno se compone principalmente por el consumo industrial (78%), seguido por el gas natural vehicular (11%), comercial (8%) y el domestico (3%). Situación diferente a la que se apreciaba hace 5 años, estas cifras muestran un crecimiento significativo del consumo de GNV debido principalmente a las iniciativas privadas de conversión de vehículos de GLP, Gasolina y recientemente conversión de vehículos de diesel.

La demanda de diesel oil en territorio boliviano registra un crecimiento continuo, el 2005 los volúmenes comercializados mostraron un incremento de 4%, si bien las refinerías también aumentaron su producción la misma no pudo cubrir totalmente los requerimientos del mercado interno. Santa Cruz es el departamento que más diesel consume debido al intensivo uso de este combustible en el sector agrícola, transporte de pasajeros urbano, interdepartamental y transporte de carga. Del total de la demanda nacional, el alrededor del 43% se destina a Santa Cruz, le sigue La Paz con el 18% y Cochabamba con el 16%. Es por este motivo principal que Santa Cruz debe buscar diversificar la demanda de combustibles principalmente del Diesel. Por lo que se analizará la posibilidad de sustitución del diesel por GNV en el transporte de pasajeros en la ciudad de Santa Cruz.

Las reservas de gas en Bolivia se constituyen en un instrumento de desarrollo económico sostenible en la medida que se logre desarrollar los

mercados emergentes para el gas, y para conseguir esto se debe lograr el equilibrio entre la oferta y demanda.

Entre las oportunidades de desarrollo de mercados para el gas boliviano; y una de las más importantes, se encuentre el desarrollo del mercado interno como consumidor, esta política de introducción del gas natural puede considerarse con efectos cadena y estructurales en lo que concierne a la matriz energética boliviana.

Bolivia en su matriz energética actual presenta varios problemas de abastecimiento de energéticos, como el GLP y Diesel, debido a una falta de coordinación de políticas y otros problemas de tipo social.

Una política de corto plazo se enmarca solamente en un acuerdo de abastecimiento con los proveedores o subsidiar el precio del energético para evitar la escasez del mismo. Sin embargo una política estructural de largo plazo puede realizarse con un cambio en la matriz energética de Bolivia incentivando las inversiones que permitan la sustitución de combustibles.

En base a las características del sector energético actual de Bolivia surgen algunos cuestionamientos como ser:

- *¿Cuáles son los impactos socioeconómicos de la sustitución de Diesel por GNV en el sector del auto transporte de la ciudad de Santa Cruz?*

Para complementar el análisis y resolver la problemática surgen las siguientes preguntas complementarias:

- *¿Qué políticas son necesarias para el desarrollo sostenido del mercado del Gas Natural Vehicular en Bolivia?*

- *¿Cuáles son las ventajas económicas, sociales y ambientales de la utilización del gas natural como combustible?*
- *¿Existe la tecnología que permita la conversión de vehículos de diesel a GNV?*
- *¿Cuál es el costo de convertir un vehículo que funciona a Diesel a otro combustible como es el GNV?*
- *¿Qué cantidad de Diesel se dejaría de consumir con el programa de conversión de vehículos a GNV?*

1.2. Objetivos, alcances y limitaciones

Objetivo General

- *Analizar los efectos ambientales, sociales y económicos de la sustitución de Diesel por GNV en el sector del transporte público en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra.*

Objetivos Específicos

- *Analizar y plantear políticas que son necesarias para el desarrollo del mercado del Gas Natural Vehicular en Bolivia.*
- *Describir y demostrar los efectos económicos, sociales y ambientales de la conversión de vehículos de diesel a GNV.*
- *Investigar sobre procedimientos tecnológicos existentes que viabilicen la conversión de diesel a GNV.*
- *Realizar el análisis microeconómico de esta propuesta en base a un criterio de eficiencia en la economía del transportista.*
- *Mostrar los efectos macroeconómicos de la sustitución de diesel por GNV sobre algunos sectores importantes de la Economía Boliviana.*

Alcances y limitaciones

El presente trabajo se ha elaborado en base a la experiencia iniciada a partir de marzo de 2005, en la ciudad de Santa Cruz a cerca de la conversión de vehículos a gas natural vehicular, por ser uno de los mercados con mayor crecimiento con un importante parque automotor y una demanda de combustible significativa.

Como el mercado de energéticos se encuentra poco desarrollado en nuestro país, uno de los principales problemas es el de no contar con muchos estudios en el área, también existe poca información de la situación actual del sector, no existen series históricas o secuenciales de muchos datos por lo que en lo posible se ha utilizado los datos del último año.

Algunos sectores parte del estudio no han podido ser analizados con mayor profundidad por tratarse de un tema amplio, sin embargo se ha rescatado lo mas significativo y relevante para este estudio.

1.3. Planteamiento de la hipótesis

Una vez planteada la problemática, en la presente investigación se presente demostrar la siguiente hipótesis:

“La conversión de vehículos de diesel a GNV es un componente primordial para el desarrollo integral y sostenido del mercado local del Gas Natural Vehicular y así constituirse en una herramienta para lograr el cambio de la matriz energética, la activación económica y social en Bolivia”

1.4. Definición de variables y Metodología

Esta propuesta tiene como principales actores al sector privado, todos los actores de la cadena del gas, la sociedad en general beneficiada principalmente el sector transportista y finalmente el Gobierno forma parte primordial para la concreción de esta iniciativa.

La interrelación de estos actores se traduce en variables operativas mediante las cuales se pueden aplicar políticas e iniciativas de inversión. Las principales variables que serán parte del estudio son:

La conversión a GNV de un vehículo que funciona a Diesel como una estrategia necesaria para el desarrollo mercado de Gas Natural Vehicular en Bolivia.

También se considerarán otras variables complementarias y relevantes como el mercado del Diesel en Bolivia, la estructura y características del sector transporte, desarrollo tecnológico del Gas Natural Vehicular, mecanismos de financiamiento disponibles y otros.

La metodología que se utilizará en el proceso de investigación será de tipo deductivo ya que se realizará el estudio en base a conocimientos generales aplicados a un caso particular, a la conversión de vehículos en la ciudad de Santa Cruz.

La base teórica para este estudio fue recolectada de fuentes primarias y secundarias de estudios realizados por expertos profesionales, analistas y pasantes, los cuales se pueden encontrar en revistas de análisis, internet, universidades. Asimismo se utilizaron estadísticas elaboradas por instituciones del área como la Superintendencia de Hidrocarburos, Ministerio de Hidrocarburos,

Cámara Boliviana de Hidrocarburos y del asesoramiento de expertos profesionales que están implementando proyectos de conversión de vehículos de gasolina, GLP y Diesel a GNV; de los cuales se pretende rescató los aspectos más relevantes.

La información selecta fue principalmente la que permitió realizar un análisis costo-beneficio de la situación actual del sector energético de Bolivia respecto a una alternativa de la reestructuración del mismo con un programa de conversión a gas natural y una evaluación económica -financiera del mismo.

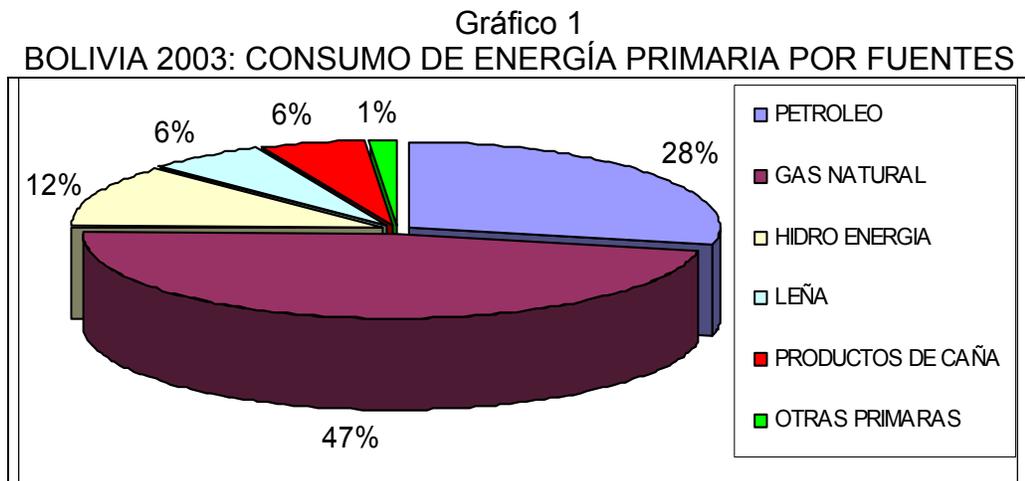
El estudio se realizará para un corto plazo con datos actuales, es decir para los años 2004 y 2005 y algunas proyecciones que permitan hacer un análisis de mediano plazo hasta el 2010, toda la información fue clasificada y ordenada de manera de facilitar la identificación de variables involucradas, y que posteriormente permitieron evidenciar la hipótesis planteada.

2. SITUACIÓN HIDROCARBURÍFERA DE BOLIVIA

2.1. Matriz energética de Bolivia

La estructura del consumo energético de Bolivia responde principalmente a las tendencias mundiales mostrando una vinculación importante con los hidrocarburos.

La demanda final de energía del país en el año 2003 (gráfico 1) se cubrió en 47% con gas natural de este valor el 15% se transforma en energía eléctrica y el resto es consumido internamente por el sector industrial, comercial domestico y transporte (GNV), el consumo de petróleo como energía primaria tuvo una participación del 28%, la hidroenergía de 12%, la leña y productos de caña el 6%.



Fuente: OLADE
Elaboración: Propia

Esta estructura dependiente del petróleo causa en la actualidad muchos problemas en cuanto a abastecimiento, precios, subsidios y otros. Según las estimaciones realizadas del consumo de energéticos bajo los mismos patrones actuales, dentro de 20 años la tendencia predominante de los derivados del petróleo continuará en el mercado interno de Bolivia.

Bolivia actualmente cuenta con gran cantidad de reservas de gas natural pero la producción actual es mínima, esta descompensación entre reservas y producción muestra la necesidad de una reestructuración en los patrones de consumo en base a una política de planificación energética que contenga estrategias adecuadas para los cambios en la matriz energética:

Este cambio es posible debido a la abundancia de reservas de gas natural, los avances tecnológicos han abaratado los costos de transporte desde las fuentes de producción hasta los centros de consumo, mejorando las condiciones para la exportación, en los últimos decenios ha cobrado mayor importancia la conservación del medio ambiente lo que favorece el consumo del gas natural que emite menos dióxido de carbono que el petróleo, el crecimiento de los mercados energéticos en los países emergentes ha hecho más atractiva la inversión para los operadores internacionales y nacionales.

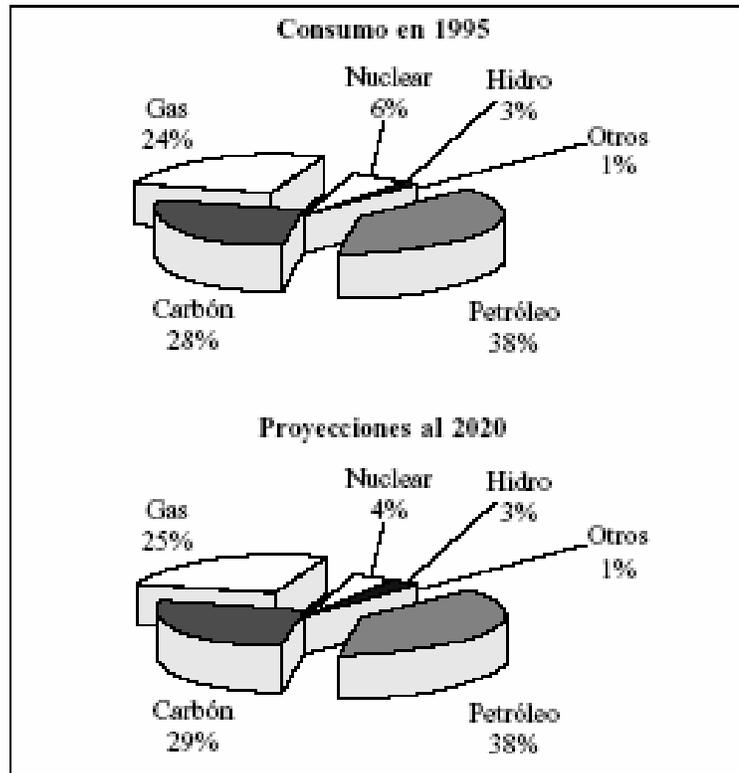
La política de seguridad energética apunta a reducir la dependencia del petróleo y de energéticos importados, mejorando la capacidad institucional que permita un crecimiento económico sostenido.

El petróleo, el carbón y el gas natural en 1995, abastecían el 91% del consumo mundial de energía, la participación de estos fue de 38.8% el petróleo, 28.4% el carbón y 23.6% el gas natural. Las proyecciones del consumo de energía para el período 2020 indican que ese patrón continuará (Gráfico 2)

La demanda de gas natural seguirá creciendo a un ritmo superior al que registrarán el carbón y el petróleo, con tasas de 2.4%, 2.1% y 0.8% respectivamente. Siendo así, la proporción del consumo total de energía abastecido por estas tres fuentes subiría hasta cubrir 92.2% de la demanda mundial de energía, sobre todo gracias al aumento del consumo de gas natural,

cuya contribución llegaría al 25.2%; la participación del carbón y del petróleo se mantendría estable, otras fuentes la estiman en 5%.

Gráfico 2
MUNDO 1995-2020: CONSUMO DE ENERGÍA MUNDIAL



Fuente: Organismo Internacional de Energía
Elaboración: Propia

La mayor parte de la producción de gas natural no se consume en el país, sino que se exporta a Argentina y a Brasil; además, hay compromisos de abastecimiento con Paraguay, aunque en bastante menor medida. Es por ello que la participación del gas natural en la oferta nacional de energía primaria alcanza a sólo 25% mientras que el petróleo representa el 42%.

El mercado energético nacional se caracteriza por ser esencialmente monopólico y sin reglas claras que permitan competir a las diferentes fuentes energéticas y seleccionar por parte del usuario las más convenientes desde el

punto de vista técnico-económico. En general los movimientos que se están registrando en el mercado de la energía son hacia una reducción del control del gobierno y hacia un aumento de la competencia y el nivel de elección de los clientes, evitando un inadecuado diseño del mercado como a fallas en la implementación del mismo.

Las obras de infraestructura energética del lado de la oferta requieren importantes inversiones y tiempos de ejecución prolongados por lo cual debe preverse con antelación su realización para evitar colapsos.

Al implementar este mercado, debe tenerse en cuenta la presencia de fuentes renovables no convencionales disponibles en el país y explotables según los estudios de determinación del potencial ya realizados. En estas disposiciones, debería considerarse la relación del país con la región desde el punto de vista energético y su grado de integración con el mercado regional. Existen importantes obras físicas de interconexión energética en forma de líneas de transmisión de energía eléctrica o de gasoductos que, hasta el momento, operan con contratos binacionales entre empresas.

Todos estos aspectos necesarios deben ser plasmados en una política integral basada en la planificación energética del país ya que la utilización de energía es un factor primordial para el desarrollo.

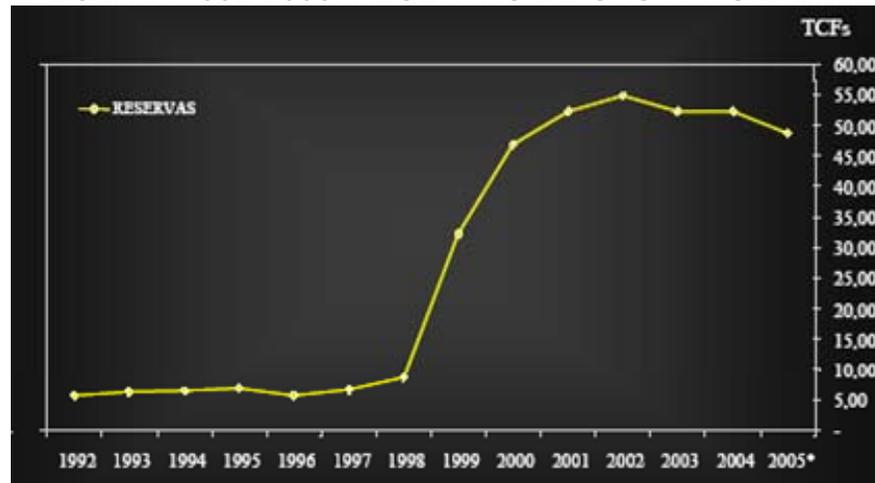
2.2. El mercado del gas natural en Bolivia.

Bolivia es el país pionero en exportación de gas natural en América Latina, los ingresos por las exportaciones de gas han tenido impacto importante en su economía, durante los últimos 30 años.

El mercado interno de gas natural es pequeño debido al tamaño de las poblaciones consumidoras, pese a que se han incorporado los mercados de

consumo de siete de los nueve departamentos (provincias) que tiene el país, mediante el desarrollo de una red de gasoductos internos de más de 3500 km de longitud.

Gráfico 3
BOLIVIA 1992-2005: RESERVAS DE GAS NATURAL

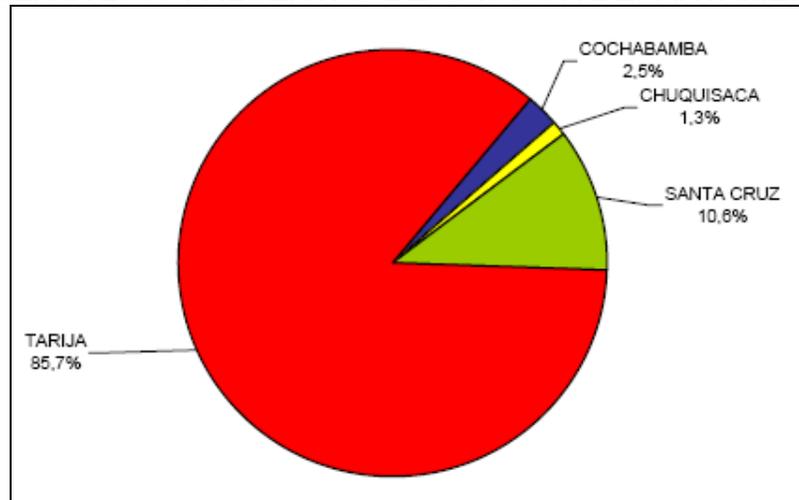


Fuente: YPFB
Elaboración: CBH
* A junio de 2005

Bolivia ha incrementado sustancialmente sus reservas de gas, como se puede apreciar en el Gráfico 3. El crecimiento de las reservas en el decenio (1992-2002) fue mayor al 800%. Durante el año 1999 se cuadruplicaron las reservas de 1998 y el 2000 se duplicaron las reservas de 1999, llegando a un máximo de 54.86 TCF en el año 2003. El año 2004 y 2005, contrariamente a lo que se esperaba, el nivel de las reservas fue disminuyendo, principalmente las reservas probables, actualmente las reservas certificadas al 1 de enero de 2005 ascienden a 48.77 TCF.

A nivel departamental solo en cuatro departamentos del país existen reservas de gas, el 85.7% de las reservas se encuentran en Tarija, 10.6% en Santa Cruz, 2.5% en Cochabamba y 1.3% en Chuquisaca

Gráfico 4
BOLIVIA 2005*: RESERVAS DE GAS POR DEPARTAMENTO

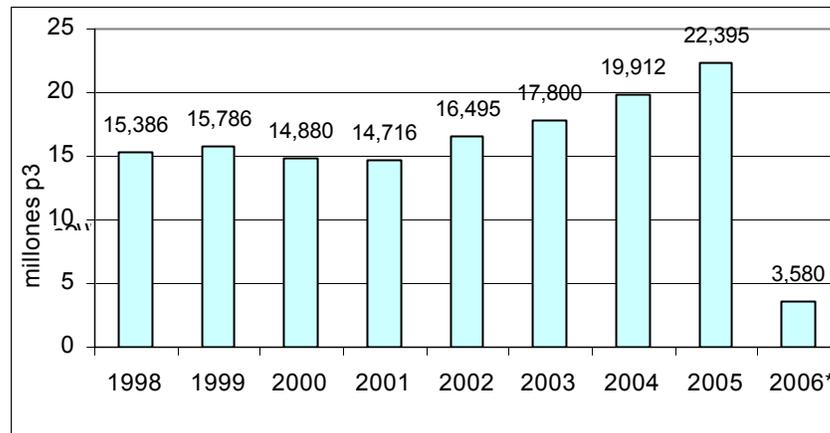


Fuente: YPFB
Elaboración: YPFB
* Al 1 de enero de 2005

Por muchos años, Bolivia mantuvo una capacidad de producción de gas superior a los requerimientos de la demanda interna y a los compromisos de exportación, debido a la necesidad de producir hidrocarburos líquidos para abastecer a las refinerías de petróleo. Como la producción de gas natural para el mercado interno y la exportación no permitía liberar las cantidades suficientes de hidrocarburos líquidos para la refinación, era necesario producir mayores cantidades de gas que no tenían mercado y por tanto una vez despojado de los líquidos se inyectaba a los yacimientos para conservarlo y evitar aumentar la quema. Por ese motivo, se podía aumentar la exportación de gas sin mayores inversiones en desarrollo de campos de producción.

Si bien el nivel de reservas es alto el comportamiento de la producción del gas natural (gráfico 5) se mantiene menos dinámico y esta obedece principalmente a los patrones de la demanda ya que este es un producto no almacenable y la producción se incrementa en la medida que incremente la demanda del mercado nacional e internacional.

Gráfico 5
BOLIVIA 1998-2006: PRODUCCIÓN DE GAS NATURAL



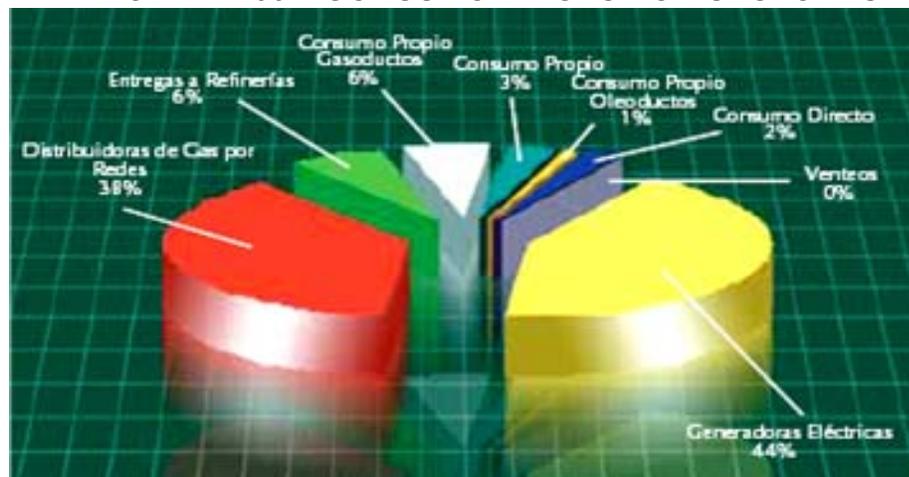
Fuente: Superintendencia de hidrocarburos

Elaboración: propia

* Hasta febrero de 2006

Para el año 2004, el sector de las generadoras eléctricas demandó 62,55 MMPCD de gas natural, cifra que representa el 44% del consumo del mercado interno, le sigue el sector de distribuidoras de gas por redes con 54,65 MMPCD, que constituye el 38% del consumo del mercado interno. El resto del volumen se distribuye en entregas a refinerías (6%), consumos propios en ductos y otros.

Gráfico 6
BOLIVIA 2004: CONSUMO DE GAS POR SECTORES



Fuente: Superintendencia de hidrocarburos

Elaboración: Superintendencia de hidrocarburos

Las características económicas de la oferta de gas natural en Bolivia son:

Características del producto:

- ~ Costo de Transporte determinante en el precio final
- ~ Distintas calidades
- ~ Sustitución perfecta entre productos de la misma calidad
- ~ Exploración y explotación: alto riesgo, alto costo pero alta rentabilidad
- ~ Altos costos de refinación y/o transformación

Debido a las características del mercado:

➤ Barreras a la entrada

- ~ Naturales: por disposición de reservas
- ~ Económicas: costos hundidos de la etapa del Upstream
- ~ Estratégicas
- ~ Legales
- ~ Riesgos

➤ Productores coluditos

➤ Algunos servicios son monopolios naturales (transporte, distribución)

➤ Grandes externalidades ambientales en toda la cadena de valor del sector

- ~ Contaminación de agua y suelo
- ~ Destrucción del ecosistema y biodiversidad
- ~ Afectación de las formas de vida de comunidades originarias

➤ Consumo de un recurso no renovable

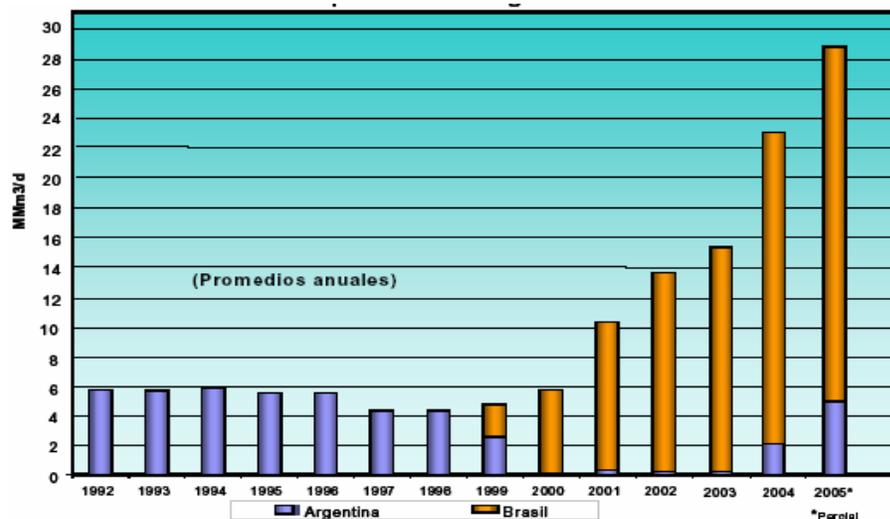
- ~ Dependencia de la disponibilidad del recurso

- ~ Tecnología disponible independientemente de los niveles de producción
- ~ Altos costos de investigación y producción
- ~ Irregularidad y/o inseguridad para la producción por depender de factores naturales.
- ~ Apropriadas para instalaciones aisladas

El índice reservas/producción muestra que el nivel de producción es muy bajo y al ritmo actual después de 20 años de producción se tendrían disponibles todavía el 80% de las reservas, del total del gas producido el 56% se destina a la exportación, el 40.1% al mercado interno y el 2.7% no es aprovechado.

El comercio exterior del mercado del gas se ha incrementado desde el año 2001, principalmente por la exportación al Brasil. El Gráfico 7 muestra la evolución de las exportaciones de gas natural a los dos únicos mercados que son Argentina desde 1972 y Brasil desde 1999.

Gráfico 7
BOLIVIA 1992-2005: EVOLUCIÓN DE LAS EXPORTACIONES DE GAS

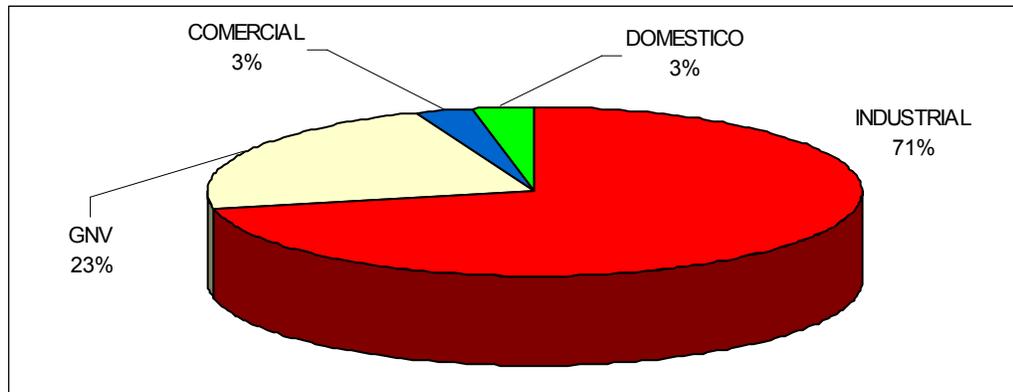


Fuente: YPFB

Elaboración: YPFB

A diferencia de las exportaciones, el volumen consumido en el mercado interno del gas es muy pequeño principalmente porque éste no se ha desarrollado. El consumo interno por redes de Gas natural muestra que el 71% consumido por el sector industrial, 23% en GNV, 3% el domestico y 3% en el consumo comercial (gráfico 8).

Gráfico 8
BOLIVIA 2005: CONSUMO DE GAS NATURAL



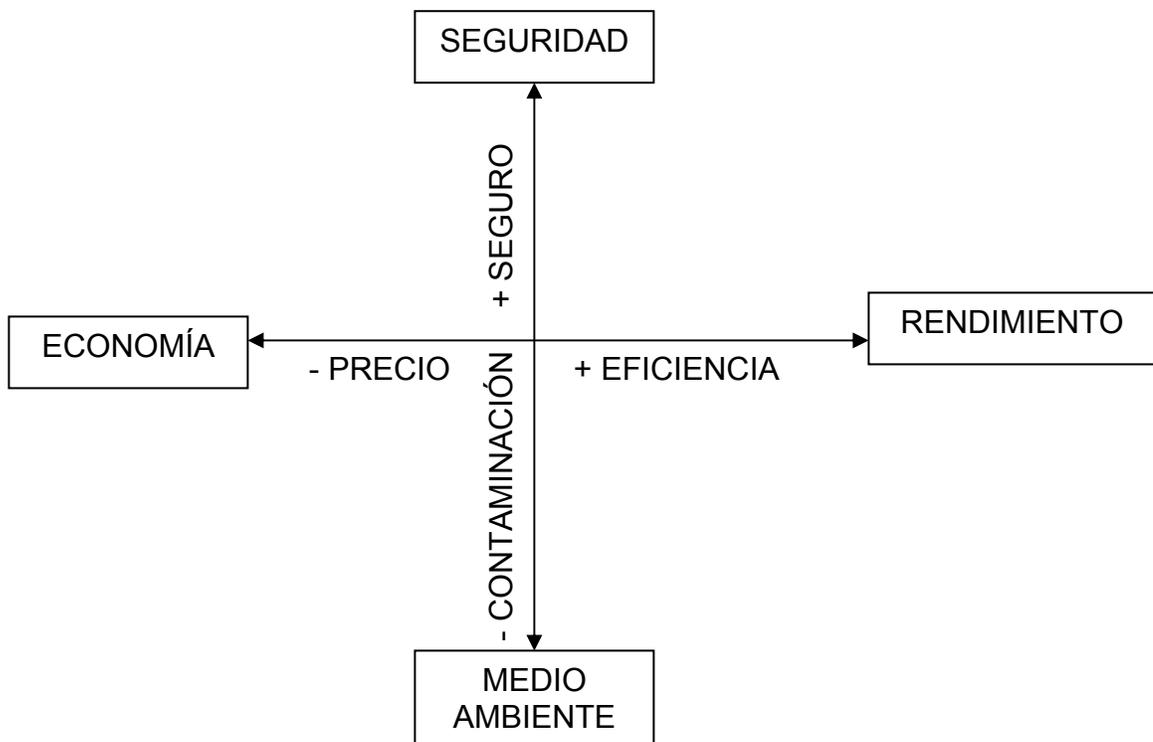
Fuente: Superintendencia de hidrocarburos
Elaboración: Propia

La demanda de energéticos como el caso del gas, se caracteriza por:

- Ser un bien no almacenable
- Proveer servicios que no son almacenables
- Tiene una demanda estacional
- Energías primarias sustitutas de energías secundarias
- Existe baja elasticidad de sustitución en la demanda
- Insumo determinante e influyente en otros sectores productivos de la economía
- Existen grandes externalidades positivas en el consumo, como la industrialización y mejora del nivel de vida de la población, por lo tanto reducción de la pobreza.

El comportamiento de este mercado tanto a nivel interno como externo ha sufrido variaciones oscilatorias y poco predecibles, no permitiendo identificar una tendencia del funcionamiento del mismo principalmente porque éste obedece a conflictos sociales e intereses políticos, por lo que, para que este recurso natural no renovable se convierta en un instrumento de desarrollo económico sostenible debe obedecer a una política de planificación energética de largo plazo tomando en cuenta las características de este mercado como las externalidades positivas en el consumo, las externalidades negativas en la producción y la concentración de la oferta.

Principios de eficiencia y competitividad para la elección de estrategias y políticas energéticas se enmarcan en los pilares de economía, rendimiento, medio ambiente y seguridad de abastecimiento:



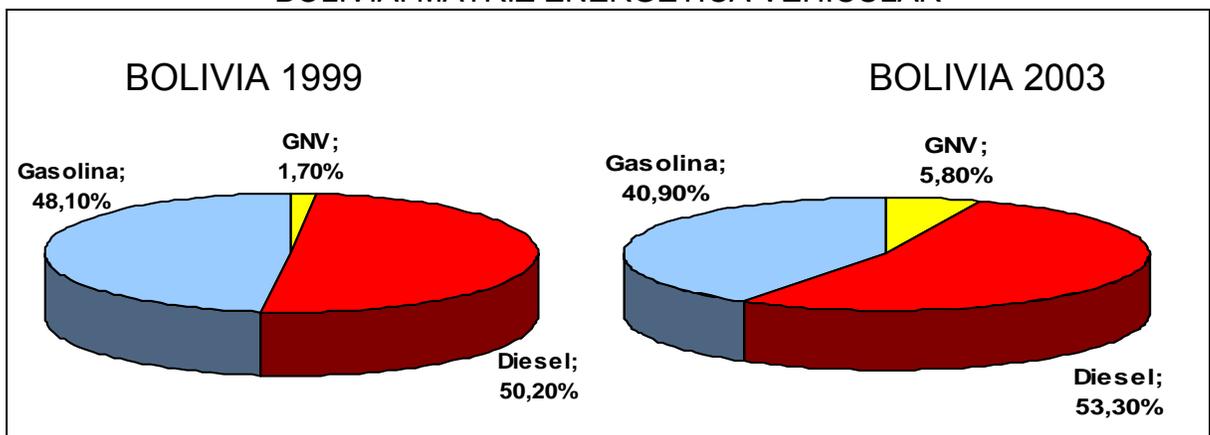
Principales políticas para garantizar el abastecimiento pleno de las necesidades energéticas en el mediano plazo:

- Reflejar gradualmente en los precios internos el precio internacional de los Combustibles Líquidos (Gasolina y Diesel) eliminando subsidios que distorsionan el mercado.
- Incentivar el uso masivo de Gas Natural en el Sector Transporte Público Automotor.
- Orientar el consumo de Diesel exclusivamente al sector agrícola.

2.3. Desarrollo del Gas Natural Vehicular en Bolivia

Bolivia puede comenzar a aprovechar el gas natural para cambiar su matriz energética, actualmente el gas natural representa el 15% en la matriz energética nacional y las proyecciones manifiestan que su participación crecerá más que la de otros hidrocarburos. El Gas Natural vehicular (GNV) representa alrededor del 4.5% dentro de ese 15% de gas natural.

Gráfico 9
BOLIVIA: MATRIZ ENERGÉTICA VEHICULAR



Fuente: Maestría en gerencia del gas-UASB
Elaboración: Gas y Electricidad S.A.

La matriz energética vehicular (gráfico 9), muestra que el parque automotor en Bolivia se abastece primordialmente con Diesel (53.3%), seguido por la

gasolina (40.9%) siendo la participación del Gas Natural Vehicular GNV de solo 5.8%. Si bien este valor se incremento de 1.7% en el año 1999, todavía tiene muchas perspectivas de incrementarse el uso del GNV.

Bolivia puede, tener el 50% de su flota convertida, 250 mil vehículos, para el 2010, si se mantiene el ritmo actual de las conversiones (crecimiento 59% el 2005), momento en el que se iniciaría la maduración del mercado del GNV. El rol del Estado es fijar las reglas de juego, poner el marco y asegurar que se va a mantener en el tiempo, debe establecer una política de Estado y no de gobierno; visualizar, revisar y controlar el tema de seguridad y estar atento de desvíos que se puedan producir, pero fijando pautas que den una buena ventaja económica al GNV, para que el sistema funcione.

Bolivia en América Latina ocupaba el cuarto lugar hasta hace un año en lo referente a conversiones por su capacidad de expansión del uso del gas natural en su parque automotor, sin embargo en febrero de 2006, con 46.000 vehículos llega a ser el segundo, Argentina ocupa el primer lugar con sus 1,3 millones de autos a GNV. Brasil le secunda con más de 700.000 motorizados, Venezuela con 44,146 (cuyo plan de expansión está paralizado) ocupa el cuarto. Colombia figura en un quinto lugar con 19.400 unidades, Trinidad y Tobago con 4.000, Chile 3.770 (también congeló su programa por falta de incentivo), y en último lugar, se encuentra México con 2.000 motorizados. En el ranking mundial, Argentina ocupa el primer lugar, el segundo Brasil, el tercer lugar Pakistán, India en cuarto lugar y Bolivia el número 17.

La parte de la oferta del mercado del gas natural vehicular tiene un desarrollo relativamente avanzado ya que el nivel de reservas es el factor mas importante en la oferta, asimismo existen inversionistas interesados y tecnología desarrollada para la implementación en Bolivia, el único problema en el corto plazo seria la distribución y falta de información al sector interesado (Transporte).

La demanda de GNV hasta el año 2004, tuvo un crecimiento lento en Santa Cruz y La Paz, en comparación con Cochabamba, gran parte del parque automotor todavía se abastecía de combustibles líquidos como gasolina diesel y hasta GLP.

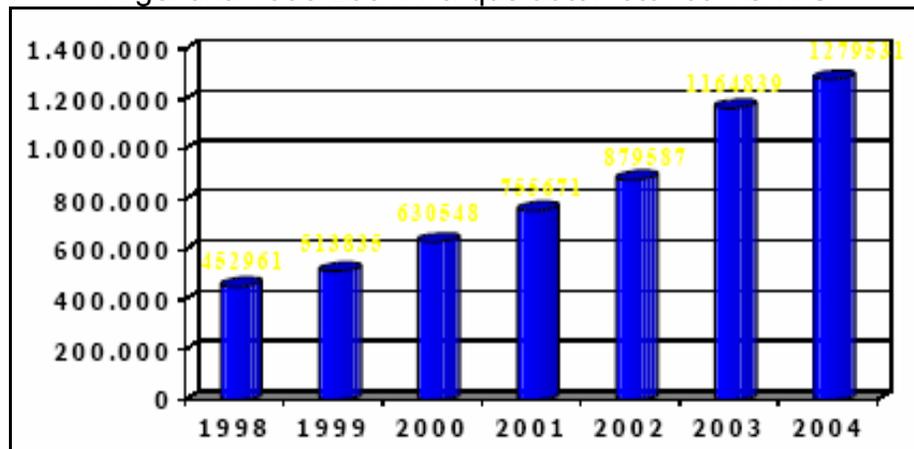
En el caso del GLP, se tiene un precio subsidiado por el Gobierno para uso doméstico, su uso en vehículos no está reglamentado, se utiliza informalmente y en condiciones inseguras. Se han intentado implementar medidas coercitivas para sustituir el GLP por GNV pero estas no funcionaron, de igual forma el diesel para el consumo interno tiene un precio subsidiado por lo que esto se muestra como un obstáculo mas para sustituirlos por GNV, hasta el momento otra barrera para conversión fue el costo, el problema cultural, la resistencia al cambio y la comodidad de beneficiarse por el consumo ilegal de un bien subsidiado por el Estado en detrimento de la propia sociedad, además de ser consecuencia de que en los años 80's YPFB incentivaba el consumo de GLP en vehículos, sin haberlo reglamentado ni dotado de una infraestructura adecuada.

3. CONVERSIÓN DE VEHÍCULOS DE DIESEL A GNV: SANTA CRUZ

3.1. Análisis y evolución de la situación actual.

La conversión de vehículos a GNV a nivel mundial tiene varias décadas de haber comenzado, en Latinoamérica, Argentina es el mejor ejemplo de conversión a GNV, su desarrollo en las últimas dos décadas le ha permitido ser primero en el planeta, los casi 1.300.000 vehículos convertidos, son muestra de lo que se puede lograr en un proyecto de mediano y largo plazo.

Gráfico 10
Argentina 1998-2004: Parque automotor con G N C



Fuente: Empresa nacional de gas
Elaboración: Empresa nacional de gas

La experiencia de ese país ha tenido resultados que rebasaron las expectativas de sus impulsores, hoy el GNV en Argentina es casi tan importante como el consumo de gasolina, con lo cual el GNV se constituye en un combustible más.

Hubo muchos factores que funcionaron de manera coordinada para lograr el éxito actual. El tema precio obviamente es determinante, además si a eso se aumenta una política impositiva favorable al GNV, la existencia de una

normativa técnica, toda una infraestructura para que el GNV llegue a todos los mercados, construir corredores de GNV, que permita que la gente pueda convertir el auto a GNV y siempre tenga un lugar para seguir utilizando el GNV y que no se circunscriba solamente a las zonas urbanas. Otro factor fundamental que ha permitido el desarrollo del GNV en el país austral, es el relacionado a la tecnología de conversión. En la medida que se fueron desarrollando tecnologías propias locales y se fueron desarrollando conocimientos propios, fueron bajando los costos de conversión porque uno iba adaptando los costos a la necesidad de conversión local. Actualmente, el GNV es visto como el combustible accesible, limpio y con mejores perspectivas comerciales para los países que cuentan con acceso al gas natural a través de reservas propias o por importación.

En Bolivia la conversión de vehículos a GNV, se inició después de la modernización del sector petrolero y el descubrimiento de grandes reservas de gas natural a principios de los años 90's, varias empresas privadas iniciaron las conversiones en las principales ciudades del país paralelamente se instalaron estaciones de servicio, una en Sucre, una en Santa cruz, una en el Alto de La Paz y una en Cochabamba, la reglamentación para las estaciones y conversiones fue adoptada de la legislación Argentina, obviamente adaptada a nuestro país, asimismo se estableció una política sobre el precio que debía ser la mitad del costo del precio de la gasolina, desde los años 1993 y 1994 se han estado convirtiendo vehículos a GNV hasta ahora de manera desordenada, con pocos incentivos y políticas poco claras.

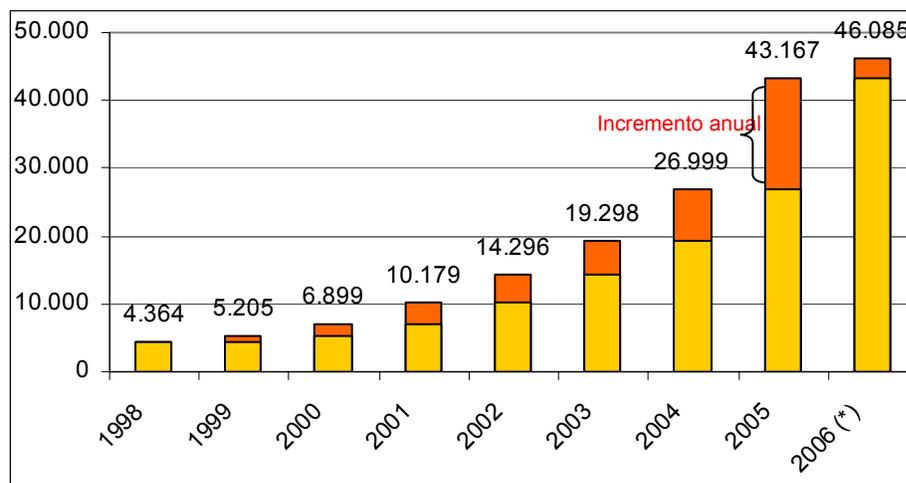
Después de más de diez años del nacimiento del GNV en Bolivia, el 2005 con el aporte de las empresas de la Cadena de GNV (Chaco, Repsol, Transredes, Sergas y la Cámara de GNC), se conformó la Asociación Promotora del Gas Natural Vehicular Santa Cruz (APGNVSC) promoviendo la masificación del Gas Natural Vehicular a través de "La Feria del Gas Vehicular" con promociones que permiten acceder a la conversión de un vehículo a Gas, con el

apoyo del Ministerio de Hidrocarburos y de la Superintendencia de Hidrocarburos, se pudo materializar esta iniciativa para luego replicarla en la ciudad de El Alto de La Paz.

La promoción permite de realizar la conversión a GNV a costo "0" para un vehículo que funciona a GLP, cuando un vehículo a GLP adquiere un equipo de gas se le reembolsa un porcentaje con gas natural vehicular. El monto cubre el 100% del costo del equipo. Para un vehículo que funciona a Gasolina, el equipo de conversión tiene una subvención del 60% con gas.

Se identificó y acordó el mecanismo de promoción con vales de gas y esto fue posible debido a que el grupo de promotores redujeron su margen o tarifa durante la promoción, este sistema consiste en que una vez que se convirtió un vehículo, le entregan cheques de gas canjeables por gas en cualquiera de las estaciones de servicio asociadas (16 estaciones de servicio en el radio urbano de la ciudad de Santa Cruz).

Gráfico 11
BOLIVIA 1998-2006: NUMERO VEHÍCULOS CONVERTIDOS



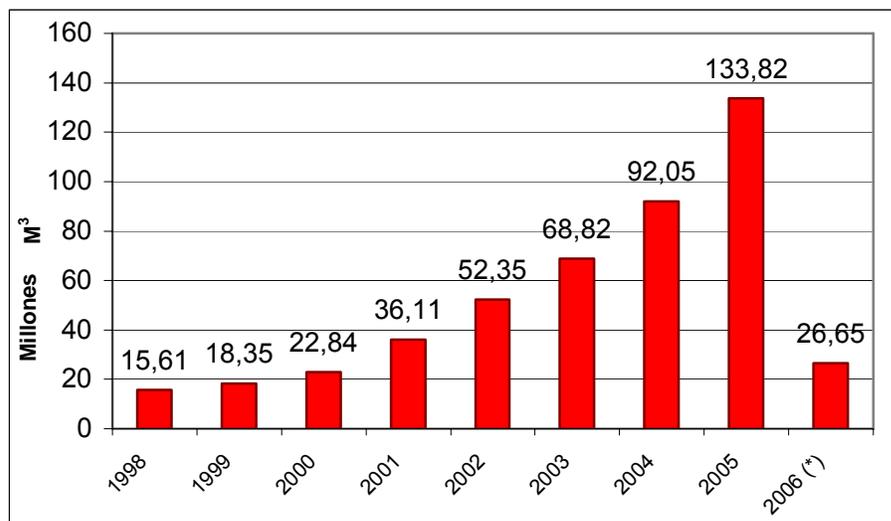
Fuente: Superintendencia de hidrocarburos

Elaboración: Propia

* Hasta febrero de 2006

Los primeros resultados de este programa se pueden cuantificar con la cantidad de vehículos convertidos, que según la Superintendencia de hidrocarburos hasta febrero del 2006 llegaron a 46.085, ver gráfico 11, estos vehículos convertidos representan el 10% del parque automotor nacional, el programa de conversión promovido en el año 2005 logró convertir 16.168 vehículos solo en ese año, el crecimiento mayor (60%) desde que se iniciaron las conversiones en el país, sin embargo se espera alcanzar la conversión de aproximadamente 80.000 vehículos en todo el país en los próximos cinco años. La tasa de crecimiento de la cantidad de vehículos convertidos (60%), ha mostrado un incremento significativo y el más alto desde que se iniciaron las conversiones en el país, este ritmo de crecimiento es principalmente por el incentivo creado por la feria del gas.

Gráfico 12
BOLIVIA 1998-2006: VENTAS DE GNV



Fuente: Superintendencia de Hidrocarburos

Elaboración: Propia

* Hasta febrero de 2006

Asimismo se puede apreciar que el consumo de GNV, reflejado en las ventas de las estaciones de servicio subió considerablemente, mostrando el mayor crecimiento en valores absolutos en el año 2005, llegando a sobrepasar los 133

millones de metros cúbicos al año, obviamente este consumo tiene relación directa con el número de vehículos convertidos, ahí radica la importancia de la conversión en cuanto a la demanda de gas natural y sustitución de combustibles líquidos. (Ver gráfico 12).

El Proyecto de conversión tenía como objetivo convertir los vehículos que utilizan GLP, gasolina y diesel en el parque automotor público que tenga la posibilidad técnica de hacerlo, en enero de 2005 se impuso un régimen de conversión de vehículos que utilizan gasolina y diesel a gas natural vehicular GNV; otro régimen para el precio del gas natural vehicular; además del reglamento para la construcción y operación de estaciones de servicio de este combustible y talleres de conversión.

Según los datos oficiales de la Superintendencia de Hidrocarburos, el precio del gas natural comprimido fue fijado en 1,66 bolivianos por metro cúbicos (Bs/m³), el mismo que se ha mantenido desde 1992, año que se inicio la comercialización del GNV en nuestro país (Ver cuadro 1).

CUADRO 1
BOLIVIA 2005: PRECIO DE LOS PRODUCTOS REGULADOS

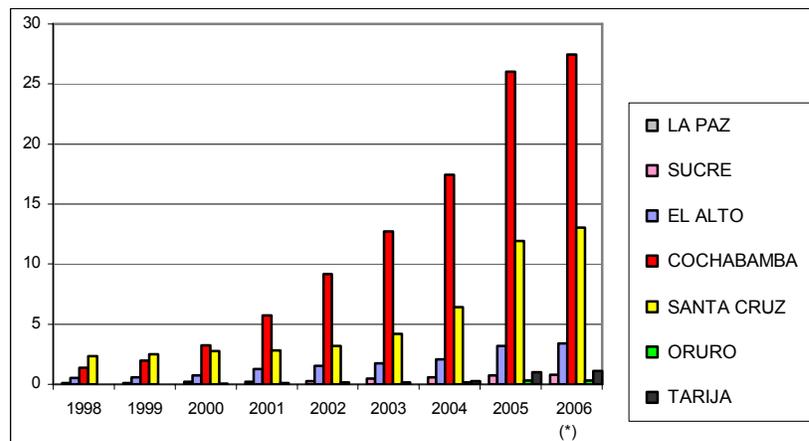
PRODUCTO	UNIDAD MEDIDA	PRECIO 01/01/2004	PRECIO 01/01/2005	PORCENTAJE VARIACIÓN
Gasolina ESPECIAL	Bs./Lt.	3,31	3,74	12,99%
Gasolina PREMIUM	Bs./Lt.	3,78	4,79	26,72%
Gasolina DE AVIACIÓN	Bs./Galón	3,99	4,57	14,41%
Kerosene	Bs./Lt.	2,3	2,72	18,26%
Jet Fuel Nacional	Bs./Galón	2,65	2,77	4,54%
Jet Fuel Internacional	Bs./Galón	2,85	3,93	38,00%
Diesel oil	Bs./Lt.	3,12	3,98	27,56%
Fuel oil	Bs./Lt.	2,27	3,45	51,98%
Agro fuel	Bs./Lt.		2,78	0,00%
GLP	Bs./Kg.	2,1	2,25	7,14%
GNC	Bs./M3	1,66	1,66	0,30%

Fuente: Superintendencia de Hidrocarburos

Elaboración: Superintendencia de Hidrocarburos

A nivel nacional la cantidad de vehículos convertidos a gas natural vehicular incremento notablemente respecto al año 2000, llegando a convertir 43.167 vehículos hasta el 2005, lo que representa un crecimiento acumulado de 500% en los últimos 5 años. El departamento de Cochabamba tiene el número más alto de motorizados que usan ese producto, hasta febrero de 2006, el parque automotor que utiliza gas natural en ese departamento llega a 27.433 movilidades. Sigue en importancia el departamento de Santa Cruz con 13.029 vehículos. Se encuentran después la ciudad de El Alto con 3.412 vehículos; Tarija con 1.088 automóviles, Sucre con 783 motorizados y Oruro donde sólo existen 323 vehículos que funcionan a GNV. (Gráfico 13)

Gráfico 13
BOLIVIA 1998-2006: VEHÍCULOS CONVERTIDOS A GNV POR DEPARTAMENTO



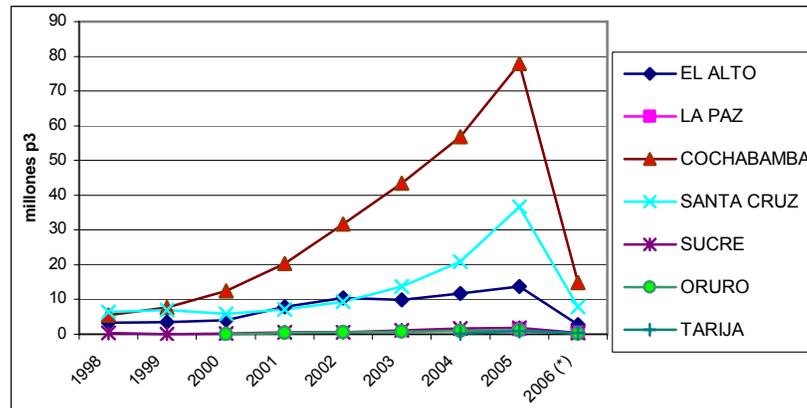
Fuente: Superintendencia de Hidrocarburos

Elaboración: Propia

* Hasta febrero de 2006

El mismo comportamiento muestra el gráfico 14, en el que se muestra el volumen de GNV consumido por estos vehículos en el 2005, llegando a 13.835.887m³ en la ciudad de el Alto, lo que representa el 10,34% de la demanda total, 77.837.363m³ en Cochabamba con un 58,16%, 36.702.631 en Santa Cruz llegando a 27,43% y el 4 % restante es consumido por Sucre, Oruro, Tarija y la Ciudad de La Paz.

Gráfico 14
BOLIVIA 1998-2006: VENTAS DE GNV POR DEPARTAMENTO



Fuente: Superintendencia de Hidrocarburos

Elaboración: Propia

* Hasta febrero de 2006

A diciembre de 2005, el consumo de GNV para vehículos llegó a 133.823.579 m³, frente a una demanda de 92.052.407 m³ en la gestión 2004, las cifras reflejan un aumento del 45,76%. Asimismo, se encontraban en funcionamiento 66 estaciones de servicio de GNV y 8 en fase de construcción.

CUADRO 2
BOLIVIA 1998-2006: NÚMERO DE ESTACIONES DE SERVICIO DE GNV

CIUDAD	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006 (*)
<i>EL ALTO</i>	1	1	2	3	4	5	6	7	7
<i>LA PAZ</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>COCHABAMBA</i>	6	6	9	11	18	28	34	35	37
<i>SANTA CRUZ</i>	7	7	7	7	8	10	15	19	22
<i>SUCRE</i>	1	1	1	1	1	1	1	2	2
<i>ORURO</i>	0	0	1	1	1	1	1	1	1
<i>TARIJA</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	1
TOTAL	15	15	20	23	32	45	58	66	71

Fuente: Superintendencia de Hidrocarburos

Elaboración: Propia

* Hasta febrero de 2006

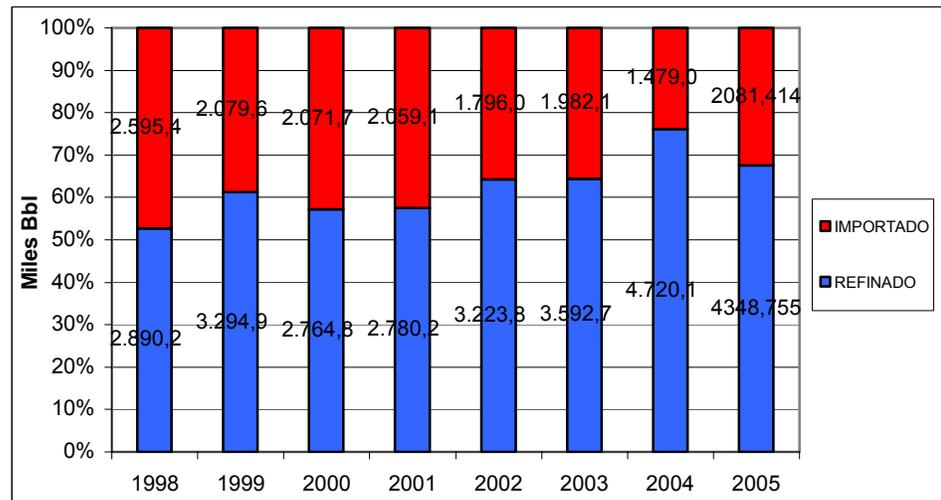
En febrero del año 2006 (cuadro 2), existen 71 estaciones de servicio de gas natural, 37 de las cuales están en Cochabamba, 22 en Santa Cruz, 7 en el Alto de La Paz, 2 en Sucre y 1 en La Paz, Oruro y Tarija. Además existen varios proyectos en estudio en la Región Metropolitana que pronto se podrían materializar.

Las ventajas del uso del gas se enmarcan dentro de la promoción de masificación a nivel nacional del uso de GNV, además que se sustituiría en el actual parque automotor que utiliza líquidos y GLP en vehículos. La instalación de equipos de GNV desalentaría el contrabando de equipos y cilindros usados, eliminaría la existencia de talleres de conversión ilegales y la implementación de un reglamento del precio del GNV que actualmente no está gravado con impuesto. Asimismo la normativa debe mejorar las condiciones referidas a la construcción, de los talleres de conversión y de las estaciones de servicio de gas natural para levantar obstáculos y disminuir los costos de operación.

En el país existe un parque automotor de 500.000 vehículos, de los cuales 200.000 corresponden al servicio público. El principal beneficio en la aplicación del gas natural vehicular se lograría en los vehículos del transporte público y en vehículos de alto recorrido que puedan reemplazar el uso de la gasolina y el petróleo diesel.

Uno de los problemas que persiste en Bolivia después de la aplicación del programa de conversión de vehículos de gasolina a GNV y GLP a GNV es la poca sustitución lograda del diesel por GNV, por lo que continua el desabastecimiento y dependencia del diesel oil, debido principalmente a la capacidad actual de las refinerías de Bolivia (ver gráfico 15), llegando a producir un máximo de 691.397.911 lt. (4.348.755 BBL) en el año 2005, siendo que la demanda interna asciende a 1.022.316.880 lt. (6.430.169 BBL).

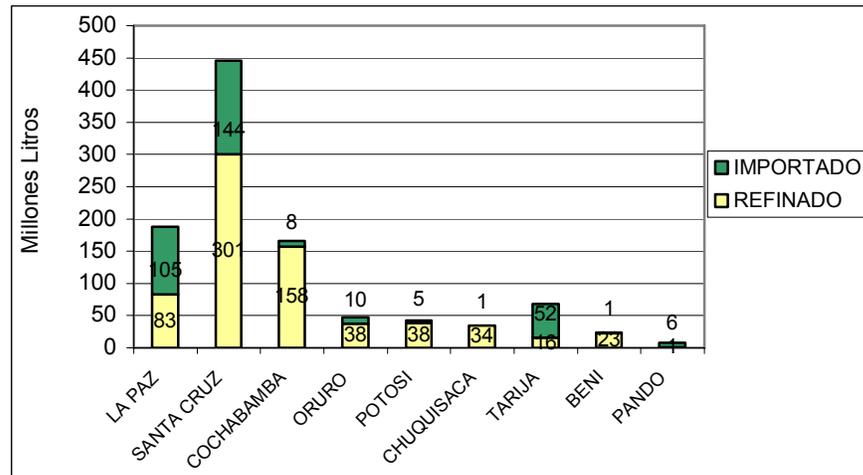
Gráfico 15
BOLIVIA 1998-2005: VOLÚMENES TOTALES DE VENTA DE DIESEL *



Fuente: Superintendencia de hidrocarburos
 Elaboración: Propia
 (*) Diesel Oil Comercializado por Mayoristas, Importadores Privados (incluye Gas Oil)

La producción interna sólo abastece alrededor del 60 % de la demanda total interna, el déficit del combustible debe ser importado de Argentina

Gráfico 16
BOLIVIA 2005: VOLUMEN DE VENTAS DE DIESEL POR DEPARTAMENTO



Fuente: Superintendencia de Hidrocarburos
 Elaboración: Propia

Como muestra el gráfico 16, en el año 2005 el 43.6% de diesel demandado en Bolivia es consumida por Santa Cruz, el 18.3% por La Paz, el 16.2% por Tarija y el resto (21.9%) por los demás departamentos. Del diesel total importado el 44% lo consume Santa Cruz (144.468.019 lt.), el 32% La Paz (104.718.239 lt.) y el 16% por Tarija (51.658.170 lt.), estos tres departamentos consumen más del 90% del Diesel importado.

Haciendo una estimación según el consumo promedio de los vehículos que funcionan a diesel en la ciudad de Santa Cruz, aproximadamente el 60% de la demanda es del sector del transporte (42.941 vehículos a Diesel, ver cuadro anexo 3) y el resto es de la maquinaria dedicada al agro en el área rural del departamento.

En el caso de los vehículos que utilizan gasolina, la conversión opera en forma automática ya que la relación de precios es muy favorable al gas natural vehicular en una relación 1 a 2, porque con el monto que adquiriría un litro de gasolina ahora puede adquirir 2 metros cúbicos de gas, o en otras palabras un metro cúbico de gas cuesta la mitad de lo que cuesta un litro de gasolina, además de esta facilidad el costo de conversión de los vehículos es más económica y la tecnología menos cuestionada respecto a la conversión de otros combustibles líquidos.

El caso de los vehículos que funcionan a diesel es diferente porque demandan una mayor inversión (costo de transformación), existe tecnología que está siendo probada y mejorada pero nuevos emprendimientos privados que muestran factible la conversión de los mismos.

En la medida que el marco tributario, las medidas de incentivo del Gobierno y el abastecimiento de gas natural sean favorables para la introducción de combustibles alternativos limpios, las posibilidades de desarrollo del GNV en

Santa Cruz son auspiciosas ya que según los registros del RUA, en el 2005 existen más 50.000 automóviles y vagonetas a gasolina, 8000 buses de transporte colectivo que utilizan diesel, y aproximadamente 14.000 vehículos livianos entre automóviles y vagonetas que funcionan a diesel que podrían convertirse a GNV (ver cuadro anexo 3). Esto convierte a Santa Cruz un mercado grande e importante para el GNV por la cantidad de vehículos potenciales para la conversión.

3.2. Aspectos Técnicos de la conversión de Diesel a GNV.

El Gas Natural es metano en aproximadamente un 95 % en nuestro medio, según el yacimiento de origen y normalmente se lo almacena en forma de gas.

El GNV es el mismo Gas Natural que es transportado a alta presión en "tanque" de almacenamiento (cilindro de almacenamiento) desde donde se alimenta el motor del vehículo. El GNV es almacenado en cilindros a alta presión (200 bar. o sea alrededor de 200 Kg/cm²) y puede usarse como combustible alternativo en cualquier vehículo alimentado a gasolina con sistema a carburador o sistema de inyección.

En la década del '80, en Latinoamérica la sustitución parcial de diesel por gas natural fue posible a través de los sistemas conocidos como dual-fuel. Para alcanzar el objetivo se efectuaron desarrollos de trabajos en motores y probados en bancos de prueba, además de ensayos reales en el campo con la colaboración de empresas de transporte, de esta manera se verificó la posibilidad técnica y económica de ese tipo de reconversión.

Un vehículo dual o bi-fuel, es un vehículo de dos combustibles que puede operar indistintamente ya sea con gas natural o con gasolina o que puede operar

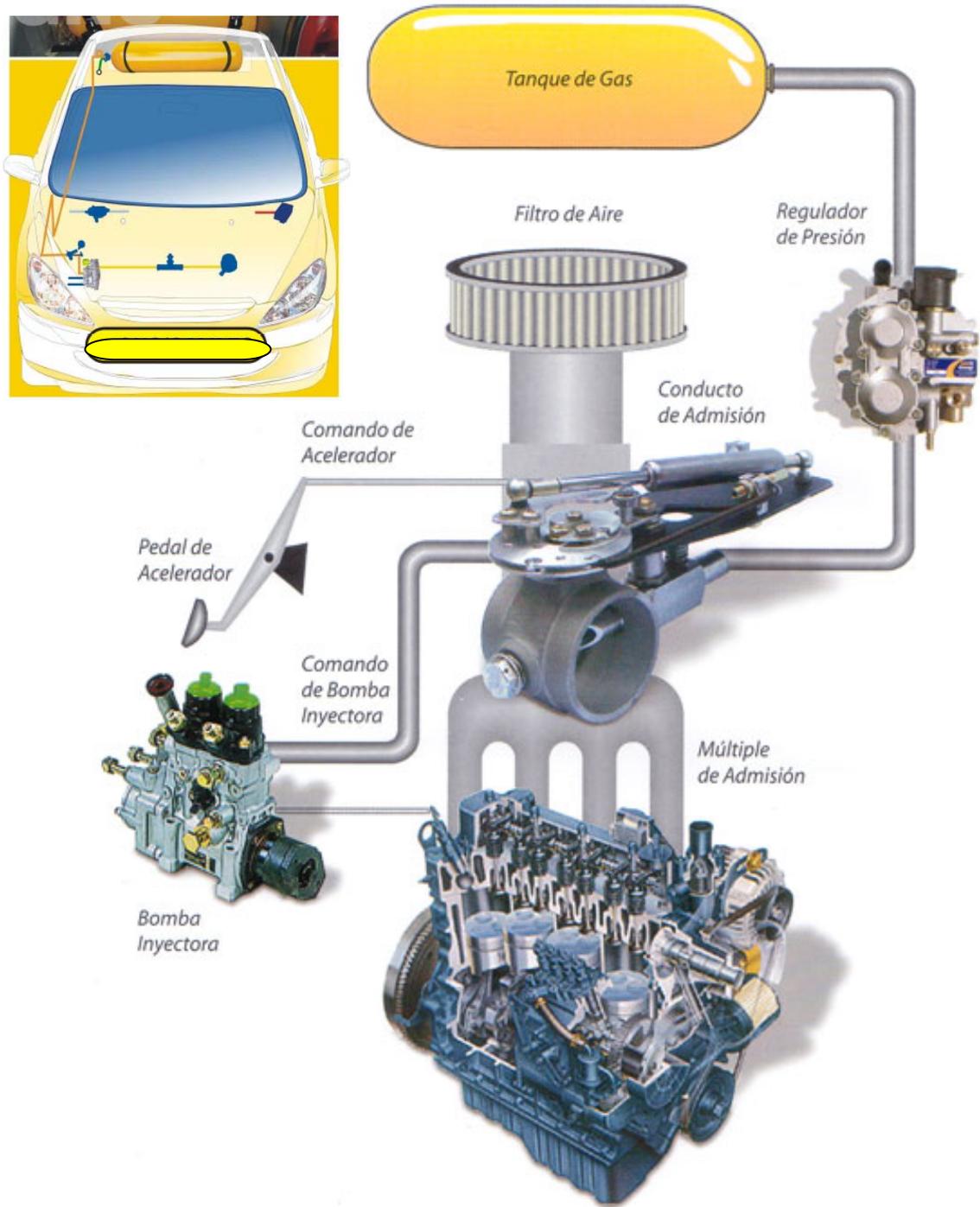
con diesel y gas natural simultáneamente. En un vehículo de combustible dual el combustible Diesel se utiliza para la ignición (inflamar) el gas natural.

El rendimiento de estos vehículos es variable dependiendo del tipo de motor. Como regla práctica en términos equivalentes 1 m³ de gas natural reemplaza 1,13 lts de gasolina. Sobre una base volumétrica 1 m³ de gas natural es equivalente a alrededor de 1,13 litros de gasolina o 0,82 litros de petróleo Diesel. Al hacer comparaciones se debe tener en cuenta también la eficiencia energética 1 metro cúbico de gas natural es equivalente a alrededor de 1,22 litros de diesel pero el diesel ocupa un volumen mayor. En términos de kilometraje, con gas natural que kilómetros por litro (km/lt) de un vehículo a gasolina. El radio de autonomía de cada vehículo dependerá por lo tanto del comportamiento de un vehículo (km/lt) y de la cantidad de estanques de almacenamiento a bordo.

Un vehículo a gas natural dedicado es un vehículo que puede operar solamente usando gas natural. La mayor parte de los Vehículos a GNV dedicados, son producidos por fabricantes de vehículos tales como es el caso de la empresa Ford, Honda y General Motors, en el modelo del año 1998 Ford ofrece sedans Crown Victoria dedicados, Vans de la serie E y camionetas de la serie F dedicados y de dos combustibles y Contours de dos combustibles. General Motors ofrece camionetas y el Cavalier de Chevrolet. Honda está produciendo el modelo Civic a gas natural desde 1998. Los fabricantes de buses, tales como Blue Bird y Orion Bus Industries, venden buses diseñados para operar con gas natural. Cuarenta y dos fabricantes producen más de 93 variedades de vehículos a gas natural, motores y chasis, desde vehículos de pasajeros livianos hasta buses escolares y grúas horquilla.

El sistema de combustible GNC de un automotor consta de varios subsistemas (Ilustración 1):

Ilustración 1
UBICACIÓN Y ELEMENTOS DE UN KIT DE CONVERSIÓN



a) Subsistema de almacenamiento del combustible GNC. Está conformado por uno o más cilindros de almacenamiento del Gas Natural Comprimido a una presión máxima de 200 bar o sea aproximadamente 200 veces la presión atmosférica con su válvula de cierre con dispositivo de alivio de seguridad y accesorios.

b) Subsistema de regulación de presión. Consta de un dispositivo principal regulador de presión que permite que el GNC reduzca su presión partiendo de la presión que llega al vano motor a la presión del cilindro de almacenamiento; la alimentación al motor tiene lugar a valores cercanos a la presión atmosférica con valor que se corresponde con el diseño original del motor y la tecnología de conversión a aplicar (o sea alimentación por un sistema con carburador o por un sistema de inyección de combustible).

c) Subsistema de electrónica del GNC. Permite acompañar el desempeño del diseño del sistema de combustible original a gasolina, aplicando tecnología acorde incluso de inyección de última generación.

Las diferencias tecnológicas básicas de conversión para motores carburados y para motores a inyección son:

a) Motores carburados. En la motorización por carburación que corresponde generalmente a vehículos de antes de 1996, los sistemas de conversión suelen ser muy simples, haciendo que el motor aspire la cantidad de gas necesaria para su marcha. Estos motores en general no traen sistemas de control de emisión vehicular ni dispositivos electrónicos de control, por lo que el problema se reduce a hacer eficiente la mezcla aire-gas natural a través de dosificadores más eficaces y conseguir avances de encendido apropiados para cada motor.

En este tipo de conversión se introdujo el “variador de encendido”, que es un dispositivo que cumple la función de obtención de un correcto encendido sin alterar las condiciones de avance para el combustible original nafta. Asimismo se introdujeron los mezcladores para optimizar la calidad de la mezcla aire-combustible, mejorando el rendimiento del vehículo.

b) Motores a inyección. La conversión a gas natural de las nuevas generaciones de motores utiliza generalmente reguladores de presión similares a los anteriores, pero introduciendo mejoras en el mezclador aire-combustible y adecuando los componentes electrónicos del juego completo de conversión (kit de conversión) con las señales de referencia que reciben de la computadora de inyección.

A medida que las motorizaciones propulsadas con nafta fueron cumpliendo con nuevas normativas internacionales de emisión vehicular, los sistemas de inyección fueron evolucionando de generación en generación de motores, pasando de la inyección monopunto EFI a la inyección multipunto secuencial MPFI con diversas tecnologías intermedias.

En todos los casos enunciados, la respuesta tecnológica de la conversión a gas natural se ha adecuado sistemáticamente a la nueva motorización y el control electrónico comenzó a ocupar un rol predominante en su desarrollo.

El proceso mecánico de Conversiones de diesel a gas natural para el servicio de transporte de pasajeros y carga, según las diversas alternativas que pueden aparecer en el mercado, se pueden clasificar en:

1) Motor Nuevo: Son las ofertas que existen mundialmente de los fabricantes de las principales marcas de motor (Ver cuadro anexo 17).

a) Motor nuevo Dedicado a GNC: Los motores a gas natural dedicados son ofrecidos por los principales fabricantes de motores tales como Caterpillar, Cummins, Detroit Diesel, Mack y Deere Power Systems, que están desarrollando o produciendo motores para una amplia gama de aplicaciones vehiculares, el motor dedicado a GNV no es una tecnología nueva ya que el primer motor a gas se construyó en 1860, muchos años antes que se construyera el primer motor a gasolina.

b) Motor nuevo a gasolina: Como segunda opción se podría utilizar un motor nuevo a gasolina ya que la tecnología a gas es la misma pero la conversión sería de fuel. Cuando el motor requiere gas natural sale de los cilindros pasa a través de una válvula de bloqueo manual y se traslada a través de un regulador de combustible ubicado en el compartimiento del motor. El gas natural se inyecta a presión atmosférica a través de un mezclador de gas natural especialmente diseñado, donde se le mezcla adecuadamente con aire, luego fluye hacia la cámara de combustión del motor y se inflama para crear la energía requerida para la impulsión del vehículo.

2) Motor Usado: Son las ofertas dirigidas a adaptar motor diesel usado para poder funcionar usando Gas Natural como combustible, pudiendo ser gas natural como combustible único o bien bajo un sistema mixto GNC/Diesel.

a) Conversión de Motor Diesel a “Motor Dedicado a GNC”: Estas son las soluciones tecnológicas que consisten básicamente en el CAMBIO DE CICLO TERMODINÁMICO, es decir que los motores pasarán de trabajar con ciclo Diesel para pasar al ciclo Otto.

El procedimiento de **otolización**, también denominado gasificación del motor diesel, desde el punto de vista técnico, es una nueva opción en etapa de desarrollo. El mismo consiste en realizar modificaciones estructurales del motor como la modificación de la relación de compresión, quitar la bomba de diesel y colocar distribuidor electrónico, modificación de la cabeza de pistones, introducción de bujías en lugar de los inyectores, sustitución del árbol de levas, colocar doble empaquetadura en la culata y la ampliación de la cámara turbo ventilada del pistón.

Según las diferentes ofertas, estas conversiones pueden ser reversibles o no, es decir que existen alternativas donde luego de convertido a ciclo Otto, el motor podría eventualmente ser reconvertido al ciclo Diesel original.

En el caso de los motores “dedicados” el combustible utilizado es totalmente Gas Natural. Las principales ventajas son el menor costo de operación y los menores índices de emisiones contaminantes, aunque la reconversión de ciclo termodinámico tendrá al menos en un principio, un mayor costo inicial. El principio de funcionamiento es básicamente el de un sistema de encendido por chispa, lo que lo hace simple de mantener.

b) Conversión de Motor Diesel a “Diesel/GNC”: En este caso, se mantiene el ciclo Diesel original y se añade el sistema de combustible GNC, por lo que el motor pasa a trabajar con Diesel y gas natural simultáneamente.

Su principal ventaja es el menor costo de adecuación para operar con GNC, aunque su costo operativo y las emisiones de escape podrían superar a un motor dedicado.

Este sistema “mixto” conserva el ciclo termodinámico Diesel original y trabaja aspirando una mezcla de aire y gas natural y usando una inyección piloto de gasoil para generar la combustión. La relación de trabajo Diesel / GNC varía en función del régimen de trabajo del motor, y en el común de los casos, la sustitución de gasoil por gas natural podría ser por ejemplo de un 20% para bajas revoluciones, hasta llegar a un 80% en los regímenes nominales, dependiendo de los ciclos de servicio en tránsito (ciudad, autopista, o ciclo combinado).

c) Cambio de motor diesel a un motor a gasolina y realizar la conversión a “Gasolina/GNC”: esta opción consiste en sustituir el motor Diesel por un motor a gasolina y posteriormente realizar la tradicional conversión de gasolina a GNV.

Básicamente las conversiones se componen de los mismos elementos de un juego de conversión de un vehículo a gasolina, aunque adecuados para motores de mayores potencias y condiciones de funcionamiento diferentes.

Además, debe tenerse en cuenta que tanto los sistemas dedicados como los duales poseen elementos desarrollados particularmente para un motor y que no son de uso en las conversiones de motor liviano, por lo que puede decirse que un “KIT” convencional NO es de utilización para una conversión de motor pesado¹.

Los motores elegidos dependen de los mercados, actualmente en Alemania, EE.UU., China, España, Italia, Brasil, India y Argentina se aceleró la investigación y desarrollo debido al creciente mayor diferencial de precio entre el combustible diesel y el gas natural. Las empresas que están dedicando especiales esfuerzos en Investigación y Desarrollo y que tienen vehículos en trámite de

¹ Un vehículo de servicio liviano es cualquier vehículo que tenga un peso bruto menor de 2700 kgs. y un vehículo de servicio pesado es cualquier vehículo que tenga un peso bruto mayor o igual a 3860 kgs.

certificación y ensayos de campo, e incluso algunos prelanzamientos son Tomasetto Achille , Mercogas S.A., GNC Galileo S.A. y GNC S.A. (Bugatti) entre otros.

En Santa Cruz, existen dos opciones de conversión, la Feria del Gas y Gas Verde que han realizado pruebas experimentales de conversión de vehículos de diesel a GNV, por lo que todo indica que se ha iniciado un nuevo escenario que permita que el gas natural tome protagonismo en el sector de transporte público de pasajeros con tecnologías evolucionadas acordes con el desarrollo de la industria en los últimos años.

La adaptación (conversión o transformación) de un motor, está pensada para motores diesel de vehículos de transporte pesado como camiones y colectivos, sin embargo en motores chicos como autos, utilitarios y 4x4 la tecnología base es similar pero el producto final es diferente. Los motores livianos merecen otro tratamiento y debe considerarse que el mercado es mucho más variado y con motores más sofisticados desde el punto de vista de la tecnología diesel original, con turbo, intercooler, etc.

CUADRO 3
AHORRO ESTIMADO EN COMBUSTIBLES

	Ahorro promedio vs Gasolina	Ahorro promedio vs Diesel	Cto equipo conversión (\$US)
VENEZUELA	99%	98%	1450
ARGENTINA	76%	65%	530
COLOMBIA	70%	16%	901
CHILE	65%	43%	1300
BRASIL	57%	31%	836
BOLIVIA	51%	15%	598
MÉXICO	40%	14%	878

Fuente: Asociación Latinoamericana de GNV
Elaboración: Asociación Latinoamericana de GNV

Entre las ventajas técnicas se puede mencionar que el motor extiende su vida útil y requiere menores gastos de mantenimiento, ya que alarga el lapso de cambio de aceite y de bujías de encendido y la necesidad de afinación del motor y el notable ahorro en combustible (cuadro 3).

Los impactos negativos, pueden generarse principalmente respecto a la parte técnica, cuando se conduce a grande alturas, donde la densidad del aire es más baja, y es que el motor opera con una mezcla progresivamente más rica, la potencia puede que disminuya tanto porque el motor está aspirando menos oxígeno (debido a la densidad decreciente del aire con la altura) como también porque un carburador actuado por venturi proporcionará una mezcla más rica a medida que disminuye la densidad del aire.

3.3. Evaluación ambiental de la conversión a GNV

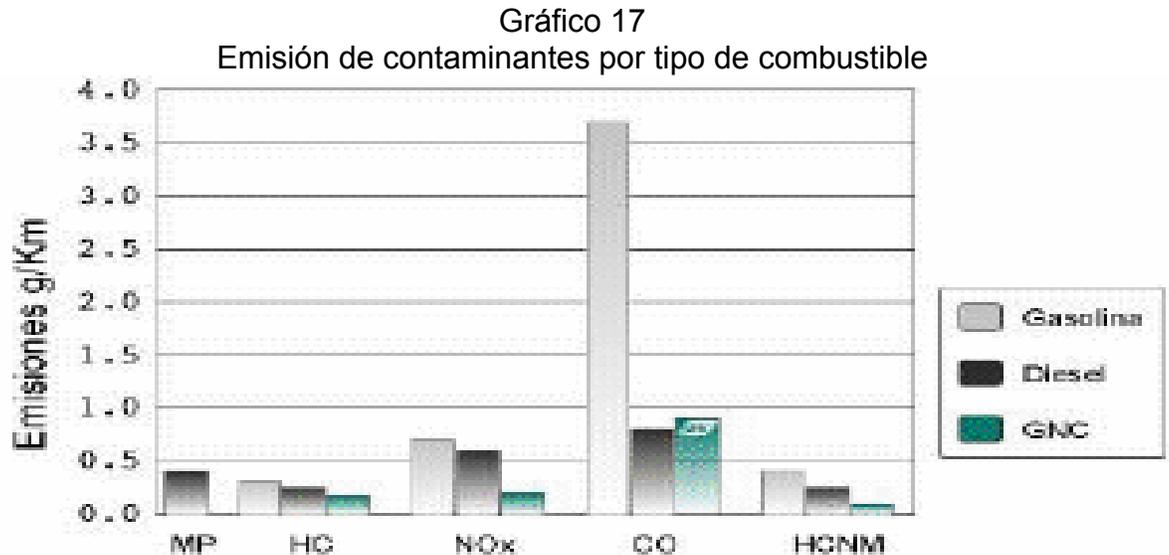
El consumo de gas natural está en proceso de crecimiento debido a su próximo ingreso al país, considerándolo como el energético previsto para completar la matriz energética en los próximos 15 años debido a que es el menos contaminante de todos los combustibles, es un combustible fósil que no contiene azufre por lo que su influencia sobre el efecto contaminante denominado “lluvia ácida” es prácticamente nula. (La lluvia ácida surge de la interacción de NOx (óxidos de nitrógeno) y SOx (óxido de azufre) con agua de lluvia. En la combustión de gas natural se produce NOx, pero no aporta SOx.

El GNV permite reducir las emisiones de contaminantes locales (CO, NOx, otros hidrocarburos no quemados) en más de 70% con respecto a la gasolina. En lo que se refiere a los gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄), la reducción, es aproximadamente el 15%.

El efecto de invernadero es un fenómeno natural que permite que la tierra mantenga una temperatura relativamente constante (unos 15° en promedio). Se debe al vapor de agua y a los gases de efecto invernadero GEI –dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxidos de nitrógeno (NO_x). Desde algunas décadas, la comunidad científica observa un calentamiento del planeta (+0.5°C a +0.7°C desde un siglo), debido al aumento de los GEI emitidos en la atmósfera como consecuencia, entre otros factores, de las actividades humanas: producción de energía, calefacción y climatización, industrias, desechos y transporte.

Hoy en día, la producción de CO₂, rebasa la capacidad de absorción natural de los océanos y de la vegetación. Se observan fenómenos climáticos cada vez más extremos e inesperados. A nivel mundial, el sector transporte representa aproximadamente el 30% de las emisiones de GEI y su magnitud no deja de crecer. El crecimiento demográfico, aunado al desarrollo económico, implica necesidades de movilidad cada vez más importantes y una motorización creciente. Frente a esta situación, la comunidad internacional se está movilizando en torno a la amenaza de un calentamiento del planeta, provocado por el aumento de los GEI. En lo concerniente al sector transporte en el área urbana, los gobiernos se esfuerzan por desarrollar diferentes acciones para abatir las emisiones contaminantes de los vehículos y limitar este aumento.

La emisión de contaminantes de los vehículos a GNV (gráfico 17) es significativamente menor a la gasolina, estas cifras se apegan a los valores admitidos internacionalmente corresponden a valores medios, ya que el nivel de emisiones reales de los vehículos funcionando con GNV depende del estado del vehículo, de la intensidad de su utilización, del manejo de los chóferes. Las variaciones de estos parámetros pueden causar hasta 30% de diferencia en los consumos y en las emisiones totales de CO₂, permitiendo una reducción anual de 4,100 toneladas de gases de efecto invernadero, esto es, un ahorro de 15% de con respecto a la gasolina.



CONTAMINANTES

Fuente: Asociación Latinoamericana de GNC
Elaboración: Asociación Latinoamericana de GNV

Los niveles de contaminación del A igualdad de tecnología de emisión aplicable al diesel y al motor a GNV, se prevén claras ventajas del GNV para llegar al cumplimiento de la normativa de emisión del futuro. Adicionalmente debe considerarse que la generación de ruido proveniente de los automotores propulsados por GNV es también considerablemente menor que la de los Diesel.

Los efectos ambientales de los combustibles para automotor se clasifican como:

a. Efectos de la exposición directa a los combustibles

La exposición directa a los combustibles líquidos trae un riesgo a los conductores, a la gente que trabaja en las operaciones de distribución y a aquéllos que están en la vecindad inmediata de áreas donde se usan o almacenan. Tienen los riesgos de incendio y toxicidad.

Todos los combustibles líquidos son tóxicos en mayor o menor grado. Se conoce como un riesgo de salud a la exposición prolongada de la piel a los combustibles líquidos, a tragar o inhalar sus emanaciones. Por contraste el gas natural no es tóxico, y solo puede presentar algún riesgo de salud si estuviese presente en altas concentraciones en un lugar cerrado que pueda causar asfixia a través de la depresión del nivel de oxígeno.

b. Efectos locales de las emisiones al aire

Dependiendo de la geografía, densidad de población y modelos climáticos, los efectos "locales" de las emisiones de automotor pueden extenderse a áreas más allá de los 100 Km de su fuente. Los efectos locales de mayor preocupación son los efectos adversos a la salud y de daño al ambiente natural y a las estructuras hechas por el hombre.

Los efectos locales tienden a ser de la mayor severidad en áreas urbanas donde la calidad del aire es generalmente peor que en áreas de escasa población. Existe hoy día el mayor conocimiento sobre las partículas que emite el escape de los vehículos a gasoil (escape diesel), que ha merecido su clasificación como contaminante tóxico del aire, y que constituye un flagelo que atenta contra la salud pública en un grado mayor al del hábito de fumar.

Las emisiones de los motores de los vehículos que causan efectos locales son los COV (componentes orgánicos volátiles), CO (monóxido de carbono) y NOx (óxidos de nitrógeno), partículas y tóxicos, siendo significativas las acciones que se legislan en materia de ozono a nivel de suelo y partículas. En general puede afirmarse que el gas natural ofrece ventajas de mucha menor contaminación en el ciclo de vida de los combustibles o sea en el

ciclo que empieza en la extracción del petróleo y/o gas natural hasta su uso final.

c. Contaminación de suelo y agua derivada de derrames, pérdidas, y la descarga de los combustibles

La preocupación fundamental de las pérdidas accidentales o filtraciones del almacenamiento de nafta y gasoil es su efecto sobre la nafta freática. Son muy importantes las pérdidas de estos combustibles que pueden contaminar grandes extensiones de suelo y que se infiltran muy profundamente hasta llegar a los acuíferos.

En el caso de una pérdida de gas natural de un gasoducto o estación de compresión, no existe riesgo de contaminación de agua o suelo. Además debido a que el gas natural es más liviano que el aire, en caso de pérdida, el gas natural se mezcla rápidamente con el aire y se disipa.

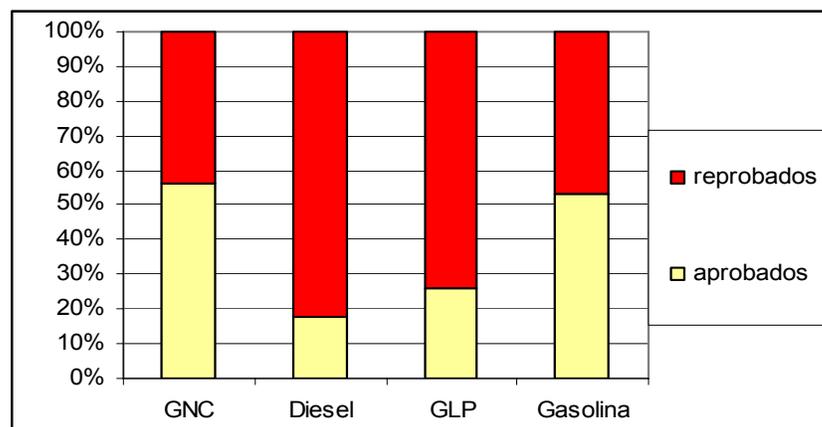
Existen ventajas significativas inherentes a la hermeticidad del sistema del GNC y casi ausencia total de compuestos orgánicos volátiles, en cambio el gas natural comprimido por estar compuesto en un 95% por metano, aprovecha la cualidad de muy alta incapacidad reactiva del metano, lo que implica que el gas de escape de estos vehículos no puede combinarse con los óxidos de nitrógeno para producir ozono a nivel de suelo, lo que no pasa con las naftas que contienen componentes orgánicos volátiles que son altamente reactivos.

La ventaja esencial del GNC reside en la menor cantidad de emisiones tóxicas y en las condiciones de la molécula de metano que es la de menor cantidad de carbono. El problema del material particulado presente en el escape

diesel ha requerido que en la normativa internacional se lo identifique como contaminante tóxico del aire.

Según las mediciones realizadas por el Gobierno Municipal de Santa Cruz en noviembre del 2005, se pudo evidenciar que en una muestra de 3.152 vehículos urbanos, solo el 45% de los vehículos aprobaron los límites máximos permisibles de emisiones en vehículos provistos según la normativa NB 62002 (ver cuadro anexo 16), de este 45% el 50% son vehículos que funcionan a GNV.

Gráfico 18
SANTA CRUZ 2005: MEDICIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN VEHÍCULOS
SEGÚN TIPO DE COMBUSTIBLES



Fuente: Gobierno Municipal de Santa Cruz de la Sierra
Elaboración: Propia

Analizando la cantidad de vehículos que tienen emisiones permisibles de contaminantes, en el gráfico 18 se puede apreciar que el 56% de vehículos que funcionan a Gas aprobaron las cantidad de emisiones permisibles, de los vehículos a gasolina el 53% aprobaron, entre los vehículos que funcionan a Diesel y GLP se tienen los mas altos porcentaje de vehículos que sobrepasaron los límites máximos permisibles de contaminación de vehículos. Los vehículos convertidos a GNC presentan mejores niveles de aprobación por los bajos índices de contaminación, contrariamente los vehículos a Diesel son los mas contaminantes porque el 82% no aprobaron los limites.

Se pudo evidenciar que a nivel general los vehículos que muestran mayores niveles de contaminación son los vehículos con mas de 10 años de uso, por tipo de servicio son los vehículos de servicio público, por tipo de tecnología utilizada son los vehículos a carburador y por tipo de combustible son los que funcionan a GLP y diesel, en base a los criterios ambientales por grado de contaminación se puede recomendar la sustitución de combustibles en los vehículos de servicio público, con más de 10 años de antigüedad, los vehículos a carburador y los que utilizan como combustible el GLP y diesel, lo cual podría mejorar las condiciones del aire y menor contaminación.

En nuestro país no existe un control medio ambiental estricto por lo que no se tiene mas datos a cerca de otros efectos como la exposición directa a los combustibles y la contaminación de suelo y agua derivada de derrames, pérdidas, de todos modos entre los tres efectos posibles del gas los dos últimos no son apreciables o significativos porque en el caso de una pérdida de gas natural de un gasoducto o estación de compresión, no existe riesgo de contaminación de agua o suelo. Además debido a que el gas natural es más liviano que el aire, en caso de pérdida, el gas natural se mezcla rápidamente con el aire y se disipa por lo mismo no existe peligro directo por exposición, las conclusiones respecto de la sustitución de diesel por GNV, resultan entonces obvias.

3.4. Impacto social de la conversión a GNV

A nivel nacional, el principal beneficio está ligado al incremento permanente de la demanda de gas en los sectores urbanos. De esta manera, se obtendrá un aumento de la producción de gas.

De modo indirecto, también se favorece a interactuar las industrias y pequeñas y medianas empresas (PyMES) a través de los talleres de conversión.

El GNV vuelve mas rentable el sector transporte porque se reducen sus costos operativos (costo del combustibles) y sus costos de mantenimiento.

Se fomentan y mejoras las relaciones Gobierno Local con las Empresas, la contratación de mano de obra local y servicios locales, la dinamización de la economía local estimando una cantidad promedio de 5 empleos nuevos por taller de conversión instalado y un promedio de 15 nuevos empleos generados por cada estación de servicio, que en el estado actual de la economía boliviana resulta muy beneficioso.

Existe un desarrollo de procesos de investigación y adaptación de tecnologías de conversión, capacitación en conversiones y mejora de las capacidades de los mecánicos y jóvenes que desean emprender una carrera técnica.

Los vehículos que operan con gas natural son más seguros que los que operan con combustibles tradicionales tal como es el caso de la gasolina, En primer lugar los cilindros de almacenamiento son mucho más robustos que los tanques de gasolina y un choque prácticamente nunca los podría dañar. En segundo lugar el Gas Natural es más liviano que el aire y en el caso muy poco probable de una pérdida en la instalación, el gas rápidamente se elevaría y se disiparía eliminando todo riesgo evidentemente en un lugar no confinado, otra propiedad de seguridad del gas natural, es que tiene un punto de ignición mayor que el de la gasolina, siendo más difícil que entre en combustión.

Considerando solo la relación de precios de ambos combustibles, las familias beneficiadas han comenzado a ahorrar mas del 40% por uso de GNV, que se estima sobrepasen los 15.000 familias en el departamento de Santa Cruz, de acuerdo a la cantidad promedio de propietarios por vehículo.

Una vez recuperada su inversión (costo de la conversión), el taxista tendrá un ingreso adicional de \$us 79 al mes y \$us. 263 en el caso de los propietarios de micros (ver punto 3.5), tras alcanzarse el objetivo total de 8.000 micros y 12.000 taxis y vagonetas, el sector auto transporte obtendrá un ahorro anual de 372 millones de dólares. Este ahorro familiar puede servir para nuevas inversiones en unidades adicionales de herramientas de trabajo o mejoras en sus condiciones de vida (salud, educación, alimentación, vivienda, etc.).

Adicionalmente a lo expuesto existen factores ambientales por ser un combustible con menor impacto ambiental que traerán beneficios en la calidad del aire, agua y permitirán mantener reducir los problemas en la salud, los beneficios ambientales son favorables no solo para el transportista que convirtió su vehículo a GNV sino para toda la sociedad.

Los subsidios provocan distorsión en los precios, por lo que su eliminación lograría que los precios sean proporcionales al costo de producirlos y utilizar el diesel únicamente por los sectores productivos, en particular el agro. Simultáneamente estos recursos que dejaría de utilizar el Gobierno en el subsidio pueden ser destinados a otras inversiones del tipo social.

3.5. Evaluación económica de la conversión a GNV

En junio de 2005, la Feria del Gas inició un nuevo emprendimiento, con una posibilidad técnicamente viable y efectiva para la conversión de vehículos de diesel a GNV, esta abarca tanto a vehículos livianos (taxi-trufi) y micros².

² Micro diesel marca Toyota Coaster.

Adicionalmente en diciembre del 2005, una nueva empresa boliviana de capitales privados, Gas Verde, después concluida su etapa de investigación y desarrollo, ofrece una nueva tecnología mejorada, perfeccionada y patentada para la conversión exclusiva de micros de diesel a GNV.

La evaluación se ha realizado desde dos puntos de vista, primero la evaluación microeconómica mostrando los impactos a nivel individual y sectorial; y la evaluación macroeconómica analizando los efectos sobre la economía Boliviana.

3.5.1. Análisis microeconómico

El mercado del GNV es un mercado emergente en el desarrollo del mercado interno del gas en Bolivia, para conocerlo profundamente se ha realizado una evaluación tanto de la oferta como de la demanda.

La oferta de equipos de conversión o transformación ha estructurado la una política de comercialización de la cual se analizarán los costos y beneficios.

El costo de conversión de un taxi o vehículo liviano, reflejado en el valor económico, varía dependiendo del método técnico utilizado como se explico en el punto 3.2, las dos opciones realizadas en Santa Cruz son: la conversión de motor diesel a motor dedicado GNV realizando la transformación del motor a través del método de otolización; y el segundo es el cambio del motor de diesel por un motor a gasolina y luego convertirlo a GNV a través del método dual o di-fuel.

En el primer caso se compone por el costo de transformación del motor y el costo del equipo (incluye el cilindro), el costo promedio de conversión del motor es de \$us. 500 y el costo del equipo de 15m³ es de \$us. 750, haciendo un total de \$us.1.250. En la promoción de la feria del gas le ofrecen la devolución del 60% del

costo del equipo es decir 450 \$us en vales de consumo de gas teniendo un costo neto de \$us.800, el ahorro mensual de este vehiculo solamente con el consumo de gas es de \$us.79 (ver cuadro 4 y cuadro 6) llegando a recuperar su inversión en un promedio de 10 meses.

CUADRO 4
FERIA DEL GAS: COSTO DE CONVERSIÓN DE DIESEL A GNV POR
OTOLIZACIÓN - TAXI

COSTO	Total \$us.
Cilindro de 15m3 con Kit Tomasetto	750
Costo de transformación del motor	500
Costo total	1.250
Devolución en cheques de gas	450
Costo neto	800
Ahorro mensual en combustible	79
Tiempo de recuperación de la inversión meses	10

Elaboración: Propia

El segundo método consiste en realizar el cambio de motor, cambiando el motor de diesel por otro motor a gasolina (este cambio incluye el cambio de caja) que cuesta alrededor de \$us.600, mas el costo del equipo de 15m³ que cuesta \$us.750, se tiene un costo total de \$us.1.350 de los cuales la feria del gas le devuelve \$us.450 en vales de gas, el ahorro mensual de este vehiculo solamente con el consumo de gas es de \$us.79 (ver cuadro 5 y cuadro 6) llegando a recuperar su inversión en 11 meses.

CUADRO 5
FERIA DEL GAS: COSTO DE CONVERSIÓN DE DIESEL A GNV CON
CAMBIO DE MOTOR - TAXI

COSTO	Total \$us.
Cilindro de 15m3 con Kit Tomasetto	750
Costo del motor a Gasolina	600
Costo total	1.350
Devolución en cheques de gas	450
Costo neto	900
Ahorro mensual en combustible	79
Tiempo de recuperación de la inversión meses	11

Elaboración: Propia

Si bien un segundo método resulta mayor por \$us.100, se puede realizar la evaluación de ambos. Un vehículo con un motor a gasolina tiene más años de vida útil y menor costo de mantenimiento que un motor convertido por otolización en el caso de vehículos livianos, además de existir en el mercado la disponibilidad de motores para este tipo de vehículos logrando que el segundo método tenga más ventajas técnicas y dejando con poca relevancia la diferencia económica.

Los beneficios para la economía del taxista se pueden cuantificar a través del ahorro que genera respecto al precio del diesel, ver cuadro 6. Un taxi consume en promedio 15 litros de diesel por día que le cuestan 3.72 Bs. por litro, en un día gasta 59.7 Bs, una vez convertido a GNV deberá consumir 18m³ de gas, que le cuestan 16.7 Bs. logrando un ahorro diario de 25 Bs. que en un mes laboral (25 días) llega a ser de alrededor de 630 Bs (79 \$us).³

CUADRO 6
CUADRO DE AHORRO EN CONVERSIÓN A GNV

Consumo en Lt. de diesel	Consumo en m3 de gas	Gasto diario en diesel	Gasto diario en Gas	Ahorro diario en combustible	Ahorro mensual (25 días) Bs.	Ahorro mensual (25 días) \$us.	Ahorro anual (300 días) Bs.
10,00	12,20	37,20	20,24	16,96	423,90	52,99	5.086,83
15,00	18,29	55,80	30,37	25,43	635,85	79,48	7.630,24
20,00	24,39	74,40	40,49	33,91	847,80	105,98	10.173,66
25,00	30,49	93,00	50,61	42,39	1.059,76	132,47	12.717,07
30,00	36,59	111,60	60,73	50,87	1.271,71	158,96	15.260,49
35,00	42,68	130,20	70,85	59,35	1.483,66	185,46	17.803,90
40,00	48,78	148,80	80,98	67,82	1.695,61	211,95	20.347,32
45,00	54,88	167,40	91,10	76,30	1.907,56	238,45	22.890,73
50,00	60,98	186,00	101,22	84,78	2.119,51	264,94	25.434,15
55,00	67,07	204,60	111,34	93,26	2.331,46	291,43	27.977,56
60,00	73,17	223,20	121,46	101,74	2.543,41	317,93	30.520,98
65,00	79,27	241,80	131,59	110,21	2.755,37	344,42	33.064,39

Elaboración: Propia

³ Comparando la energía de los combustibles, 1 metro cúbico de gas natural es equivalente a alrededor de 1,22 litros de diesel pero el diesel ocupa un volumen mayor.

En el caso de los micros(ver cuadro 7), el costo de conversión promedio con una capacidad de 50m³ es de \$us 1.415, solamente del equipo de conversión compuesto por el cilindro y el Kit, agregando el costo de conversión del motor por el método de otolización que asciende a \$us 1.500, el costo total llega a \$us 2.915 de los cuales la feria del gas le rembolsa el 80% del costo del equipo es decir \$us 1.132 con cheques de gas en el lapso de un año, teniendo un costo neto de \$us 1.783, el ahorro mensual en combustible es de \$us. 263, llegando a recuperar su inversión en un promedio de 7 meses.

CUADRO 7
FERIA DEL GAS: COSTO DE CONVERSIÓN DE DIESEL A GNV CON
TRANSFORMACIÓN DEL MOTOR - MICRO

COSTO	Total \$us.
Cilindro de 50m ³ con Kit Tomasetto	1.415
Costo de transformación del motor	1.500
Costo total	2.915
Devolución en cheques de gas	1.132
Costo neto	1.783
Ahorro mensual en combustible	263
Tiempo de recuperación de la inversión en meses	7

Elaboración: Propia

La empresa Gas Verde también ofrece la transformación del motor con una técnica mejorada a un costo de \$us. 3.500, compuesto por \$us. 2.200 el costo del motor transformado y \$us. 1.300 por el equipo de conversión a gas, le devuelven en vales de gas el monto de \$us. 1.245, haciendo un costo neto de \$us. 2.255. Si su consumo diario es de 60m³ de gas, este transportista tendrá un ahorro mensual de \$us. 263, llegando a recuperar su inversión en un promedio de 9 meses. (Ver cuadro 8)

CUADRO 8
GAS VERDE: COSTO DE CONVERSIÓN DE DIESEL A GNV CON
TRANSFORMACIÓN DEL MOTOR - MICRO

Concepto	\$us.
Motor nuevo transformado	2.200
Cilindro de 50m3 con Kit Tomasetto	1.300
Costo total	3.500
Devolución en gas	1.245
Costo neto	2.255
Ahorro mensual en combustible	263
Tiempo de recuperación de la inversión en meses	9

Elaboración: Propia

Ambas opciones son factibles técnicamente según las empresas que ofrecen los servicios de conversión y la elección dependerá de la preferencia de los propietarios de micros, en resumen el costo oscila entre \$us 3.000 y \$us 3.500.

También es posible realizar la conversión haciendo cambio de motor de diesel a gasolina y recién convertir a GNV, el motor usado de un micro tiene un costo aproximado de \$us. 1.200, que con el equipo de conversión la suma llega a \$us. 2.615, reduciendo la promoción con devolución en gas, el costo neto es de \$us.1.483 el transportista con el ahorro en combustible recuperaría su inversión en un promedio de 6 meses, si es que su consumo diario promedio es de 60m³de gas (Ver cuadro 9).

CUADRO 9
FERIA DEL GAS: COSTO DE CONVERSIÓN DE DIESEL A GNV CON CAMBIO
DE MOTOR - MICRO

COSTO	Total \$us.
Cilindro de 50m3 con Kit Tomasetto	1.415
Costo del motor a Gasolina	1.200
Costo total	2.615
Devolución en cheques de gas	1.132
Costo neto	1.483
Ahorro mensual en combustible	263
Tiempo de recuperación de la inversión en meses	6

Elaboración: Propia

La última posibilidad es la de adquirir un motor nuevo dedicado a GNV o adquirir un motor nuevo a gasolina, aunque no se han hecho de estas conversiones en el país la posibilidad está dada, existen muchas fabricas de vehículos y motores que aplican la tecnología compatible para el uso del gas natural vehicular (ver cuadro anexo 17), el costo aproximado de un motor a gasolina bordea los \$us. 8.000 que en ninguno de los casos la economía del transportista permitiría adquirirlo, adicionalmente el costo del Kit que asciende a \$us. 1.415 el costo total seria de \$us. 9.500, costo que supera el valor actual de un micro a medio uso. En todo caso, por las características actuales del sector automotor, en Santa Cruz más del 90% tiene mas de 10 años de antigüedad, seria preferible realizar una política que permita la renovación del parque automotor del país además que estos vehículos también emiten mayor contaminación cuando tienen mas años de uso.

Los beneficios microeconómicos de la conversión se reflejarían principalmente al ahorro en combustible y mayor rentabilidad de la economía individual de los transportistas debido a las economías de escala, debido a que el transportista mientras mayor recorrido en kilómetros realice por lo tanto mayor cantidad de gas consuma, el ahorro en el costo del combustible será mayor y la recuperación de la inversión en un menor tiempo.

Una vez recuperada la inversión, el propietario de un taxi convertido a GNV tendrá un ingreso adicional mensual de \$us.79 y \$us. 263 el propietario de un micro. Este ingreso adicional se convertirá en un beneficio económico si lo invierte en una herramienta de trabajo adicional o en un beneficio social si lo utiliza para mejorar sus condiciones de vida (salud, educación, servicios básicos, vivienda)

Las condiciones de la oferta para el desarrollo del mercado del GNV están dadas, existen los incentivos, tecnología, costos y financiamiento. Aunque

muestran falencias en algunos aspectos como: la falta de un plan de ventas y comercialización integro y estructurado, limitaciones económicas, de recursos humanos para la promoción e incorporación de su producto en el caso de la empresa Gas Verde. Financiamiento con trámites muy burocráticos y una alta tasa de interés (entre 16% y 26% anual) que no permite ser un instrumento útil de apalancamiento.

Por el lado de la demanda la situación se muestra diferente, a pesar de las facilidades ofrecidas no existe todavía un patrón de consumo desarrollado por los equipos o tecnología de conversión.

La segmentación de la demanda permitió identificar la características de los dos principales mercados potenciales para estas conversiones como son los taxis y los micros.

El estudio de la demanda se lo efectuó a través de encuestas a propietarios taxis y de micros.

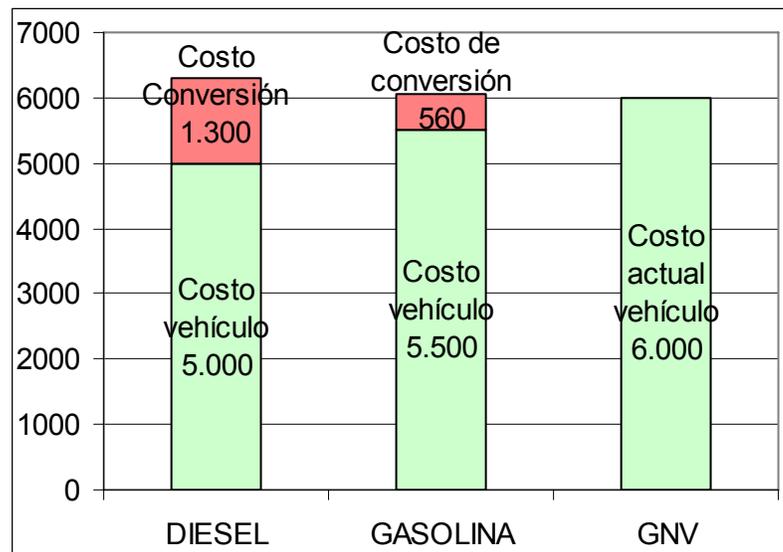
En el caso de los taxis desafortunadamente no se tienen registros de los vehículos livianos convertidos a GNV, pero según la consulta a expertos se conoce que son muy pocos los que hicieron la conversión por otolización y los vehículos convertidos con cambio de motor a gasolina directamente son considerados entre todos los vehículos a gasolina convertidos a GNV.

Realizando una consulta con los propietarios de algunos vehículos se han identificado tres principales motivos por los que no se masifican estas conversiones, la primera es el costo económico ya que según las evaluaciones esta conversión cuesta el doble que en el caso de un vehiculo a gasolina. Otra es que ellos preferirían cambiar por un motor a gasolina y luego convertirlo a GNV pero encontrar un motor usado a precio económico no es fácil y su motor de diesel

no tiene mercado para que pueda recuperar algo de su inversión, la ultima es que la relación costo beneficio es alta y el transportista considera el costo de la conversión como un costo hundido no como una inversión que la podría recuperar en el ahorro por el precio del gas, esta apreciación podría continuar mientras persista el subsidio al precio del diesel, es decir cuando ya no sea rentable trabajar con diesel recién estarían interesados en convertir su vehículo a GNV.

El costo de las conversiones según las evaluaciones es muy alta que asciende a \$us1.250 e inclusive resulta el doble que en el caso de un vehiculo a gasolina lo cual es una barrera muy alta, las tres opciones de un transportista para trabajar con un vehículo a GNV y lograr una rentabilidad equivalente a un vehículo a GNV, es convertir su vehículo de diesel a GNV, comprar un vehículo a GNV o finalmente comprarse un vehiculo a gasolina y convertirlo a GNV.

Gráfico 19
BARRERAS DE LA CONVERSIÓN DE DIESEL A GNV-TAXIS



Elaboración: Propia

Como muestra el gráfico 20, a un transportista que trabaja con un vehículo que funciona a diesel convertirlo a GNV le costaría un total de \$us 6.300 incluyendo el costo de su vehículo, comprar un vehiculo a gasolina y convertirlo a

GNV tendría un costo total de \$us. 6060 o comprar un vehículo ya convertido a GNV que cuesta alrededor de \$us. 6000.

Las dos ultimas opciones en realidad son equivalentes porque da casi lo mismo comprar un vehículo a gasolina y convertirlo a GNV o comprar un vehículo ya convertido, de todos modos el incremento adicional en la inversión del transportista es alta.

Adicionalmente la relación entre la renta neta respecto a la inversión o costo inicial del vehículo a diesel era de 58.33%, mayor que de los vehículos a GNV que era de 51.92%, en el momento de compra del vehículo. Luego de la implementación del programa de conversión el costo de los vehículos a diesel disminuyó y se incrementó el precio de los vehículos a GNV por el incremento de la demanda debido al notable incremento en la renta del vehículo del GNV respecto al vehículo a gasolina, sin embargo la rentabilidad neta respecto al costo de un vehículo a diesel aumentó a 75% debido al descenso en el precio o costo del vehículo a diesel y la relación entre la renta respecto a la inversión del vehículo a GNV también aumento pero en menor proporción.

El siguiente cuadro contiene los datos graficados en los gráficos 20 y 21; y contiene principalmente la relación entre la rentabilidad neta anual en dólares de un taxista de acuerdo al tipo de combustible que utiliza, respecto a la inversión o costo del vehículo en el momento de compra, estos datos son R/I 2000, R/I 2005,

CUADRO 10
RELACIÓN RENTA/INVERSIÓN POR TIPO DE COMBUSTIBLE-TAXI

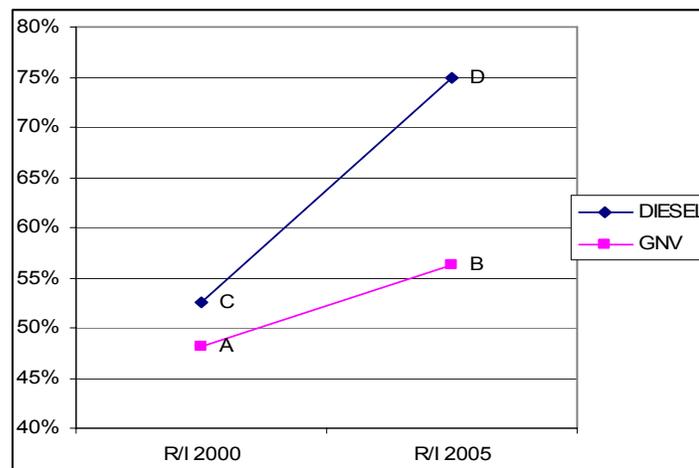
COMBUSTIBLE	COSTO VEHICULO		COSTO CONVERSION A GNV	RENTA DIARIA	RENTA ANUAL	RENTA ANUAL \$US	R/I 2000	R/I 2005
	2000	2005						
DIESEL	5.000	3.500	1.300	70	21.000	2.625	52,50%	75,00%
GASOLINA	6.000	5.500	560	70	21.000	2.625	43,75%	47,73%
GNV	7.000	6.000	0	90	27.000	3.375	48,21%	56,25%

Elaboración: Propia

Este análisis permite evidenciar que un vehículo a diesel no encuentra favorable convertirse a GNV por el alto costo y tampoco tiene el incentivo de cambiar de herramienta de trabajo porque actualmente la relación renta/inversión (R/I 2005) de un vehículo a GNV es menor que el de un vehículo a diesel, 56.2% respecto a 75% del vehículo a diesel, tal como muestra el gráfico 20, asimismo los vehículos a gasolina tuvieron un mayor incremento de rentabilidad después de convertirlo a GNV por lo que estas conversiones se están masificando.

Los vehículos a diesel tendrían poco incremento en su rentabilidad para pasar del punto C al punto B o en otro caso le conviene todavía más comprarse otro vehículo a diesel porque la renta/inversión (punto D) es mayor debido a la baja del precio del vehículo a GNV. Para un vehículo a GNV la rentabilidad respecto a años anteriores también se incremento de 43.7% a 47.7%(punto B) pero en menor proporción, sin embargo ésta sigue siendo menor al la relación renta inversión del diesel, punto D respecto a B.

Gráfico 20
RELACIÓN RENTA/INVERSIÓN POR TIPO DE COMBUSTIBLE-TAXI



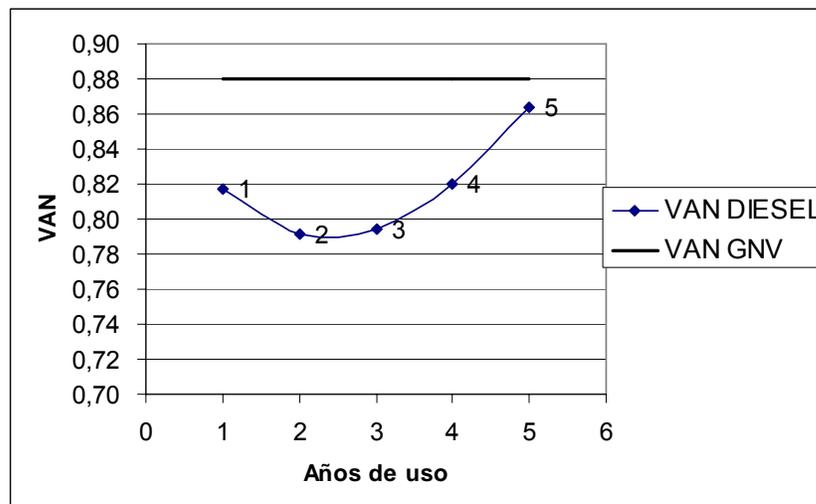
Elaboración: Propia

Los datos muestran el análisis para un periodo determinado pero para realizar el análisis en el mediano plazo se ha elaborado un modelo que permita evaluar el valor actual neto de la relación de la renta neta respecto a la inversión

que incluya la depreciación del vehículo de acuerdo a los años de uso y el momento de cambio de herramienta de trabajo.

El modelo es simple en base al flujo neto de ingresos anuales para un periodo de 5 años, con el costo actual del vehículo a diesel que es el 60% respecto al costo del vehículo a GNV, una tasa de depreciación anual del 20%, la tasa de descuento del 15%, con el valor calculado de 0.56 la relación entre la renta neta anual respecto a la inversión inicial ($\$us\ 3375 / 6000 = 0.56$).

Gráfico 21
VAN VEHICULO DIESEL CON COSTO 60% RESPECTO AL PRECIO DEL
VEHICULO GNV



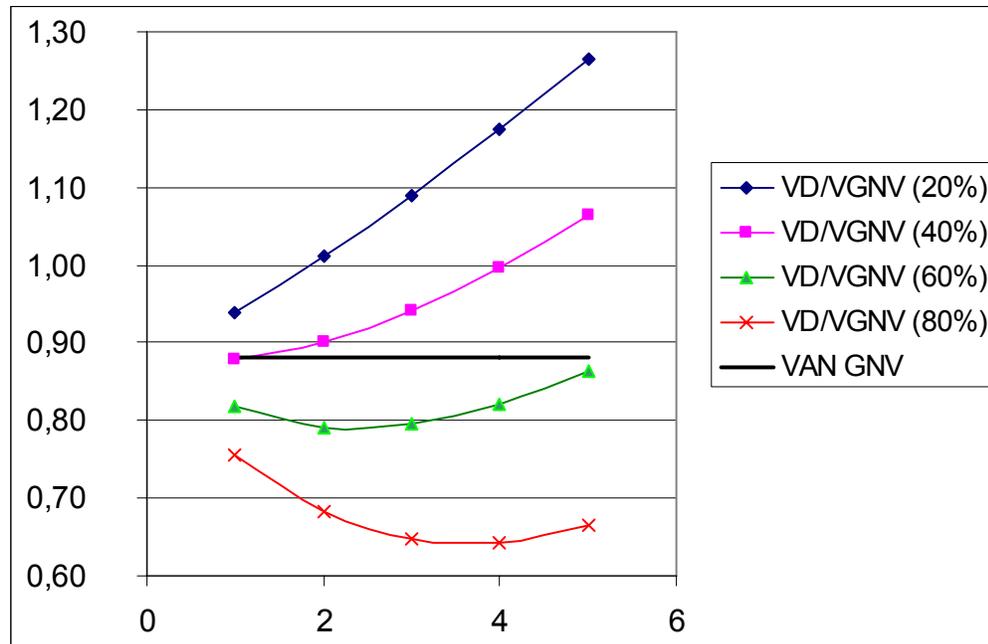
Elaboración: Propia

Los valores actuales netos del transportista a diesel, como se puede apreciar en el siguiente gráfico 21, muestran que los vehículos a diesel comprados a un costo aproximado al 60% del costo del vehículo a GNV, es decir a $\$us.3500$ (suponiendo que el vehículo a GNV cuesta $\$us\ 6000$), el valor actual neto de sus rentas netas es positivo pero menor al VAN generado por un vehículo a GNV. Considerando los años de uso del vehículo, los transportistas que decidieran cambiar de vehículo después de 2 o 3 años de uso tendrían un VAN mucho menor que si lo hicieran en el primer o cuarto año, y finalmente el transportista que

cambiaría su vehículo de diesel por otro a GNV después de 4 años de uso tendrían una VAN mucho mayor y cercano al que tendrían con un vehículo a GNV, como se ve en el punto 5

Utilizando el mismo modelo se hizo una aproximación general de las opciones de decisión de cambio de vehículo, con el siguiente principio, el costo del vehículo depende principalmente del modelo o años de uso que haya tenido el motorizado, es decir mientras mas antiguo es el vehículo, se supone que sus años de vida útil que le restan son menores y en proporción inversa a éste se encuentra el precio del motorizado, es decir, los vehículos mas antiguos y con mayor cantidad de años de uso cuesta un precio menor. Por lo tanto se ha corrido el modelo para los siguientes casos: cuando el costo de adquisición del vehículo a diesel representa el 20%, 40%, 60% y 80% respecto del costo actual del vehículo transformado a GNV.

Gráfico 22
VAN VEHICULO DIESEL RESPECTO AL PRECIO DEL VEHICULO GNV



Elaboración: Propia

Cuando el costo de un vehículo a diesel representa el 20% respecto al precio del GNV, en caso que el precio actual del GNV sea \$us. 6000 el precio que el dueño adquirió el vehículo a diesel sea de \$us.1200 en el gráfico 23 siguiente, muestra que aunque tenga un año o 5 años de uso por el actual propietario el valor actual neto (VAN) se su renta es alta y mucho mayor a la de un vehículo a GNV y como su valor residual es casi cero el propietario talvez preferiría tenerlo y/o manejarlo hasta que terminen sus años de vida útil, cosa que es mas probable ya que su VAN es mayor a el VAN de un vehículo nuevo a GNV y solo le interesaría prolongar algo mas los años de vida útil haciendo reparaciones y/o cambio de motor.

Asimismo el modelo muestra que un vehículo a diesel con un costo que represente el 40% del costo del vehículo a GNV (\$us 2400) -línea rosada del gráfico 23- estaría interesado en cambiar de herramienta solo si utilizó su vehiculo por uno o dos años, si tiene mas de tres años de uso, ya no le interesaría renovar porque su VAN es mucho mayor al VAN del vehículo a GNV.

Cuando el vehículo a diesel tuvo un costo de alrededor del 60% del costo del vehículo del GNV (\$us 3600)- línea verde del gráfico 23-, su VAN es cercano al VAN de un vehículo a GNV solo si hace el cambio de herramienta después de cuatro años de uso, los vehículos que tengan menos de cuatro de uso, su salida seria transformar su vehículo a GNV o realizar cambio de motorizado a uno ya convertido a GNV.

Subiendo paulatinamente el precio del vehículo a diesel al 80% del costo del vehículo a GNV (\$us 4800) – línea naranja del gráfico 23- el valor actual neto de sus flujos serian altos solo si cambia de herramienta entre el primer y segundo año de uso, después de este tiempo no le conviene hacer el cambio de herramienta, mas bien le convendría transformar su vehículo a GNV por cualquier método de conversión.

Este modelo nos ha permitido evaluar el momento de decisión de cambio de herramienta respecto a la decisión de la conversión a GNV, además que ha permitido evidenciar que la relación entre la renta neta anual del transportista respecto a su inversión inicial es determinante en su decisión de cambio de herramienta.

Como conclusión general se puede resumir en que mientras mas viejo es el vehículo, el precio es menor, y el VAN de la renta respecto a su inversión es mayor al VAN logrado por un vehículo a GNV, y en estos casos el transportista optaría por utilizarlo hasta el fin de su vida útil o optaría por un cambio de motor. Mientras mas caro o mas nuevo sea el vehículo a diesel adquirido la decisión de renovar vehículo será mas temprana, por este lado también va la conclusión que se deben seguir incentivando las conversiones de gasolina a GNV que permitan que el valor de mercado de estos vehículos sea menor, y así hacer mas barato el precio de estos e incentivar al cambio de herramienta de un vehículo diesel a un vehículo, gasolina –GNV convertido.

Existen tres áreas que se pueden atacar para lograr una aproximación acertada, una es lograr la reducción real del costo de la conversión para los vehículos a diesel, otra es que se reduzca el precio de un vehículo a GNV, este se puede conseguir permitiendo la importación económica de vehículos a gasolina para que la cantidad de vehículos convertidos a GNV aumente, una vez que se incremente la cantidad de vehículos a GNV ofrecidos la fuerzas del mercado permitirán que el precio de los vehículos a GNV disminuya según la ley de la oferta y demanda. Los incentivos deberían continuar por el lado de las conversiones de vehículos a gasolina e inclusive esta política permitiría la renovación del parque automotor. La última opción es optar por una política forzosa a la conversión con una ley o decreto que saque de circulación los vehículos a diesel y eliminando el subsidio al precio del diesel o estableciendo una

política de mediano plazo para que las importaciones de vehículos para transporte público ya no sean con motores diesel (caso micros y buses) y para taxis.

Los transportistas de micros mostraron mayores problemas que se identificaron una vez concluidas las encuestas que se realizaron tanto a micros convertidos como los que todavía no lo hicieron y los resultados muestran lo siguiente.

De una muestra de 20 propietarios encuestados se observó que el 100% recibieron alguna información a cerca de la transformación de diesel a GNV.

La calidad de la información recibida, no ha sido buena ya que el 95% conocen el ahorro en combustible, el 75 % saben que es menos contaminante pero el 90% mencionó otra información recibida como las fallas en el motor, pérdida de potencia y otras fallas técnicas. De esta información que cuentan ellos la tercera, las fallas de carácter técnico se identifica como el principal obstáculo para desarrollar el mercado en el sector.

A pesar de la mala información como consecuencia de experiencias anteriores en la transformación, el 87% de los transportistas de micros estarían interesados en transformar su micro. Este interés debe ser aprovechado con una estrategia de introducción a ese mercado con una nueva imagen e información real.

El 100% de los encuestados mencionan que sería necesario un acceso al crédito o facilidades de pago del equipo, el 80% lo convertiría si existe alguna política de presión por parte del Gobierno Municipal o Gobierno Central, el 90% lo haría si existiera alguna garantía de los equipos por parte de la empresa o por parte del Gobierno y el 95% pide algún subsidio del gobierno por el alto costo (suponiendo que la conversión les cueste \$us. 3.500)

Respecto al financiamiento se pudo evidenciar que pese a su requerimiento de financiamiento, el 70% tienen temor al sector financiero tradicional, bancos, mutuales, cooperativas y otros por la alta tasa de interés que cobran⁴, por su fama de inflexible y porque algunos ya tiene deudas con el sector financiero y se encuentran pagando deudas por su vehículo, derecho de línea o bien inmueble, esta personas preferirían un financiamiento directo de las empresas de conversión, otro grupo de personas (30%) pueden financiar su conversión pero sigue siendo importante la necesidad de mecanismos de financiamiento con diferentes condiciones o requisitos.

Del mismo modo se realizó una pequeña entrevista a algunos propietarios de micros que ya han sido transformados, de los cuales se ha rescatado lo siguiente:

Los motores requieren una transformación íntegra ya que tienen más problemas los que realizaron solamente la conversión sin hacer la reparación integral del motor, aunque esto implica un costo mayor. De las 6 personas entrevistadas, las dos que convirtieron a \$us1.600 tienen problemas en el motor y otros de carácter técnico. Los otros cuatro micros convertidos con un costo promedio de \$us. 3.000 están funcionando con pocos problemas. Tres propietarios autofinanciaron sus conversiones y tres a través de los mecanismos otorgados por la feria del gas, o sea a través de una micro financiera.

Los potenciales beneficios aún no se están percibiendo ya que existen problemas de maduración de este mercado, por el lado de la oferta como se explico anteriormente, existen dos opciones de transformación la Feria del gas y Gas verde que realizan la trasformación por otolización y 21 talleres de conversión que pueden realizar el cambio de motor a gasolina y luego a GNV.

⁴ 18% anual en la Cooperativa Jesús Nazareno y 26% anual en el Banco Los Andes

CUADRO 11
CANTIDAD DE MICROS CONVERTIDOS A GNV SANTA CRUZ

Método y/o empresa	Cantidad
Método Otolización	45
Feria del Gas	36
Gas Verde	9
Método Dual Gasolina-Gas	16
Método Dual Diesel-Gas	2
Total	63

Fuente: Registros empresas de conversión
Elaboración: Propia

Como resultado de estas conversiones en la ciudad suman un total de 63 micros convertidos de 8.000 que existen en el departamento, ver

, la técnica preferida hasta el momento es la de *otolización* y el método dual gasolina - gas, pero este segundo posiblemente no llegue a ser predominante porque en Bolivia existe poca disponibilidad de motores compatibles para los micros.

La conversión de micros realmente se muestra viable económicamente pero se requiere de algunas estrategias de comercialización y mejores posibilidades de financiamientos para tener un desarrollo prometedor.

Problemas de mala información recibida, incertidumbre y desconfianza de los métodos técnicos utilizados para la conversión, la mala reputación que tienen las conversiones de diesel a GNV por experimentos anteriores con métodos distintos o personas no capacitadas ha provocado un alto grado de desconfianza, para eliminar la incertidumbre la mejor estrategia es realizar una política de información fehaciente que puede realizarse en dos etapas, información personal a cada línea con demostraciones de la veracidad y conveniencia de las técnicas

ofrecidas, paralelamente se pueden realizar información por medios radiofónicos con testimonios de micros convertidos y opiniones de expertos técnicos que vayan limpiando la mala imagen de las experiencias anteriores. Asimismo sería oportuna la participación de la superintendencia con campañas informativas que muestren las ventajas del uso del GNV como combustible.

Respecto al financiamiento, ante el temor y la poca accesibilidad de los potenciales clientes de la conversión (por los requisitos y tramites burocráticos) se deben apalancar recursos de otras instancias como es la de gestionar la posibilidad de la subvención por parte del gobierno para la adquisición de equipos de conversión o importación de motores, la cual inclusive le puede ser igual o menor a la actual subvención al diesel. También se necesitan créditos directos en los que los micreros puedan hacer un pago mensual directo al proveedor.

Adicionalmente el sector del autotranspote a nivel nacional tiene problemas institucionales respecto a la migración a un nuevo régimen tributario, por lo que no se pueden coordinar acciones con dirigentes y otros representantes de este sector.

La incertidumbre por el anuncio de un plan de reordenamiento vehicular en la ciudad de Santa Cruz en la que los micros se ven amenazados por reestructuración de rutas e ingreso de nuevas líneas y otras como su falsa expectativa de que serán retirados de circulación en este plan⁵.

Para los transportistas de micros el principal obstáculo para la transformación es la desconfianza de la tecnología y el acceso al financiamiento. Pero para nuevamente recurrir a las fuerzas del mercado y no recurrir a políticas dirigidas, se puede optar por la diversificación del transporte público de la ciudad

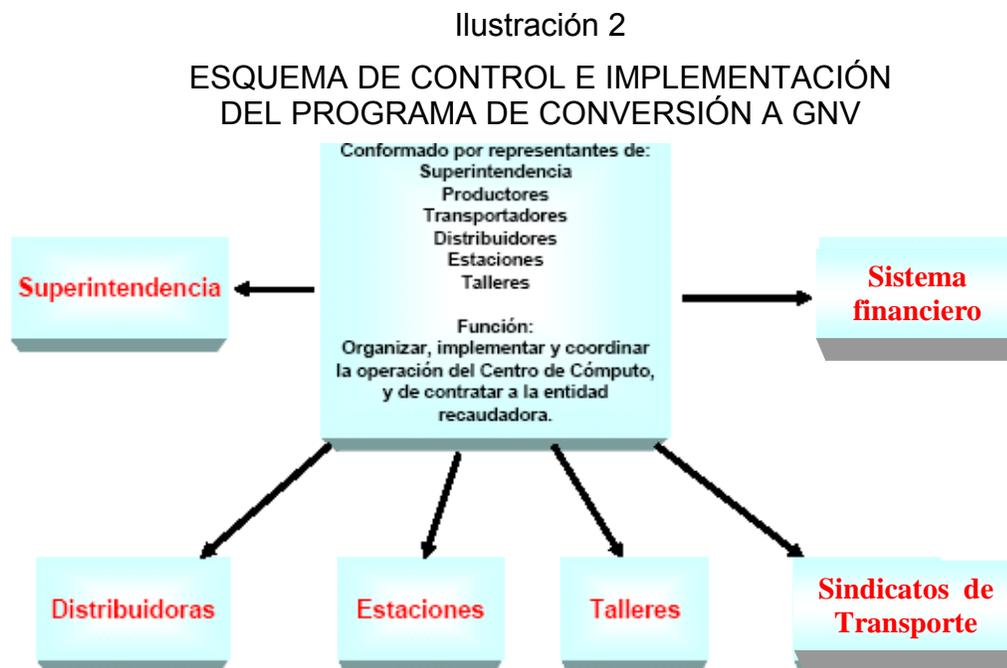
⁵ El Director de Tráfico y Transporte del Gobierno Municipal de Santa Cruz de la Sierra, desmintió este comentario aclarando que solo se adecuaran los micros para tener mayor comodidad para los pasajeros.

de Santa Cruz. El ingreso de una nueva flota de micros convertidos a GNV con nuevas rutas que se podrían denominar “rutas limpias”, con mejores condiciones y comodidades para los usuarios permitiría que los micros actuales opten por convertir su micro o cambien de herramienta a un micro a GNV que les podría resultar favorable si consideramos que tendrán que incurrir en gastos cuando el Gobierno Municipal les obligue a incrementar la altura del techo de los micros. Al igual que el caso de los taxis el beneficio sería doble al lograr la renovación del parque automotor.

Tanto en el caso de los taxis como de los micros la posibilidad de reducir su margen dado por la renta diaria respecto a la inversión, permitirá dirigir al mercado actual del diesel a la sustitución por un combustible alternativo como el gas natural vehicular.

Uno de los obstáculos que se tienen que salvar es la limitada capacidad de la red de líneas de gas para manejar la distribución del gas natural adicional para uso vehicular, sin embargo la solución de este problema es la ampliación de redes de distribución, creando una nueva infraestructura de estaciones de servicio o instalando un sistema que opere con ambos combustibles (GNC-gasolina o GNC-diesel) o en ultimo caso se puede proveer gas a través de gasoductos virtuales de manera de proporcionar una amplia disponibilidad de combustible evitando el riesgo de no encontrar una estación de servicio de GNC cuando se agote este combustible. Este problema se manifiesta con mayor énfasis en el caso de los micros ya que ellos tienen que cumplir una ruta obligatoria por lo que pueden abastecerse solo una vez al día, desafortunadamente un micro que consuma mas de 50m^3 de gas al día no podrá recargar gas saliéndose de su ruta o perdiendo su turno por lo que ellos preferirían estaciones de servicio cerca de sus paradas, es decir en las laderas de la ciudad.

Se propone un nuevo esquema de colaboración para asegurar la sustentabilidad de la red de valor del GNV, ver ilustración 2, en el que tenga mayor participación de la superintendencia como regulador, también promoviendo el consumo de energías limpias con campañas informativas que muestren las ventajas del uso del GNV. La participación total del sistema financiero con mayor flexibilidad respecto a garantías y tasas de interés; y participación del Estado en ventajas arancelarias para la importación de equipos de conversión y motores a gasolina, también sería beneficiosa la inclusión de los sindicatos como instituciones de coordinación y garantía en el sector financiero.

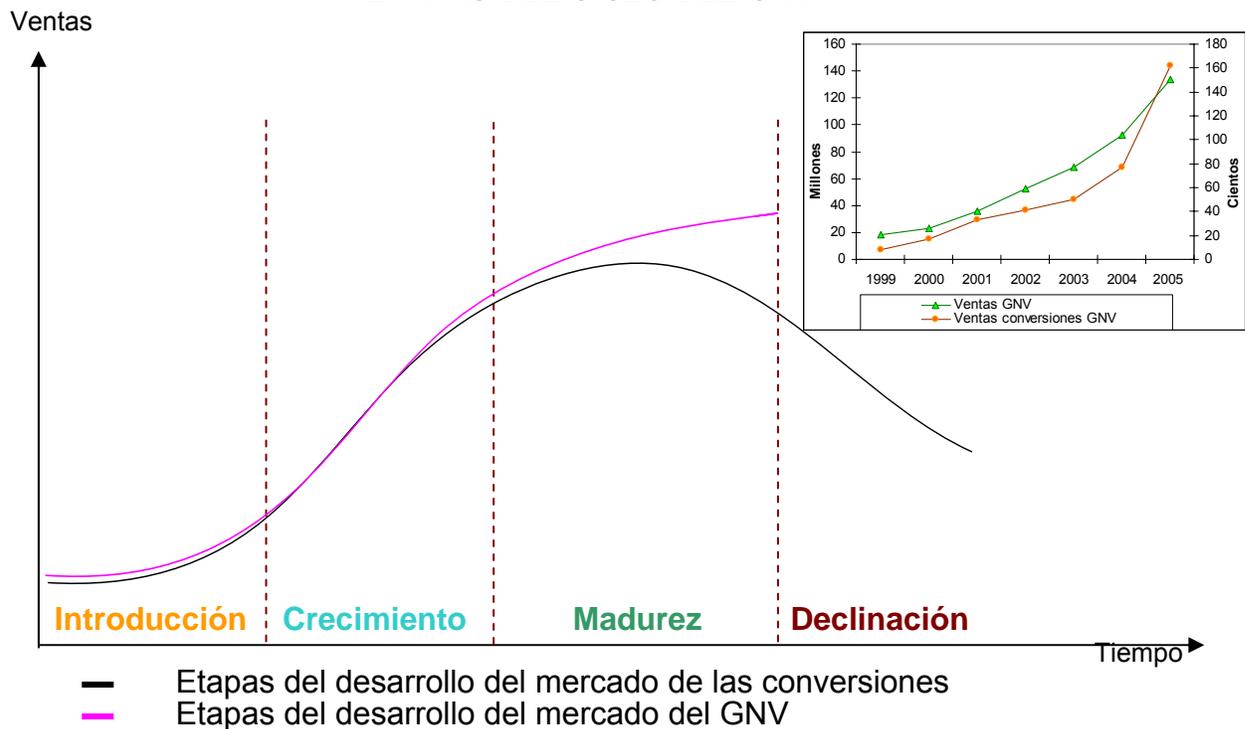


En el caso particular de los combustibles utilizados en el transporte terrestre, la autoridad podría fijar impuestos a los combustibles líquidos, gasolinas y diesel desde un punto de vista medioambiental, esta estructura tributaria tendría que reflejar los diferenciales de costos sociales asociados a las emisiones generadas por cada uno de estos combustibles ya que las externalidades

negativas tienen implícito un costo social que no está siendo internalizado por los agentes contaminantes.

Del mismo modo la subvención actual que reciben el GLP y diesel, causan una distorsión en el mercado donde los precios no reflejan el costo social, ambiental y económico del uso de los combustibles líquidos. En base a iniciativas privadas para convertir vehículos a GNV, la acción del Gobierno se debe centrar principalmente en informar sobre los beneficios y viabilidad de la conversión, quitar los subsidios y dando un plazo a estos vehículos para realizar su conversión.

Ilustración 3
ETAPAS DEL CICLO DEL GNV



El mercado del GNV en el país se encuentra todavía en un proceso de crecimiento que se ha iniciado el año 2001, el año 2005 se dio el mayor crecimiento momento en el que se dio el punto de inflexión en las etapas de desarrollo del mercado (Ver ilustración 3).

Según las características del mercado del GNV, se podría esperar que éste llegue a un punto de maduración completa cuando más del 50% del parque automotor sea convertido a GNV a partir del cual la demanda de GNV tendrá un crecimiento vegetativo por ser un bien con una demanda inelástica (poco flexible) ante variaciones en el precio u otros factores externos. Esta situación podría darse en el año 2009 si se mantiene la tasa de crecimiento actual de las conversiones (60%),

La madurez completa del GNV se podrá conseguir cuando se complete las tres etapas necesarias para constituirse en una herramienta de desarrollo económico:

- Conversión de vehículos livianos de GLP y Gasolina a GNV
- Conversión de vehículos livianos y micros de Diesel a GNV
- Conversión de transporte pesado, transporte de pasajeros interdepartamental e internacional a GNV.

Actualmente, las conversiones de diesel a GNV apenas han iniciado la etapa de introducción que como se indicó anteriormente, muestra muchas falencias propias de los oferentes o comercializadores de la tecnología de conversión como estrategias de comercialización, información fehaciente, recuperar la confianza de la tecnología de la conversión, eliminación del escepticismo, marketing, publicidad, garantías y otras.

3.5.2. Análisis macroeconómico

Los sectores de la economía que recibirían un impacto directo son: la cuenta corriente de la balanza de pagos, el gasto del Gobierno o presupuesto fiscal, la inversión, el empleo y producto interno bruto (PIB).

Como se ha podido apreciar en el punto 3.1, el consumo de diesel en el departamento de Santa Cruz es relevante en la matriz energética nacional con un consumo cerca del 40% de la demanda nacional, consumiendo un promedio de 37.106.376 litros por mes en el año 2005.

Del parque automotor de Santa Cruz que funciona a Diesel, existen 8.000 micros y 12.000 entre vagonetas y automóviles, con un consumo promedio diario de 50 lt y 15 lt respectivamente, totalizando alrededor de 580.000 lt diarios (\$us. 1.189.000) del sector vehicular y 174.000.000 lt de diesel al año (\$us 80 millones) que se dejarían de consumir si todos los vehículos se transformarían a GNV. A nivel departamental llega a ser un volumen muy importante llegando a representar cerca del 50% del consumo de diesel.

CUADRO 12
SUSTITUCIÓN DE DIESEL ESTIMADA

Tipo de vehículo	Cantidad de vehículos	Diesel			
		Lt por día	Lt por Año	Bs por año	\$us por año
Vagonetas y automóviles	12.000	15,00	54.000.000	200.880.000	25.110.000
Micros	8000	50,00	120.000.000	446.400.000	55.800.000
Total	20.000		174.000.000	647.280.000	80.910.000

Elaboración: Propia

A nivel nacional este valor también se muestra importante y significativo llegando al 17% del volumen total consumido de diesel que se sustituiría por gas natural, principalmente porque se llegaría a cubrir la demanda local con la producción de las refinerías, sin la necesidad de importar diesel.

La disminución de las importaciones de diesel incide directamente e la cuenta corriente de la balanza de pagos, lo cual significa una situación favorable en el nivel de reservas internacionales reduciendo la fuga de divisas y afectando simultáneamente a un incremento del producto interno bruto del país.

$$\uparrow \text{CC} = \text{X} - \downarrow \text{M}$$

$$\uparrow \text{BP} = \uparrow \text{CC} + \text{CK}$$

$$\uparrow \text{PIB} = \text{C} + \text{I} + \text{G} + \text{X} - \downarrow \text{M}$$

BP	Balanza de pagos
CC	Cuenta corriente
CK	Cuenta capital
PIB	Producto interno bruto
C	Consumo
I	Inversión privada
G	Gasto de gobierno
X	Exportaciones
M	Importaciones

La mejora en la Balanza de Pagos permitirá generar saldos exportables de diesel con la consecuente mayor entrada de divisas y/o pueden reducir la necesidad de importar diesel. La utilización de petróleo para obtener gasolinas y diesel en las refinerías implica una función de producción de coeficientes fijos. Es decir, aproximadamente de un barril de petróleo se obtiene un 30% de diesel por lo que las refinerías debieron abastecer la creciente demanda importando diesel, situación que ya no sería necesaria. Adicionalmente el potencial de las nuevas refinerías en construcción permitiría que el país se convierta en exportador de combustibles líquidos.

El ahorro fiscal por la eliminación del subsidio de los 174 millones de litros de diesel asciende a 309 millones de bolivianos al año (38 millones de dólares), de acuerdo al balance fiscal del año 2005, esto representaría un 17 % del déficit fiscal (ver cuadro 13).

CUADRO 13
EFFECTOS DE LA CONVERSIÓN SOBRE EL BALANCE FISCAL

AHORRO FISCAL	Bs.	\$us.
Precio de importación por litro de diesel	5,50	0,6875
Precio interno por litro de diesel	3,72	0,4650
Subsidio por litro de diesel	1,78	0,2225
Litros que se dejaría de importar	174.000.000	21.750.000
TOTAL	309.720.000	38.715.000
Déficit fiscal 2005	1.729.000.000	216.125.000
% Déficit fiscal	17,91%	17,91%

Fuente: Banco Central de Bolivia
Elaboración: Propia

Adicionalmente a la reducción del déficit fiscal, los ingresos fiscales inclusive podrían mejorar si es que se concreta la aplicación de un nuevo sistema tributario a la comercialización de combustibles líquidos o un impuesto mínimo al gas pero cuando el mercado llegue a su etapa de maduración plena, el país se beneficiaría también con la eliminación de contrabando de diesel que se realiza a los países fronterizos.

El efecto en el presupuesto fiscal muestra el siguiente mecanismo de transmisión: los subsidios, que son parte de los gastos del gobierno, disminuyen por lo que el déficit fiscal disminuye e inclusive puede generar un superávit que permita mayor cantidad de recursos para gastos de capital.

$$PF = IC + IK - \downarrow GC - GK \uparrow$$

PF Presupuesto fiscal
IC Ingresos corrientes
IK Ingresos de capital
GC Gastos corrientes
GK Gastos de capital

Este proceso de conversión de vehículos producirá una inversión estimada de alrededor de 39 millones de dólares americanos, suponiendo una inversión promedio de \$us. 1.300 por taxi y \$us. 3.000 por micro y esperando la conversión de los 12.000 taxis y 8.000 micros. Adicionalmente existirá un proceso de

integración y complementación de otros sectores como la inversión en nuevos surtidores y nuevos talleres de conversión.

$$\uparrow \text{PIB} = \text{C} + \uparrow \text{I} + \text{G} + \text{X} - \text{M}$$

PIB	Producto interno bruto
C	Consumo
I	Inversión privada
G	Gasto de gobierno
X	Exportaciones
M	Importaciones

Existe una generación de empleo directo e indirecto que es creciente y proporcional a la maduración del mercado, asimismo los empleos generados pueden ser temporales y permanentes, estos se reflejan en los registros de nuevos talleres de conversión que en el que se generan 5 nuevos empleos por taller y un promedio de 15 personas por cada nuevo surtidor instalado.

Todos los sectores mencionados tienen un efecto simultáneo sobre el producto interno bruto del país, que se representan en la siguiente ecuación:

$$\uparrow \text{PIB} = \text{C} + \uparrow \text{I} + \uparrow \text{G} + \text{X} - \downarrow \text{M}$$

PIB	Producto interno bruto
C	Consumo
I	Inversión privada
G	Gasto de gobierno
X	Exportaciones
M	Importaciones

Todo efecto que incida sobre el PIB, pueden constituirse en herramientas para el crecimiento económico sostenido consecuentemente el desarrollo del país.

El programa de conversión de vehículos, entre los años 2004 y 2005 logró un incremento de la demanda de GNV en 45% a nivel nacional, que incide sobre

la cantidad total de producción interna de gas, según las proyecciones estimadas, la demanda de gas podría ser duplicada en el tiempo estimado de maduración del mercado que es de 3 años si continua el ritmo de crecimiento actual (60%) y adicionando la demanda adicional del programa de conversión de diesel a GNV (cuadro 14).

CUADRO 14
ESTIMACIÓN DE CONSUMO DE GNV POR EL PROGRAMA DE SUSTITUCIÓN DE DIESEL

Tipo de vehículo	Cantidad de vehículos	Gas			
		m3 por día	m3 por Año	Bs. por año	\$us por año
taxis	12.000	18,29	65.853.659	109.975.610	13.746.951
micros	8.000	60,98	146.341.463	244.390.244	30.548.780
Total	20.000		212.195.122	354.365.854	44.295.732

Elaboración: Propia

3.5.3. Verificación de la Hipótesis

El recurso natural del gas como tal, no tiene significancia económica en un país hasta que no se genere efectos cadena en los sectores productivos.

Como se ha explicado en el punto 2.3, actualmente los mercados existentes para el gas natural en Bolivia, no se encuentran desarrollados aunque muchas de las condiciones estén dadas y sin embargo faltan políticas específicas para lograr concretar imperfecciones del mercado como la necesidad de enlazar oferta y demanda para lo cual se requiere inversión, seguridad jurídica, regulaciones y como objetivo a largo plazo, debería buscarse una total integración que facilite el desarrollo futuro.

Existen muchos proyectos que pueden lograr el desarrollo de estos mercados tanto a nivel nacional como internacional para convertir este recurso en un instrumento de reactivación económica en el país, el desarrollo del mercado local es el principal proyecto que se debe desarrollar por ser mas inmediato y de

mediano plazo respecto a los proyectos macro que se lograrán en el largo plazo como la industrialización del gas. Las medidas de política se constituyen en un proyecto ancla para el país porque todo se fundamenta en un propósito de modificar la matriz energética del país que es una medida estructural en la que deben participar muchos componentes de la economía.

El análisis socioeconómico, ambiental, microeconómico y macroeconómico, que se resumen en el cuadro 14, demuestran la importancia de este programa de conversión y los efectos significativos sobre la inversión, el nivel de producción de gas natural y crecimiento económico sostenido por tratarse de un cambio estructural en la matriz energética por lo tanto estos nos permiten evidenciar y verificar la hipótesis planteada.

CUADRO 15
EFECTOS DE LA CONVERSIÓN DE VEHÍCULOS DE DIESEL A GNV

SECTOR	EFEECTO
<i>Macroeconomía</i>	<ul style="list-style-type: none"> * Cambio de la matriz energética * Reducción de las importaciones de diesel, mejora en la balanza de pagos * Reducción del déficit fiscal debido a la reducción en la subvención al precio del diesel * Incremento en la demanda de GNV * Precio favorable para la demanda interna * Incremento de la Inversión agregada * Impacto positivo sobre el PIB * Proyecto de impulso para el desarrollo de los mercados nacionales e internacionales del gas * Seguridad de suministro de energéticos, reducción de riesgo por abastecimiento

<i>Microeconomía</i>	<ul style="list-style-type: none"> * Economías de escala para los transportistas * Precio interno del gas competitivo respecto al precio de los combustibles líquidos * Fomento a los microempresarios de los talleres de conversión * Capacitación y adaptación de nuevas tecnologías * Intervención del sector financiero a través del micro crédito * Generación de empleo temporal y permanente * Señales a los inversionistas de viabilidad y rentabilidad de proyectos en Bolivia * Innovación de estrategias para el desarrollo de mercados
<i>Sociales</i>	<ul style="list-style-type: none"> * Cambio de hábitos de consumo de energéticos * Costos descendentes y mas accesibles del equipo de conversión * Tarifas solidarias de transporte, precio solidario de productores de gas, distribuidoras y otros * Reducción de riesgos por problemas de salud debido a la contaminación ambiental * Ingreso adicional que permite mejorar las condiciones o calidad de vida
<i>Ambientales</i>	<ul style="list-style-type: none"> * Reducción de las externalidades ambientales de la utilización de combustibles contaminantes * Menores efectos sobre la salud * Menores efectos locales de las emisiones al aire * Reducción en los efectos que producen la "lluvia ácida" porque no emite SO_x (Oxido de azufre) * Reducción de la emisión de gases CO₂ (Dióxido de carbono), CH₄ (Metano) que provocan el efecto invernadero

4. CONCLUSIONES

El país requiere la Planificación del sector energético para realizar el cambio de matriz energética que contemple:

- Externalidades positivas en el consumo
- Externalidades negativas en la producción

Es necesario eliminar las actuales barreras de la planificación energética como:

- Las urgencias fiscales
- La confusión con otros temas de la agenda nacional de desarrollo
- La falta de compromiso del gobierno
- La falta de capacidad institucional

El programa de conversión de vehículos a gas natural es un proyecto fundamental en el inicio de las políticas que promueva el cambio en la matriz energética y el desarrollo del mercado local del gas natural a través de un incremento sostenido de la demanda de gas natural.

Las condiciones necesarias para el cambio de matriz vehicular están dadas por:

- la disponibilidad de producto a un costo razonable
- la tecnología disponible y confiable
- precio del gas no indexado al dólar o a un precio internacional
- no existe inflación importada en el precio del gas
- regulaciones claras
- seguridad jurídica

- tecnología probada y garantizada
- cambio cultural
- incentivos económicos

La concreción de este programa permite dotar a nuestro país de una ventaja relativa creciente y programada para reducir los costos del transporte urbano, incrementar su productividad a través del uso eficiente de energía y consecuentemente incrementar su rentabilidad para lo cual se propone que:

- La conversión debe encaminarse también a los vehículos que actualmente se movilizan a diesel. Por dos razones porque Bolivia es deficitaria en diesel y porque para los grandes consumidores de diesel resultará un combustible mucho más barato lo que repercutirá positivamente en la disminución de sus costos.
- Que se busquen mecanismos para el acceso fácil de los equipos de conversión, con bajo costo y con sistemas de pago accesibles para los usuarios, principalmente el transporte público (micros). Fomentar impositivamente la importación de los equipos de conversión, con la liberación del pago de impuestos o fomentar la importación de motores a gasolina.
- Implementar campañas de información masiva, ofreciendo las bondades prácticas de la conversión, con el objetivo de que la gente que empiece a convertirse produzca un efecto multiplicador en la sociedad al ver las ventajas del sistema y la disminución de los costos.
- Fomentar la implementación y construcción de estaciones de servicio para GNC, creando redes de carga en la mayor cantidad de poblaciones y ciudades del país.

- Proporcionando las condiciones necesarias para las inversiones como son:
 - Diseñar y establecer políticas para el desarrollo del mercado del gas en base a una planificación energética estructural y de largo plazo.
 - Reducir el riesgo país (riesgo político y social)
 - Proporcionar seguridad jurídica adecuada y equitativa
 - Continuidad de reglas claras y razonables.

- Eliminar las distorsiones impositivas como los subsidio, planificar y aplicar una política integral impositiva al sector hidrocarburífero que permite equilibrar los intereses de los distintos agentes que interactúan en este mercado.

- Establecer una política de precios que permita reflejar el costo de oportunidad, internalice las externalidades y costos sociales.

- Implementación de una política de renovación del parque automotor nacional, eliminar la importación ilegal de vehículos especialmente los que funcionan a diesel.

BIBLIOGRAFÍA

- Banco Central de Bolivia. www.bcb.gov.bo
- Calderón Zuleta Jorge - Apuntes Maestría Gerencia del Gas – 2004
- Estudio comparativo entre los combustibles tradicionales y las nuevas tecnologías energéticas para la propulsión de vehículos destinados al transporte.
- Feria del Gas Natural Vehicular - www.feriadelgas.com
- Harriague Jorge - Apuntes Maestría Gerencia del Gas - 2004
- Jémio Carlos y Antelo Eduardo – *15 años de reformas estructurales en Bolivia* – 2003.
- Miranda Carlos - Apuntes Maestría Gerencia del Gas
- Monasterio Rodrigo - *Bolivia y la Integración Energética Sudamericana* - Movilgas S.A.
- Primer Congreso Nacional de Industrialización del Gas –Sucre - 2004.
- Pro Argentina - Equipos e insumos para GNC - 2005
- Superintendencia de Hidrocarburos. www.superhid.gov.bo
- Vits Hugo - Apuntes Maestría Gerencia del Gas
- Vits Hugo - Gas Natural vehicular materializando las oportunidades venciendo las barreras – 2005

ANEXOS

ANEXO 1
CUADRO ANEXO 1

ACTIVIDADES	PETROLEO	GAS	CARBON	HIDRO	LEÑA	PRODUCTOS	OTRAS	TOTAL	ELECTRI	GAS	GASOLINAS/	KEROSENE	DIESEL OIL	CARBON	GASES	OTRAS	TOTAL	TOTAL
		NATURAL	MINERAL	ENERGIA		DE CAÑA	PRIMARAS	PRIMARIAS	CIDAD	LICUADO	ALCOHOL	Y TURBO		VEGETAL		SECUNDARIAS	SECUNDARIAS	
PRODUCCION	11202	51953		5031	2414	2190	560	73350	2595	1967	3098	1002	3178	113		2850	14803	88153
IMPORTACION								0	6				1802				1808	1808
EXPORTACION	676	29299						29975		120							120	30095
INVENTARIO								0					-72				-72	-72
NO APROVECHADO		1405	0,0270					1405									0	1405
OFERTA TOTAL	10526	21249		5031	2414	2190	560	41970	2601	1847	3098	1002	4908	113	0	2850	16419	58389
REFINERIA	-10526	-502						-11028		421	3098	1002	3178			2850	10549	-479
CENTRALES ELECTRICAS		-3164		-4935				-8099	2452				-2008				2452	-5647
AUTOPRODUCTORES		-36		-96		-225		-357	143								143	-214
CENTRO DE GAS		-12816						-12816		1545							1545	-11271
CARBONERIA					-276			-276						113			113	-163
COQUERIA/A.HORNO								0									0	0
DESTILERIA								0									0	0
OTROS CENTROS								0									0	0
TRANSFORMACION TOTAL	-10526	-16518	0	-5031	-276	-225	0	-32576					-2008				-2008	-34584
CONSUMO PROPIO		1017						1017	20	0		0				780	800	1817
PERDIDAS		1118						1118	353								353	1471
AJUSTE	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	75	0	87	0	2070	2232	2232
TRANSPORTE		150						150			3086	803	2741				6630	6780
INDUSTRIA		2332			1330	1965		5627	550	12		36	36				634	6261
RESIDENCIAL		48			808		560	1416	900	1814		86		26			2826	4242
COMERCIAL,SER,PUB		66						66	521								521	587
AGRO,PESCA,MINERIA								0	234	4	12	1	35				286	286
CONSTRUCCION OTROS								0	24	16		1	88				129	129
CONSUMO ENERGETICO	0	2596	0	0	2138	1965	560	7259	2229	1846	3098	927	2900	26	0	0	11026	18285
NO ENERGETICO								0										0
CONSUMO FINAL	0	2596	0	0	2138	1965	560	7259	2229	1846	3098	927	2900	26	0	0	11026	18285
DEMANDA TOTAL	10526	21249	0	5031	2414	2190	560	41970	2602	1846	3098	927	4908	26	0	780	14187	56157

Fuente: OLADE-SIEE

CUADRO ANEXO 2
BALANCE ENERGÉTICO DE BOLIVIA 2003 (en kBEP)

	Petróleo	Gas Natural	Carbon Mineral	Hidroenergía	Geotermia	Nuclear	Leña	Productos de Caña	Otros Primarios	Total Primarios	Electricidad	Gas Licuado	Gasolina/Alcohol	Keroseno y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Coque	Carbon Vegetal	Gases	Otros Secundarios	No Energetico	Total Secundarios	TOTAL	
PRODUCCION	12191	45600	-	4688	-	-	2412	2185	961	67637	2645	2340	3043	1008	3570	-	-	114	-	2850	-	16470	67637	
IMPORTACION	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	2024	-	-	-	-	-	-	2030	2030	
EXPORTACION	901	25716	-	-	-	-	-	-	-	26707	-	143	-	-	-	-	-	-	-	-	-	143	26849	
VARIACION DE INVENTARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-81	-	-	-	-	-	-	-81	-81	
NO APROVECHADO	-	1234	-	-	-	-	-	-	-	1234	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1234	
OFERTA TOTAL	11200	18650	-	4688	-	-	2412	2185	961	39696	2651	2197	3943	1008	5513	-	-	114	-	2850	-	18276	41503	
REFINERIA	-11200	-441	-	-	-	-	-	-	-	-11641	-	901	3043	1008	3570	-	-	-	-	2850	-	11872	231	
CENTRALES ELECTRICAS	-	-2777	-	-4501	-	-	-	-	-	-7368	2500	-	-	-	-2256	-	-	-	-	-	-	2500	-7124	
AUTOPRODUCTORES	-	-32	-	-96	-	-	-	-223	-	-351	145	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	145	-206	
CENTRO DE GAS	-	-11240	-	-	-	-	-	-	-	-11240	-	1838	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1838	-9411
CARBONERA	-	-	-	-	-	-	-276	-	-	-276	-	-	-	-	-	-	-	114	-	-	-	114	-162	
COQUERIA/A. HORNO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
DESTILERIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
OTROS CENTROS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TRANSFORMACION TOTAL	-11200	-14498	-	-4688	-	-	-276	-223	-	-30886	-	-	-	-	-2256	-	-	-	-	-	-	-2256	-16671	
CONSUMO PROPIO	-	892	-	-	-	-	-	-	-	892	20	0	-	0	-	-	-	-	-	780	-	801	1693	
PERDIDAS	-	982	-	-	-	-	-	-	-	982	360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	360	1342	
AJUSTE	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0	0	0	-	40	0	-	-	88	-	2070	-	2198	2198	
TRANSPORTE	-	131	-	-	-	-	-	-	-	131	-	-	3028	818	3070	-	-	-	-	-	-	7825	7956	
INDUSTRIA	-	2047	-	-	-	-	1328	1962	-	6337	560	14	-	46	40	-	-	-	-	0	-	661	6998	
RESIDENCIAL	-	42	-	-	-	-	808	-	961	1411	917	2158	-	90	-	-	26	-	-	-	-	3200	4611	
COMERCIAL, SER, PUB	-	58	-	-	-	-	-	-	-	58	531	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	531	588	
AGRO, PESCA, MINER.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	239	5	15	2	30	-	-	-	-	-	-	300	300	
CONSTRUCCION, OTR.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	19	-	2	90	-	-	-	-	-	-	146	146	
CONSUMO ENERGETICO	-	2278	-	-	-	-	2136	1962	961	6937	2271	2197	3943	968	3257	-	-	26	-	0	-	12662	19599	
NO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CONSUMO FINAL	-	2278	-	-	-	-	2136	1962	961	6937	2271	2197	3943	968	3257	-	-	26	-	0	-	12662	19599	

Fuente: OLADE-SIEE

CUADRO ANEXO 3
CIUDAD DE SANTA CRUZ 2005: CANTIDAD DE VEHÍCULOS POR TIPO DE
COMBUSTIBLE QUE UTILIZAN

COMBUSTIBLE	TIPO DE VEHÍCULOS	CANTIDAD TOTAL
alcohol	camioneta	1
diesel	automóvil	1243
diesel	camión	12683
diesel	camioneta	7272
diesel	furgón	84
diesel	jeep	1816
diesel	microbús	5296
diesel	minibús	613
diesel	moto	6
diesel	ómnibus	712
diesel	torpedo	2
diesel	tracto camión	412
diesel	vagoneta	12802
gas natural	automóvil	33
gas natural	camión	5
gas natural	camioneta	7
gas natural	jeep	5
gas natural	microbús	1
gas natural	minibús	1
gas natural	moto	2
gas natural	vagoneta	19
gasolina	automóvil	42801
gasolina	camión	647
gasolina	camioneta	16605
gasolina	furgón	245
gasolina	jeep	13948
gasolina	microbús	100
gasolina	minibús	971
gasolina	moto	7199
gasolina	ómnibus	56
gasolina	Quadra track	41
gasolina	tracto camión	2
gasolina	vagoneta	31070
TOTAL CIUDAD		156700
TOTAL DPTO.		189517

Fuente: RUA-Gobierno Municipal de Santa Cruz

CUADRO ANEXO 4
FERIA DEL GAS: COSTO TOTAL PROMEDIO DEL EQUIPO DE
CONVERSIÓN DE DIESEL A GNV

Componentes del equipo de conversión	\$us.	Bs.	Devolución 80% \$us.	Devolución 80% Bs.
Cilindro de 10m3 con Kit Texcon	560	4480	448	3584
Cilindro de 10m3 con Kit Tomasetto	585	4680	468	3744
Cilindro de 10m3 con Kit Landi Renzo	735	5880	588	4704
Cilindro de 15m3 con Kit Texcon	725	5800	580	4640
Cilindro de 15m3 con Kit Tomasetto	750	6000	600	4800
Cilindro de 15m3 con Kit Landi Renzo	900	7200	720	5760
Cilindro de 20m3 con Kit Tomasetto	805	6440	644	5152
Cilindro de 20m3 con Kit Landi Renzo	955	7640	764	6112
Cilindro de 25m3 con Kit Tomasetto	870	6960	696	5568
Cilindro de 25m3 con Kit Landi Renzo	1020	8160	816	6528
Cilindro de 50m3 con Kit Tomasetto	1415	11320	1132	9056
Cilindro de 50m3 con Kit Landi Renzo	1565	12520	1252	10016

Elaboración: Propia

CUADRO ANEXO 5
FERIA DEL GAS COSTO DE TRANSFORMACIÓN DEL MOTOR

Transformación del motor	\$us.	Bs.
Transformación mas cambio de anillas	500	4.000
Transformación mas cambio de anillas y pistones	650	5.200
Transformación mas reparación	1.500	7.200

Elaboración: Propia

CUADRO ANEXO 6
COSTO DE MOTORES EN EL MERCADO

Concepto	\$us.	Bs.
Costo de motor Taxi a gasolina usado	600	4.800
Costo de motor Micro a gasolina usado	1.200	9.600

Elaboración: Propia

CUADRO ANEXO 7
GAS VERDE: COSTO TOTAL PROMEDIO DE LA TRANSFORMACIÓN Y
CONVERSIÓN A GNV

Concepto	\$us.	Bs.	Devolución en gas \$us.	Devolución en gas Bs.
Motor nuevo transformado	2200	17600		
Cilindro de 50m3 con Kit Tomasetto	1300	10400		
TOTAL	3500	28000	1245	9.960

Elaboración: Propia

CUADRO ANEXO 8
VENTAS PROMEDIO DE DIESEL OIL
POR DEPARTAMENTOS - 2005

DEPARTAMENTOS	IMPORTADO	REFINADO	TOTAL
<i>LA PAZ</i>	104.718.239	82.746.140	187.464.380
<i>SANTA CRUZ</i>	144.468.019	300.808.491	445.276.511
<i>COCHABAMBA</i>	8.055.980	157.566.030	165.622.010
<i>ORURO</i>	9.711.050	37.984.980	47.696.030
<i>POTOSI</i>	4.549.830	38.140.010	42.689.840
<i>CHUQUISACA</i>	590.700	34.159.030	34.749.730
<i>TARIJA</i>	51.658.170	16.119.900	67.778.071
<i>BENI</i>	680.800	22.786.960	23.467.760
<i>PANDO</i>	6.486.180	1.086.370	7.572.551
TOTALES lts	330.918.968	691.397.911	1.022.316.880
Bbl	2.081.414	4.348.755	6.430.169
BPD	5.703	11.914	17.617

Fuente: Superintendencia de hidrocarburos

CUADRO ANEXO 9
VENTAS HISTÓRICAS DE GAS NATURAL EN BOLIVIA MPCD

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM. AÑO
2000	39.996	40.367	37.654	41.780	42.112	42.959	44.405	43.695	44.022	40.326	37.903	32.755	40.665
2001	35.311	30.454	33.107	43.342	43.036	41.160	39.096	42.941	44.053	46.705	47.365	36.746	40.276
2002	44.621	42.993	42.668	47.022	48.597	50.712	47.594	45.016	42.079	40.924	43.459	46.486	45.181
2003	45.595	44.802	37.893	46.032	48.346	54.164	52.302	53.651	51.543	45.799	52.974	52.031	48.761
2004	46.107	49.721	53.572	58.291	58.051	58.223	54.402	0	0	0	0	0	54.052

Fuente: Superintendencia de hidrocarburos

CUADRO ANEXO 10
BOLIVIA 2004: COMERCIALIZACIÓN DE DIESEL OIL (BARRILES POR DIA)

MESES	REFINADO	IMPORTADO	TOTAL
ENERO	10,529	4,620	15,149
FEBRERO	10,334	2,794	13,128
MARZO	11,652	4,150	15,803
ABRIL	12,650	4,711	17,362
MAYO	12,528	3,802	16,331
JUNIO	14,519	2,990	17,509
JULIO	14,783	3,131	17,914
AGOSTO	14,401	2,636	17,037
SEPTIEMBRE	13,988	2,862	16,850
OCTUBRE	12,849	5,707	18,555
NOVIEMBRE	13,289	6,035	19,324
DICIEMBRE	13,160	4,989	18,149
PROM/ DIA	12,868	4,033	16,902

Fuente: Superintendencia De Hidrocarburos

CUADRO ANEXO 11
BOLIVIA 2005: COMERCIALIZACIÓN DE DIESEL OIL

MES	IMPORTADO			REFINADO			TOTAL		
	Its	Bbl	BPD	Its	Bbl	BPD	Its	Bbl	BPD
ENERO	23.776.012	149.546	4.824	51.690.640	325.124	10.488	75.466.652	474.670	15.312
FEBRERO	13.744.033	86.447	3.087	53.423.810	336.025	12.001	67.167.843	422.472	15.088
MARZO	18.084.954	113.751	3.669	57.599.230	362.288	11.687	75.684.184	476.039	15.356
ABRIL	24.180.250	152.089	5.070	61.162.050	384.697	12.823	85.342.300	536.786	17.893
MAYO	25.097.510	157.858	5.092	53.357.050	335.605	10.826	78.454.560	493.463	15.918
JUNIO	23.457.170	147.541	4.918	56.870.720	357.705	11.924	80.327.890	505.246	16.842
JULIO	32.334.490	203.377	6.561	59.498.120	374.231	12.072	91.832.610	577.608	18.633
AGOSTO	32.664.000	205.450	6.627	61.675.540	387.927	12.514	94.339.540	593.377	19.141
SEPTIEMBRE	30.147.350	189.621	6.321	62.633.060	393.949	13.132	92.780.410	583.570	19.453
OCTUBRE	41.056.466	258.237	8.330	55.614.424	349.804	11.284	96.670.890	608.041	19.614
NOVIEMBRE	35.034.590	220.361	7.345	60.082.580	377.907	12.597	95.117.170	598.268	19.942
DICIEMBRE	31.342.143	197.136	6.359	57.790.687	363.492	11.726	89.132.830	560.628	18.085
TOTAL/PROMEDIO	330.918.968	2.081.414	5.703	691.397.911	4.348.755	11.914	1.022.316.879	6.430.169	17.617

Fuente: Superintendencia De Hidrocarburos

CUADRO ANEXO 12
NÚMERO ACUMULADO DE VEHÍCULOS CONVERTIDOS A GNV

UBICACIÓN	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006 (*)
EL ALTO	554	602	716	1.293	1.537	1.723	2.088	3.161	3.412
LA PAZ	0	0	0	0	0	0	0	7	17
COCHABAMBA	1.359	1.986	3.216	5.743	9.173	12.742	17.462	26.015	27.433
SANTA CRUZ	2.353	2.511	2.747	2.835	3.187	4.193	6.406	11.917	13.029
SUCRE	98	106	189	215	264	480	596	751	783
ORURO	0	0	31	93	135	160	184	313	323
TARIJA	0	0	0	0	0	0	263	1.003	1.088
TOTAL ACUMULADO	4.364	5.205	6.899	10.179	14.296	19.298	26.999	43.167	46.085

Fuente: Superintendencia de Hidrocarburos

* Hasta febrero de 2006

CUADRO ANEXO 13
VENTAS HISTÓRICAS DE GNV EN M³

CIUDAD	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006 (*)
EL ALTO	3.259.914	3.447.064	4.104.360	7.801.473	10.367.404	9.866.311	11.677.948	13.835.887	2.814.823
LA PAZ								1.509.158	396.198
COCHABAMBA	5.521.948	7.740.757	12.476.608	20.293.920	31.648.328	43.495.459	56.837.231	77.837.363	14.781.947
SANTA CRUZ	6.485.418	6.930.806	5.955.598	7.184.553	9.262.519	13.754.213	20.863.640	36.702.631	7.830.868
SUCRE	339.677	236.07	265.264	525.009	598.294	1.056.373	1.648.668	1.852.077	290.811
ORURO			40.742	308.161	473.144	646.431	848.407	1.117.073	234.359
TARIJA							176.513	969.390	301.373
TOTAL	15.606.957	18.354.697	22.842.572	36.113.116	52.349.689	68.818.787	92.052.407	133.823.579	26.650.379

Fuente: Superintendencia de Hidrocarburos

* Hasta febrero de 2006

CUADRO ANEXO 14
NÚMERO DE ESTACIONES DE SERVICIO DE GNV

CIUDAD	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006 (*)
EL ALTO	1	1	2	3	4	5	6	7	7
LA PAZ	0	0	0	0	0	0	0	1	1
COCHABAMBA	6	6	9	11	18	28	34	35	37
SANTA CRUZ	7	7	7	7	8	10	15	19	22
SUCRE	1	1	1	1	1	1	1	2	2
ORURO	0	0	1	1	1	1	1	1	1
TARIJA	0	0	0	0	0	0	1	1	1
TOTAL	15	15	20	23	32	45	58	66	71

Fuente: Superintendencia de Hidrocarburos

* Hasta febrero de 2006

CUADRO ANEXO 15
NÚMERO DE TALLERES DE CONVERSIÓN A GNV

CIUDAD	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006 (*)
EL ALTO	1	1	2	2	3	3	4	8	12
LA PAZ	0	0	0	0	0	0	0	1	3
COCHABAMBA	3	3	4	8	14	18	20	25	27
SANTA CRUZ	2	4	4	4	7	12	13	19	21
SUCRE	1	1	1	1	1	1	1	2	3
ORURO	0	0	1	1	1	1	1	1	1
TARIJA	0	0	0	0	0	0	3	5	5
TOTAL	7	9	12	16	26	35	42	61	72

Fuente: Superintendencia de Hidrocarburos

* Hasta febrero de 2006

CUADRO ANEXO 16
NORMA BOLIVIANA NB 62002: LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES POR TIPO
DE COMBUSTIBLE

Año de fabricación	HC ppm	Monóxido de carbono CO %		Opacidad %
	Hydrocarburos hasta 1800 msnm	Gasolina	GNC	Diesel hasta 1500 msnm
hasta 1997	600	6	2,5	65
1998-2004	400	2,5	2,5	65
desde 2005	125	0,5	0,5	65

msnm=metros sobre el nivel del mar

Fuente: Gobierno Municipal de Santa Cruz de la Sierra

CUADRO ANEXO 17
FABRICANTES DE VEHÍCULOS Y MOTORES QUE APLICAN LA TECNOLOGÍA
PARA EL USO DEL GAS NATURAL VEHICULAR

Vehículos ligeros	Motores para vehículos pesados
- Ford *	- Caterpillar *
- General Motors *	- Cummins *
- Chrysler *	- Detroit Diesel *
- Volkswagen *	- Hercules *
- Nissan *	- Navistar *
- BMW *	- Tecogen *
- Volvo	- John Deer *
- Renault	- Fiat
- Fiat	- Man
- Honda	- Perkins
	- Mercedes
*Disponibles en México	

Fuente: Congreso de Industrialización del Gas UMRPSFXCH

ANEXO 2

MODELO FINANCIERO DE VALORES ACTUALES NETOS DE LOS TAXIS

TASA DE DESCUENTO	15%
DEPRECIACIÓN ANUAL	20%
RENTA ANUAL DIESEL	0,4368
RENTA ANUAL GNV	0,56
VALOR COMPRA VEHICULO DIESEL	0,6
VALOR COMPRA VEHICULO GNV	1

AÑOS DE USO	VAN					
	0	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
1	0,88	0,94	0,88	0,82	0,76	0,66
2	0,88	1,01	0,90	0,79	0,68	0,66
3	0,88	1,09	0,94	0,79	0,65	0,66
4	0,88	1,17	1,00	0,82	0,64	0,66
5	0,88	1,26	1,06	0,86	0,66	0,66

	0	1	2	3	4	5
Renta neta		0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
Venta vehiculo diesel		0,00				
Compra vehiculo diesel		0				
compra vehiculo Gas	-1					
Valor residual GNV						0
FCN	-1	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
IRR	48%	0,4869565	0,4234405	0,3682091	0,3201818	0,278419
NPV	0,88					

	0	1	2	3	4	5
Renta neta		0,4368	0,56	0,56	0,56	0,56
Venta vehiculo diesel		0,48				
Compra vehiculo diesel	-0,6					
compra vehiculo Gas		-1				
Valor residual GNV						0,2
FCN	-0,6	-0,0832	0,56	0,56	0,56	0,76
IRR	48%	-0,072348	0,4234405	0,3682091	0,3201818	0,3778543
NPV	0,82					

	0	1	2	3	4	5
Renta neta		0,4368	0,4368	0,56	0,56	0,56
Venta vehiculo diesel			0,36			
Compra vehiculo	-0,6					

diesel

compra vehiculo Gas

-1

Valor residual GNV

0,4

FCN

-0,6 0,4368 -0,2032 0,56 0,56 0,96

IRR

50% 0,3798261 -0,153648 0,3682091 0,3201818 0,4772897

NPV

0,79

	0	1	2	3	4	5
--	---	---	---	---	---	---

Renta neta

0,4368 0,4368 0,4368 0,56 0,56

Venta vehiculo diesel

0,24

Compra vehiculo

diesel

-0,6

compra vehiculo Gas

-1

Valor residual GNV

0,6

FCN

-0,6 0,4368 0,4368 -0,3232 0,56 1,16

IRR

55% 0,3798261 0,3302836 -0,212509 0,3201818 0,576725

NPV

0,79

	0	1	2	3	4	5
--	---	---	---	---	---	---

Renta neta

0,4368 0,4368 0,4368 0,4368 0,56

Venta vehiculo diesel

0,12

Compra vehiculo

diesel

-0,6

compra vehiculo Gas

-1

Valor residual GNV

0,8

FCN

-0,6 0,4368 0,4368 0,4368 -0,4432 1,36

IRR

62% 0,3798261 0,3302836 0,2872031 -0,253401 0,6761604

NPV

0,82

	0	1	2	3	4	5
--	---	---	---	---	---	---

Renta neta

0,4368 0,4368 0,4368 0,4368 0,4368

Venta vehiculo diesel

0

Compra vehiculo

diesel

-0,6

compra vehiculo Gas

0

Valor residual GNV

0

FCN

-0,6 0,4368 0,4368 0,4368 0,4368 0,4368

IRR

67% 0,3798261 0,3302836 0,2872031 0,2497418 0,2171668

NPV

0,86

ANEXO 3
RESULTADOS ENCUESTA

1. ¿SABIA USTED QUE PUEDE TRANSFORMAR SU MICRO DE DIESEL A GNV?

SI	20
NO	0
TOTAL	20

2. ¿QUÉ INFORMACIÓN TIENE DE LA TRANSFORMACIÓN?

a) Ahorro en combustible	19
b) Menos contaminante	15
c) Costo de la conversión	7
d) Método y tecnología de transformación	5
e) Otro (problemas en el motor, pierde fuerza)	18
f) Ninguna	1

3. ¿ESTA USTED INTERESADO EN TRANSFORMAR SU MICRO A GNV?

SI	18
NO	2
TOTAL	20

4. ¿QUÉ LE MOTIVARÍA A CONVERTIR SU VEHICULO AHORA?

a) Acceso a financiamiento, facilidad de pago	20
b) Subsidio del Gobierno	17
c) Presión del Gobierno Central o Municipal	16
d) Garantías	18
e) Otro método de conversión	10
f) Ninguna	1

5. ¿TIENE CAPACIDAD DE FINANCIAR LA TRASFORMACIÓN DE SU VEHÍCULO?

SI	6
NO	14
TOTAL	20