

Apoyo a la Estrategia para la Implementación del Paquete de Medidas Compras Públicas Verdes

DOCUMENTO 1

Metodología de Evaluación de Compras Eficientes de Vehículos de las Reparticiones del Estado de Chile Incorporando Criterios Ambientales

> Estudio realizado para la Secretaría y Administración General del Ministerio de Hacienda

> > DICTUC SA División de Medio Ambiente

> > > INFORME FINAL Santiago, 19 de Marzo de 2010



1.	Tipo Informe	2.	Cuerpo del Informe
	Informe Técnico		66 hojas
			(no incluye portada)
3.	Título del Proyecto	4.	Fecha Informe
	APOYO A LA ESTRATEGIA PARA LA		19 de Marzo de 2010
	IMPLEMENTACIÓN DEL PAQUETE DE MEDIDAS		
	COMPRAS PÚBLICAS VERDES		
5.	Autor (es)	6.	Período de Investigación
	Ph.D. Luis A. Cifuentes		08 de Diciembre 2009 al 16 de
	Ing. Marjorie (Mayo) Rodríguez.		Marzo de 2010
	Ing. José Miguel Friz.		
	Ing. Cristóbal De La Maza.		
	Ing. Francisco Herz.		
7.	Nombre y Dirección de la Organización Investigadora	8.	Contraparte Técnica
	DICTUC; Pontificia Universidad Católica de Chile		Nombre: Paz Garcés
	Vicuña Mackenna Nº 4860, Casilla 306 – Correo 22,		Cargo: Coordinadora General
	Macul - Santiago		de Asesores y Servicios
9.	Antecedentes de la Institución Mandante		
	Nombre: Secretaría y Administración General del Ministerio		
	de Hacienda		

Luis Abdón Cifuentes Lira. Jefe División de Medio Ambiente

La información contenida en el presente informe o certificado constituye el resultado de un ensayo, calibración, inspección técnica, estudio o peritaje especificado, acotado únicamente a las piezas, partes, instrumentos, patrones, procesos o antecedentes analizados, lo que en ningún caso permite al solicitante afirmar que sus productos han sido certificados por DICTUC ni reproducir total o parcialmente el logo, nombre o marca registrada de DICTUC, salvo que exista una autorización previa y por escrito de DICTUC.



Contenidos

1.	INTRODUCCIÓN	1
	1.1 EL PROCESO DE ADQUISICIÓN DE VEHÍCULOS POR EL ESTADO	2
	1.2 Antecedentes Internacionales	
	1.2.1 Criterios para la implementación de un programa de compras verdes de vehículos	3
	1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	4
2.	METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE VEHÍCULOS	5
,	2.1 Proceso de Adquisición Actual	5
	2.2 MÉTODO PARA TOMAR LA DECISIÓN	
	2.2.1 Factores a considerar	
	2.2.2 Criterios de Decisión	
	2.2.3 Criterio para seleccionar un vehículo nuevo	8
	2.2.4 Criterio para renovar un vehículo (momento óptimo)	
2	2.3 PROCESO DE ADQUISICIÓN PROPUESTO	10
3.	CÁLCULO DEL VAC DE UN VEHÍCULO	12
_	3.1 Definición de los costos	12
	3.1.1 Costos de Inversión	12
	3.1.2 Costos de operación y mantención	
	3.1.3 Valor residual	
	3.1.4 Externalidades	
	3.2 ESTIMACIÓN DE COSTOS	
	3.2.1 Inversión	
	3.2.2 Operación y mantención	
	3.2.4 Externalidades	
4		
4.	FACTORES NO MONETIZADOS	
	4.1 SEGURIDAD	
	4.2 RECICLABILIDAD	
4	4.3 PRONTA DISPONIBILIDAD DEL VEHÍCULO	21
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	22
6.	REFERENCIAS	24
AN	EXO A. REVISIÓN DE ANTECEDENTES	26
	A.1 Antecedentes Nacionales	26
•	Normativa Vigente	
	A.2 Experiencia Internacional	
	Manual para las Compras Públicas Sustentables en el MERCOSUR	28
	Recomendaciones Compras Verdes de la OCDE	
	Compras Verdes en Países Miembros de la OCDE	
	Compras Verdes de Vehículos en Países Miembros de la OCDE	
AN	EXO B. INFORMACIÓN NECESARIA PARA TOMAR LA DECISIÓN	40
]	B.1 PARÁMETROS ECONÓMICOS	
	B.2 REQUERIMIENTOS DE OPERACIÓN DEL VEHÍCULO	
]	B.3 Información de los vehículos	40
AN	EXO C. ESTIMACIÓN DE EXTERNALIDADES AMBIENTALES	42
	C 1 COSTOS DE ÉMISIONES DE CONTAMINANTES LOCALES	42





Emi	siones Esperadas	42
Dete	siones Esperadaserioroerioro	42
C.2	VALORACIÓN DE EMISIONES DE CONTAMINANTES LOCALES	51
	eficios por Reducción de Concentraciones	
C.3	DAÑO SOCIAL POR EMISIONES VEHICULARES SEGÚN TAMAÑO DE CIUDAD	57
C.4	VALORACIÓN DE EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO	57
ANEXO I	D. TASACIÓN Y PERMISO DE CIRCULACIÓN	60
D.1	DEPRECIACIÓN TASACIÓN DE VEHÍCULOS	60
ANEXO I	E. CÁLCULO DE FACTOR DE ARRIENDO	62
ANEXO I	F. PROPUESTA PARA INCLUIR FACTORES NO MONETIZADOS	63
F.1	DETERMINACIÓN DE IMPORTANCIA RELATIVA ENTRE CATEGORÍAS UTILIZANDO PROCESO AHP	63
ANEXO (G. PIEZAS A CONSIDERAR PARA REPARACIONES CORRECTIVAS	66



Lista de Tablas

Tabla 2-1 Factores a considerar	7
Tabla 6-1 Resumen Requerimientos Compras Verdes de Vehículos en Países de la OCDE	39
Tabla 6-2 Información requerida por modelo	41
Tabla 6-3: Deterioro para vehículos livianos Euro I y Euro II por contaminante y ciclo de	
conducción	44
Tabla 6-4: Deterioro para vehículos livianos Euro III y Euro IV por contaminante y ciclo de conducción	45
Tabla 6-5: Deterioro anual para vehículos livianos gasolineros y Diesel (% por año)	46
Tabla 6-6: Parámetros curva kilómetros recorridos al año en función de la antigüedad del vehículo	
por combustible	
Tabla 6-7: Probabilidad de supervivencia por categoría de vehículo	
Tabla 6-8: Relaciones consideradas entre los contaminantes primarios y secundarios	53
Tabla 6-9: Factores Emisión-Concentración (FEC) para PM2.5 utilizados en el presente estudio	
((ton/año)/(µg/m3))	
Tabla 6-10: Efectos en la salud que han sido relacionados con la contaminación atmosférica	54
Tabla 6-11 Impactos en Salud considerados en el Estudio	55
Tabla 6-12 Daño marginal contaminación del aire para PM2.5 utilizados en el presente estudio	56
Tabla 6-13 Daño marginal por tonelada emitida (UF/ton)	
Tabla 6-14 Permiso de Circulación Vehículos Livianos	
Tabla 6-15 Permiso de Circulación Camiones	60
Tabla 6-16 Permiso de Circulación Tractocamiones	60
Tabla 6-17 Disminución tasación fiscal comparado con la del año anterior para mismo vehículo	
Tabla 6-18 Valor arriendo de vehículos	
Tabla 6-19 – Escala fundamental de importancia	
Tabla 6-20- Matriz de importancia relativa entre las dimensiones	
Tabla 6-21- Ponderadores de importancia relativa	



Lista de Figuras

Figura 2-1 Flujo de Proceso de Compra Actual de Vehículos	6
Figura 6-1: Factor anual de deterioro por vehículo.	
Figura 6-2: Kilometraje recorrido anualmente según antigüedad del vehículo	
Figura 6-3 Kilometraje recorrido anualmente según antigüedad del vehículo. COPERT IV vs caso	
chileno	48
Figura 6-4 Curvas de supervivencia según categoría	50
Figura 6-5 Daño Social modelo evaluado (UF/año)	
Figura 6-6 Fracción de componentes elementales de PM 2.5 (2005)	
Figura 6-7 Fracción de componentes elementales de PM 10 (2005)	
Figura 6-8 Escenarios de proyección precio futuro bonos de Carbono años 2009 – 2030 (Euros)	



Acrónimos y Abreviaturas

AHP: Analytic Hierarchy Process

CCA: Comisión de Cooperación Ambiental

DIPRES: Dirección de Presupuestos, Ministerio de Hacienda, Gobierno de Chile

EPP: Environmentally Preferable Purchasing

EE.UU: Estados Unidos de América

OCDE: Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico

PLANADE: Plan Nacional de Desarrollo de México

PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

UNDESA: United Nations Department of Economic and Social Affairs

USEPA: Agencia de Protección Ambiental

Monedas

CAD: Dólares de Canadá MXN: Pesos de México

USD: Dólares de Estados Unidos

CLP: Pesos de Chile



1. Introducción

Las adquisiciones públicas cubren un amplio sector en donde el tema medioambiental toma bastante importancia, ya sea en la construcción de autopistas, generación de energía, servicios sanitarios o en el uso de vehículos. Estas adquisiciones, debido al volumen requerido por las distintas reparticiones gubernamentales, transforman al estado en un agente muy significativo en la compra de activos. Es por esto que el incorporar criterios ambientales en las compras públicas, implicaría mejorar el medioambiente de manera significativa.

El hecho de que los gobiernos son grandes productores y consumidores de bienes y servicios es uno de los motores centrales de las Compras Públicas Sustentables¹. Proceso por el cual las organizaciones satisfacen sus necesidades de bienes, servicios, etc., generando beneficios no sólo a la organización, sino también a la sociedad, la economía y al medio ambiente. En el caso que las compras se enfoquen a disminuir el daño causado al medio ambiente, reciben el nombre de Compras Públicas Sustentables Verdes o simplemente Compras Verdes.

El considerar aspectos ambientales va acorde a las recomendaciones realizadas por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), organismo internacional el cual propone a los gobiernos, entre otras cosas, una política de mejoramiento ambiental. En términos generales, la OCDE realiza recomendaciones que definan y mejoren el desempeño ambiental de las adquisiciones públicas, desarrollando un marco político para dichas compras, logrando efectividad ambiental de las medidas propuestas y a través de la difusión de la información, entre otros. En términos generales, la OCDE enfatiza algunos puntos, pertinentes al presente proyecto, entre los cuales se encuentran los siguientes:

- "Identificar objetivos y establecer metas y tiempos para optimizar el uso de la energía, el agua y sus materiales en sus operaciones cotidianas"
- "Formular e implementar políticas para que los gobiernos adquieran productos y servicios con calidad ambiental"
- "Aplicar un análisis sistemático y, cuando sea apropiado, procedimientos de valoración económica y de impacto ambiental." (OCDE 1996)

Dentro de este contexto, es importante destacar que la metodología solicitada por la contraparte se enmarcaba dentro de la implementación del paquete de medidas de compras públicas verdes del Estado. De acuerdo a los requerimientos de la contraparte técnica, el consultor debía desarrollar una herramienta que permitiera elegir el modelo de vehículo que

_

¹ Las Compras Públicas Sustentables deben considerar las consecuencias ambientales, sociales y económicas de: diseño; uso de materiales no renovables; métodos fabricación y producción; logística; prestación de servicios; uso; operación; mantenimiento; reutilización; opciones de reciclado; disposición y la capacidad de los proveedores para hacerle frente a estas consecuencias en toda la cadena de suministro. [Definición de "Adquiriendo el Futuro"- el informe del Grupo de Trabajo de Compras Sustentables del Reino Unido, junio 2006]



cumpliera con sus requerimientos operacionales, maximizando el beneficio social, incorporando criterios ambientales en la evaluación de las opciones de compra, lo que, de acuerdo a la revisión bibliográfica de compras sustentables, no corresponde a un modelo de decisión de compras verdes sino más bien a compra eficiente.

El modelo de decisión de compras eficientes desarrollado permite facilitar el proceso de toma de decisiones de compra de vehículos por parte de las reparticiones del estado, ya sea que este se efectúe por primera vez o para renovar un vehículo existente². Este modelo considera que la compra debe ser eficiente, incorporando en la decisión criterios económicos ambientales y de seguridad.

Adicionalmente el modelo fue implementado en una plataforma web (Herramienta Web³) que facilita aún más el proceso de decisión de compra al entregar los resultados de manera rápida y clara al usuario (reparticiones del estado) con respecto a cuál es la mejor opción de compra de vehículos.

1.1 El Proceso de Adquisición de Vehículos por el Estado

En la actualidad la decisión de compra de vehículos surge a partir de la necesidad y requerimientos de los distintos servicios del Estado. Una vez identificado el requerimiento cada servicio evalúa la compra del vehículo que solicita de acuerdo a la metodología desarrollada por MIDEPLAN para la evaluación de proyectos. Esta metodología no considera ningún tipo de criterio ambiental, es decir, los costos ambientales de la compra y operación de los vehículos no están considerados dentro de la evaluación del proyecto.

Con respecto al proceso de decisión es importante destacar que es el servicio quien en primer lugar decide qué tipo de vehículo requiere en base a sus necesidades, requerimientos y características preferibles. Luego envía los antecedentes de la solicitud de compra a DIPRES que es el organismo encargado de analizar los antecedentes entregados y de aprobar o no el presupuesto para su compra, siendo el segundo actor dentro de la decisión de compra. En el caso de DIPRES, la decisión de aceptar o no una compra radica en primer lugar en que el requerimiento sea aceptable y en segundo lugar de que las características del vehículo elegido por el servicio esté acorde a la situación diagnosticada en los antecedentes. Pero no existe un criterio unificado y estandarizado que facilite la elección o bien una manera de evaluar otros vehículos que de acuerdo a DIPRES cumplan con el objetivo de suplir la necesidad detectada por el servicio.

1.2 Antecedentes Internacionales

A diferencia de la situación de Chile, existe en el mundo amplia información con respecto a compras verdes por parte de la administración pública. Los países miembros de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), por lo general países

_

² Vehículo que forma parte de la dotación de un servicio público

³ El detalle de la Herramienta Web se encuentra en el documento 2: "Herramienta Web de Apoyo para el Modelo de Decisión de Compra Eficiente de Vehículos"



desarrollados, poseen varios años implementando políticas y procedimientos para asegurar sustentabilidad en la adquisición de productos y servicios, entre ellos la compra de vehículos.

Con respecto a las compras verdes, específicamente compras verdes de vehículos, las recomendaciones de la OCDE buscan favorecer compras que reduzcan el impacto al medio ambiente en un nivel predefinido, independientemente de los costos de la compra. De esta manera varios países pertenecientes a la OCDE han implementado la compra de adquisiciones incorporando distintos criterios (ecológicos, sociales) que tienen como marco de referencia las recomendaciones realizadas por este organismo.

1.2.1 Criterios para la implementación de un programa de compras verdes de vehículos

En el caso de que el Estado de Chile desee implementar un programa de compras sustentables verdes para vehículos, es necesario en primer lugar establecer un marco legal que permita un buen funcionamiento de las adquisiciones de este tipo. En segundo lugar es importante definir ciertos requerimientos que favorezcan aquellas adquisiciones que reduzcan el impacto al medio ambiente en un nivel predefinido, independientemente de los costos de la compra.

A partir de la revisión de la experiencia internacional, el consultor considera los siguientes requerimientos para la adquisición pública de vehículos en cuanto a materiales que los componen, emisiones, consumo de combustible y normativas. Estos criterios pueden ser implementados por etapas, exigiendo en un inicio aquellos que puedan ser implementados en menor tiempo por parte de los fabricantes y/o proveedores o aquellos que signifiquen menores dificultades para el mercado.

Se considera en esta recomendación los principios fundamentales recomendados por la OCDE en cuanto a compras verdes de vehículos.

1.2.1.1 Criterios para materiales de fabricación

- Pintura y revestimientos libres de plomo, cromo y cadmio
- Entrega de guía de eliminación del vehículo por parte del fabricante
- Separabilidad de residuos peligrosos en desmontaje

Adicionalmente podría considerarse los siguientes puntos si es que se desea fijar requerimientos más estrictos:

- Uso de material reciclado para construcción
- Rotulación para reciclaje de plásticos (norma *DS/EN ISO 11469:2000*)



1.2.1.2 Criterios para emisiones de gases y consumo de combustible

- Cumplimiento de normativa de emisiones vigente (Euro IV para vehículos gasolineros y Euro V para vehículos Diesel Nuevos).
- Para gases como NOx, HC y CO, los vehículos deben estar equipados con un convertidor catalítico

Adicionalmente podría considerarse los siguientes puntos de fijarse requerimientos más estrictos:

Rendimiento superior a un nivel fijado a priori (Como en el caso de EEUU: 7.8 km/L en caso de vehículos con motor diesel y 8.9 km/L en caso de vehículos con motor a gasolina)

1.2.1.3 Criterios para cumplimiento de estándares de producción

- El fabricante y el lugar de mantención deben tener aprobada certificación ISO 14001
- El fabricante debe tener certificación de cumplimiento con convenciones fundamentales de la OIT

1.3 Objetivos del Estudio

El objetivo de esta consultoría es apoyar la toma de decisiones referente a la renovación y la compra de vehículos por parte de las reparticiones del estado de Chile, desarrollando un método que en primer lugar incorpore los costos ambientales de la adquisición y por otra parte permita incorporar mejoras al proceso actual de compra de vehículos, lo que implica un primer paso en la reingeniería del proceso.

Para cumplir con el objetivo propuesto se asumió como condición del problema que existe una demanda por los servicios que presta un determinado vehículo y que la decisión de satisfacer esa demanda ha sido tomada en forma exógena, es decir, no se analizará si se requiere o no la compra del vehículo, sino sólo que modelo de vehículo es el más apropiado para satisfacer los requerimientos de la repartición. (Se supuso que otro ente ha tomado la decisión, debido a que este tipo de decisiones responden a una planificación estratégica de cada servicio del estado de acuerdo a sus necesidades). En el caso de vehículos ya existentes, que proveen el servicio, se supuso que se mantiene esa decisión en el tiempo, es decir, los servicios que presta el vehículo se requieren en el futuro.



2. Metodología de Selección de Vehículos

La siguiente sección documenta la metodología propuesta por el consultor para la selección de vehículos. Este método contempla la metodología de evaluación de las distintas opciones de compra y una primera propuesta de reingeniería del proceso de adquisición de vehículos para incorporar mejoras al proceso actual.

2.1 Proceso de Adquisición Actual

El proceso actual de decisión de compra de un vehículo es una decisión compartida entre las distintas reparticiones del estado y DIPRES. En primer lugar, la decisión surge desde las reparticiones del estado de acuerdo a las necesidades que cada una de ellas tiene. Luego, en una segunda etapa, es DIPRES quien fiscaliza estos requerimientos de compra, a partir de antecedentes que entregan los servicios y aprueba o no el presupuesto para que se realice la compra.

Los servicios al momento de decidir comprar un vehículo deben realizar un diagnóstico de la situación actual e identificar el problema que genera la necesidad de compra. Luego una vez definido el tipo de vehículo que desea en base a especificaciones técnicas que considere relevantes, solicitan cotizaciones y realizan la evaluación del proyecto considerando las alternativas de comprar o arrendar. Para el caso del arriendo, se evalúa de acuerdo a los costos o beneficios de una cotización en particular, generalmente la de costo de inversión menor. Dadas las características del proyecto, la mayoría de las veces se utiliza el enfoque costo-eficiencia calculando el Valor Actual Neto (VAN).

Todos estos antecedentes son enviados a DIPRES quien analiza los antecedentes entregados y resuelve si aprueba o no el presupuesto para su compra. En el caso que DIPRES aprueba los requerimientos, la necesidad, las especificaciones y por tanto la compra del vehículo, asigna monto igual al promedio de los precios de todos los vehículos cotizados.

Finalmente, una vez aprobado el presupuesto, el servicio gestiona la compra a través del portal Chilecompra, ya sea a través del catálogo Marco o Licitación, en el caso que no se encuentren los proveedores en el catálogo.

A continuación se presenta el flujo del proceso de compra actual de vehículos, especificando las actividades de cada uno de los actores en el proceso.



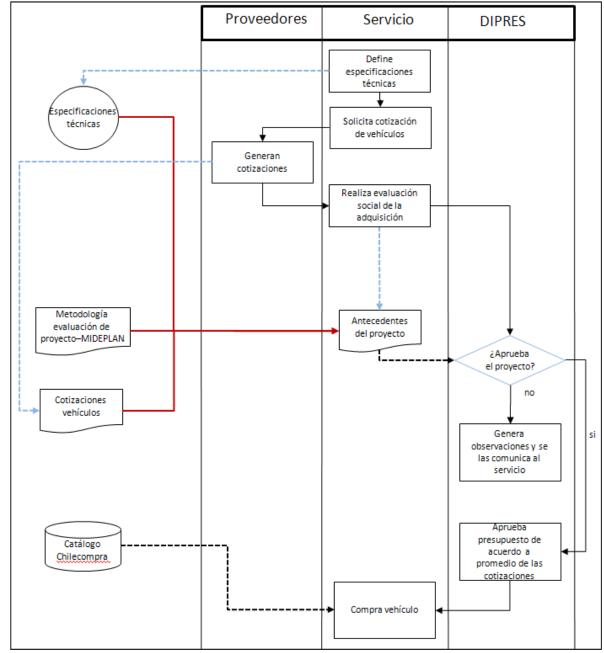


Figura 2-1 Flujo de Proceso de Compra Actual de Vehículos

2.2 Método para tomar la decisión

Al momento de decidir la elección de compra de un vehículo, se debe considerar la evaluación de múltiples factores de modo de obtener la mejor alternativa. De todos los factores, sólo algunos han pueden ser cuantificados y sólo algunos de estos últimos pueden ser monetizados. Una buena decisión puede no restringirse solamente a factores monetizables, por lo que los otros factores también deben ser considerados (Fisher 1991).



2.2.1 Factores a considerar

En la Tabla 2-1 se muestran los distintos factores identificados en el estudio para la compra de un vehículo, además se expresa si fueron cuantificados o monetizados en el contexto de esta consultoría.

Tabla 2-1 Factores a considerar

Categoría	Factor	Identificado	Cuantificable	Monetizable
Costos de	Costo del vehículo	Sí	Sí	Sí
Inversión	Transporte a lugar de destino	Sí	Sí	Sí
Costos de	Combustible	Sí	Sí	Sí
Operación y	Mantenciones preventivas*	Sí	Sí	Sí
Mantención	Reparaciones correctivas *	Sí	Sí	Sí
Mantencion	Permiso de circulación	Sí	Sí	Sí
	Seguro de accidentes	Sí	Sí	Sí
Valor residual	Valor de liquidación de vehículo	Sí	Sí	Sí
Externalidades	Costo Emisiones Locales	Sí	Sí	Sí
	Costo Emisiones Globales	Sí	Sí	Sí
	Seguridad	Sí	Sí	No
Otros	Reciclabilidad	Sí	Sí	No
Ollos	Pronta disponibilidad del vehículo	Sí	Sí	No

^{*} Tanto las mantenciones preventivas como las reparaciones correctivas se subdividen en costos directos, costos de oportunidad- arriendo y servicio post-venta

2.2.2 Criterios de Decisión

Para abordar decisiones que involucren factores no monetizables se debe contar con un enfoque que permita hacer comparables estos elementos. Existen diferentes metodologías para enfrentar problemas de decisión de múltiples factores.

A continuación se detallan dos métodos para abordar este tipo de decisiones.

2.2.2.1 AHP

El "Proceso Analítico Jerárquico" (AHP por sus siglas en inglés) (Saaty 2008) es una metodología diseñada para resolver problemas multi-dimensionales donde algunas de las dimensiones son intangibles (no monetizadas). El proceso las hace comparables generando una escala equivalente para todas las dimensiones e importancias relativas entre ellas, lo que permite entonces jerarquizarlas de acuerdo a su importancia.

La importancia relativa de las distintas dimensiones consideradas, se establece de acuerdo a la importancia que cada uno de los actores relevantes para la decisión establece de acuerdo a sus propias preferencias. De esta manera este enfoque unifica las distintas visiones jerarquizando de acuerdo a esto cada una de las dimensiones significativas.



Esta metodología, así como una propuesta para enfrentar la selección de qué modelo de vehículo es el más apropiado para satisfacer los requerimientos del tomador de decisión a partir de ella se detalla en el Anexo F.

2.2.2.2 VAC y lista de factores no monetizables

El Valor Actual de los Costos (VAC) es una aplicación del enfoque costo-eficiencia, cuyo objetivo es identificar aquella alternativa de solución que presente el mínimo costo, para los mismos beneficios. Este enfoque, se usa en casos en que se reconoce que los beneficios son deseados para la sociedad y son muy similares para todas las alternativas. Los beneficios no son tomados en cuenta para la evaluación, la que se realiza sólo considerando costos. El problema de elección de un vehículo entra dentro de esta categoría, por lo que se puede abordar mediante este enfoque.

El VAC expresa los factores monetizados bajo una función de costos, haciendo comparables dichos factores.

Adicionalmente, se listan aquellos factores que fueron identificados y cuantificados, pero no monetizados, de manera que el tomador de decisión pueda considerar esta información si para él resulta relevante.

Finalmente, de acuerdo a lo solicitado por la contraparte que pidió no mostrar en una misma escala dimensiones monetizables con aquellas que no lo son, la consultora desarrolló una metodología basada en este enfoque. La implementación de este método considera las recomendaciones de Fontaine (Fontaine 2008) con respecto a evaluación social de proyectos.

2.2.3 Criterio para seleccionar un vehículo nuevo

La compra de un determinado vehículo es una decisión de alta relevancia, ya que esta afecta todos los costos sociales que producirá la adquisición durante toda su vida útil. La metodología entrega la valorización de los distintos costos asociados a la compra y operación del vehículo, incluyendo la valorización del impacto medioambiental que significa la compra de acuerdo a lo establecido en la Ecuación 2-1

$$VP(Costos) = CI + CO + VR + E$$

Ecuación 2-1

Donde:

CI= Costos de inversión

CO= Valor presente costos operación y mantención

VR=Valor presente del valor residual del vehículo

E= Valor presente de las externalidades



Hasta este punto, están considerados los factores monetizables. Por otra parte, también se listan los elementos extra de seguridad del vehículo, su porcentaje de reciclabilidad y su pronta disponibilidad.

Finalmente, quién toma la decisión debe considerar el VAC y los elementos no monetizables, en el caso que sea relevante para él. En caso de que, debido a algún factor no monetizable, seleccione una alternativa distinta a la de menor VAC, debe justificar su selección.

2.2.4 Criterio para renovar un vehículo (momento óptimo)

La decisión de renovación de un vehículo se basa en la decisión de mantener el vehículo un año más o reemplazarlo hoy. Esta decisión depende de los siguientes factores:

- a. Valor esperado costos de mantención: valor esperado de los gastos futuros de mantención del vehículo en uso, los que se espera se incrementen a mayor antigüedad o uso del vehículo
- b. Costo de adelanto de compra: Se refiere al costo de efectuar la compra del vehículo nuevo hoy versus un año más.
- c. Pérdida de valor vehículo existente: Se refiere al costo de oportunidad de aplazar la venta del auto en uso de hoy a un año más.

La renovación se debe realizar en el caso que los costos totales de renovar hoy sean menores a los costos de esperar un año más para la compra. Si se decide adelantar la renovación del vehículo en uso hoy los costos involucrados son los siguientes:

$$VP_{VN}(hoy) - VR_{VU}(hoy)$$
 Ecuación 2-2

Donde,

VP_{VN} (hoy): Corresponde al valor presente de los costos del vehículo nuevo hoy (compra y operación)

VR_{VU} (hoy): Corresponde al valor presente del valor residual del vehículo en uso hoy

Si se decide renovar el vehículo en uso en un año más, los costos involucrados son los siguientes:

$$VP_{VN}$$
 (un año más) – VR_{VU} (un año más) + $E(VP_{VU}$ (CM)) Ecuación 2-3

Donde:

 VP_{VN} (un año más): Corresponde al valor presente de los costos del vehículo nuevo en un año más

 VR_{VN} (un año más): Corresponde al valor presente del valor residual del vehículo en uso en un año más

E(VP_{VU}(CM)): Valor presente de los costos de mantenciones futuras esperadas del vehículo en uso



De esta manera, se decidirá renovar hoy el vehículo sólo si los costos de renovar hoy son menores a los costos de renovar en un año más. Lo que, de acuerdo a las ecuaciones Ecuación 2-2y Ecuación 2-3, se cumple si:

$$VP_{VN}(hoy) - VP_{VN}(un \ ano \ más) + VR_{VII}(un \ ano \ más) - VR_{VII}(hoy) < E(VP_{VII}(CM))$$

Ecuación 2-4

Donde,

 $VP_{VN}(hoy) - VP_{VN}(un \ ano \ más) = Costo \ de \ adelantar \ la \ compra \ un \ ano \ VR_{VU}(un \ ano \ más) - VR_{VU}(hoy) = Pérdida \ de \ valor \ del \ vehículo \ en \ uso \ E(VP_{VU}(CM))$: Valor presente de los costos de mantenciones futuras esperadas del vehículo en uso

Por lo tanto el criterio es renovar hoy sólo si la el costo de adelantar la compra un año más la pérdida de valor del vehículo en uso son menores a los costos de mantenciones futuras esperadas del vehículo en uso.

2.3 Proceso de Adquisición Propuesto

El método desarrollado mejora alguna de las dificultades presentes en el proceso actual de adquisición de vehículos, lo que permite una mayor rapidez y control de las compras que se realicen en el gobierno.

En primer lugar la metodología desarrollada apoya el proceso en dos puntos esenciales. El primer punto consiste en el avance del gobierno en la implementación de criterios ambientales en la compra de vehículos. Específicamente la metodología incorpora los costos ambientales de los vehículos en la evaluación de proyectos utilizada por el gobierno de acuerdo a lo establecido por MIDEPLAN. En segundo lugar, el método incorpora un nuevo enfoque para la comparación y elección de los vehículos que consiste en el costo total actualizado de cada opción de compra (VAC). De esta manera es posible elegir el vehículo que genera los menores costos durante todo el período de evaluación y no necesariamente el que tenga un menor precio de mercado (costos inversión).

Esta situación adicionalmente permite que DIPRES asigne el monto del vehículo que considere es la mejor opción (con un rango de holgura) y no un promedio de las distintas cotizaciones recibidas. Con respecto a este punto, también es importante aclarar que la metodología contempla que el tomador de decisión pueda complementar esta información (VAC) con la información de factores no monetizados (características del vehículo) que pueden ser relevantes en su decisión.

En relación al proceso de adquisición, el método desarrollado estandariza la evaluación de compra de vehículos, ya que se utilizarán las mismas variables y método para realizar las evaluaciones, lo que agiliza y facilita la revisión de DIPRES.



Finalmente el consultor propone insertar en el proceso de adquisición una instancia de fiscalización de las compras realizadas, que permita verificar que la compra se ajuste a las condiciones definidas por los servicios. Para esto DIPRES debe comparar la compra a partir de los antecedentes y de la factura de compra que deben ser enviados por el servicio. El consultor propuso un reporte estandarizado que contenga la información necesaria para facilitar este proceso. El formato de reporte propuesto se encuentra en el documento 2: "Herramienta Web de Apoyo para el Modelo de Decisión de Compra Eficiente de Vehículos".



3. Cálculo del VAC de un Vehículo

El Valor Actual de Costos (VAC) permite comparar alternativas con flujos en distintos períodos de tiempo. Este indicador se calcula mediante la siguiente expresión matemática:

$$VAC = \sum_{componentes} VAC_c$$
 Ecuación 3-1

Donde

C_i: Costos incurridos en el período i

n: horizonte de evaluación r: tasa social de descuento

Se introduce la variable VAC_c para distinguir componentes con distinto horizonte de tiempo. Por ejemplo, el costo de combustible se evalúa para un horizonte igual a la vida útil en la institución, mientras que las externalidades se evalúan para toda la vida del vehículo, sin importar el dueño. El cálculo de cada VAC_c se calcula de acuerdo a la Ecuación 3-2.

$$VAC_c = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{C_i}{(1+r)^i}$$
 Ecuación 3-2

Una opción con menor VAC representa menos costos, considerando todo el tiempo de evaluación y sería preferible sobre las otras. (Esto en el caso de que fuera el único criterio de decisión)

3.1 Definición de los costos

Los costos que deben considerarse corresponden a los desembolsos que requeriría la compra y tenencia del vehículo nuevo así como el costo de las externalidades generadas.

3.1.1 Costos de Inversión

Los costos de inversión corresponden a los costos que se incurren en el momento de compra del vehículo. Este costo incluye el costo del vehículo en el punto de despacho que corresponde al precio de mercado del vehículo nuevo y al costo de transporte al lugar en que el servicio lo requiere, en el caso en que la institución incurra en este costo.

3.1.2 Costos de operación y mantención

Los costos de operación incluyen todos los costos en que se incurrirá mientras se opere el vehículo. En general, estos costos son anuales.

Los costos considerados son:



- 1. Combustible
- 2. Mantenciones preventivas
- 3. Reparaciones correctivas
- 4. Permiso de circulación y seguro de accidentes

3.1.2.1 Combustible

El costo anual de combustible se obtiene de acuerdo a la siguiente ecuación:

Costo Combustible

- = Nivel Actividad $[km/a\tilde{n}o] * Porcentaje_i[\%]$
- * Consumo_j [litros/km] * Precio Combustible [\$/litro]

Ecuación 3-3

Donde:

Nivel Actividad [km/año]: Cantidad esperada de distancia recorrida anualmente. Varía según institución y uso del vehículo.

Porcentaje_j[%]: Porcentaje del nivel de actividad que realiza en camino del tipo j (Puede ser urbano, carretera o rural).

Consumo_j [litros/km]: Consumo de combustible en camino del tipo j. Varía según el vehículo, el tipo de recorrido que realiza (urbano o carretera) y el recorrido acumulado, ya que considera el deterioro en el tiempo según el recorrido acumulado del vehículo.

Precio Combustible [\$/litro]: Precio social del combustible.

3.1.2.2 Mantenciones preventivas

Los costos derivados de las mantenciones preventivas se separan en directos, de oportunidad y pueden ser modificados por el servicio post-venta.

Costo directo

Corresponden al costo de las mantenciones preventivas del vehículo expresadas en \$/km.

Para obtener el valor del costo anual, se debe multiplicar por el nivel de actividad.

En caso que el oferente entregue ciertas mantenciones preventivas gratis, estas se tienen que descontar.

Costo de oportunidad (reemplazo)

Cuando a un vehículo se le realiza mantenciones preventivas, el servicio no puede contar con él aquellos días. Para cuantificar este costo, se estimará el valor del arriendo de un vehículo similar durante los días en que se encuentre en mantención.



Para obtener el costo del valor anual, se debe estimar la cantidad de días al año en que está en mantención y el valor del arriendo.

Servicio post-venta.

Se debe considerar si un vehículo cuenta o no con servicio de post venta en la localidad donde opera el servicio, de modo de poder efectuar las mantenciones. En caso de no tener, en cada mantención se debe considerar el costo de transporte hasta el servicio más cercano (ida y vuelta) más el valor de arriendo de los días extra en que no se disponga del vehículo producto del transporte. Por lo tanto, en esos casos, este ítem modifica el costo de mantenciones preventivas.

3.1.2.3 Reparaciones correctivas

Al igual que con la mantención preventiva, los costos derivados de las reparaciones correctivas se separan en directos, de oportunidad y pueden ser modificados por el servicio post-venta.

Costo directo

Corresponde al valor esperado de las reparaciones correctivas del vehículo expresadas en \$/km.

Para obtener el valor del costo anual, se debe multiplicar por el nivel de actividad.

La garantía ofrecida incidirá directamente en las reparaciones correctivas. Para el período o kilometraje que se extienda la garantía, se considerará costo cero asociado a las reparaciones correctivas.

Costo de oportunidad (reemplazo)

Al momento que un vehículo falla, no sólo se incurre en costos de reparación (reparaciones correctivas), sino que también se genera un costo de oportunidad por no contar con el vehículo. Por una parte, involucra la monetización del tiempo perdido del funcionario que usa el vehículo, además de que se debe arriendar un vehículo de reemplazo. El costo de remplazo que corresponde al arriendo de un vehículo de características similares al que falla.

Por simplicidad y dado que es un tiempo relativamente pequeño, no se considera la monetización del tiempo perdido por el funcionario.

Considerando esto, los datos necesarios para obtener el costo de oportunidad y reemplazo anual de un vehículo son los días de falla esperados por año y el costo de arrendar un vehículo.

Servicio post-venta.

Al igual que para las mantenciones preventivas, si es que el oferente no cuenta con un servicio técnico en la localidad del servicio, se tiene que incurrir en un costo de transporte al servicio técnico más cercano por cada evento de falla (ida y vuelta) y se debe considerar



el arriendo extra de un vehículo similar producto de los días en que el vehículo se está transportando al servicio técnico más cercano.

3.1.2.4 Permiso de circulación y Seguro de Accidentes

El costo del permiso de circulación [\$/año] corresponde al valor que todos los vehículos deben cancelar al Estado por el derecho a circular en el País.

El costo del seguro de accidentes corresponde al seguro que los vehículos deben pagar anualmente.

3.1.3 Valor residual

Al final del ciclo de uso que el vehículo será enajenado por la institución. El valor de liquidación corresponde al precio de mercado castigado por el uso que le ha dado el servicio. Este castigo se expresará en un factor que se multiplicará por el precio de compra para obtener el valor de liquidación del vehículo. Este factor dependerá del servicio, tipo de vehículo y kilometraje recorrido.

3.1.4 Externalidades

La operación de vehículos genera externalidades que deben ser cuantificadas y monetizadas de manera de internalizar estos costos. Las externalidades cuantificadas corresponden al daño social generado por las emisiones locales y globales (gases efecto invernadero, GEI) de los vehículos.

Las emisiones de contaminantes locales y de GEI se pueden estimar a través del uso de factores de emisión de los vehículos, y se pueden valorizar de acuerdo al valor de estas emisiones en las circunstancias específicas de operación del vehículo.

3.1.4.1 Costos emisiones locales

El costo de las emisiones locales de los vehículos se obtiene de acuerdo a la siguiente ecuación:

Costo Emisiones Locales
$$= FE [g/km] * Nivel Actividad [km/año] * Daño Social [\$/g]$$

Ecuación 3-4

Donde:

FE [g/km]: Corresponde a los Factores de Emisión de contaminantes locales de los vehículos.



Nivel Actividad [km/año]: Cantidad esperada de distancia recorrida anualmente. Varía según institución y tipo del vehículo.

Daño Social [\$/g]: Corresponde al daño social provocado por los contaminantes locales.

Como estos costos son sociales, se debe calcular el valor presente para todo el ciclo de vida del vehículo, independiente del dueño.

3.1.4.2 Costos emisiones GEI

El costo de los gases efecto invernadero (GEI) se obtiene de acuerdo a la siguiente ecuación:

Costo GEI = Consumo Anual Combustible [litro/año] * FE [g CO2e/litro] * Valor CO2 [\$/g]

Ecuación 3-5

Donde

Consumo Anual Combustible [litro/año]: Se calcula multiplicando el Nivel de Actividad [km/año] (especificado por la institución) por el Consumo [litros/km]

FE [g CO2e/litro]: Corresponden a los Factores de Emisión de GEI del combustible.

Valor CO2 [\$/g]: Corresponde al valor del daño social provocado por el CO2.

Al igual que los costos de las emisiones locales, los costos de emisiones de GEI corresponden a costos sociales por tanto se debe calcular el valor presente para todo el ciclo de vida del vehículo, independiente del dueño.

3.2 Estimación de Costos

En esta sección se muestra el procedimiento utilizado para estimar los costos, los datos requeridos y las fuentes de información.

Los posibles responsables de proveer la información necesaria para el cálculo de los costos son:

- 1. Oferente del vehículo. Entrega la información con su oferta
- 2. La institución demandante. Entrega la información al ingresar el requerimiento del vehículo.
- 3. Otras instituciones del estado. Existen otros organismos responsables de proveer o certificar información (CCCV, MIDEPLAN, etc.).



3.2.1 Inversión

El costo del vehículo en el punto de despacho es especificado por el oferente (precio de mercado del vehículo)

En caso que el oferente no despache el vehículo en la localidad que el servicio requiere, este último debe entregar el costo de transportar el vehículo desde el punto de despacho.

3.2.2 Operación y mantención

3.2.2.1 Combustible

El costo anual de combustible se obtiene de acuerdo a la ecuación Ecuación 3-3 presentada anteriormente.

Los valores requeridos para obtener este valor se obtienen de la siguiente manera:

El nivel de actividad lo especifica la institución al momento de hacer el requerimiento.

El porcentaje del nivel de actividad que realiza en camino del tipo j (Puede ser urbano, carretera o rural) también es especificado por la institución al momento de hacer el requerimiento y se basa en su experiencia de uso de vehículo anterior.

El valor de consumo inicial de combustible (sin deterioro) debe ser especificado por el fabricante, y corroborado por el CCCV. El deterioro se evalúa de acuerdo a la metodología desarrollada por DICTUC (2007) la cual se detalla en el Anexo C.

El precio social del combustible es entregado por MIDEPLAN.

3.2.2.2 Mantenciones preventivas

A continuación se explicitan las fuentes de datos para los cálculos de los costos asociados a las mantenciones preventivas

Costo directo

El oferente explicitará el valor de las mantenciones preventivas para los primeros 100.000 kms. Basado en este dato, se calcula un valor de mantención preventiva por kilómetro recorrido. Este valor promedio se utiliza para toda la vida útil del vehículo en el servicio.

Costo de oportunidad (reemplazo)

La estimación de días al año que el vehículo se encuentra en mantenciones preventivas debe hacerse en base a datos entregados por el oferente, que expliciten la duración esperadas de las distintas mantenciones.

El valor del arriendo diario en función del precio del vehículo se determinó estudiando los valores de distintas empresas de arriendo de vehículos que cuentan con cobertura nacional



y se calculó el promedio entre la relación valor arriendo – precio vehículo. En base a los cálculos profundizados en el Anexo E, se determinó un factor arriendo - precio vehículo de 0,53%.

Servicio post-venta.

Actualmente no se poseen datos para calcular el costo y tiempo del transporte entre localidades, por lo tanto este valor no está considerado dentro de la estimación del costo de las mantenciones preventivas. Una buena aproximación es realizar un estudio de manera de determinar un valor promedio de transporte por kilómetro recorrido.

3.2.2.3 Reparaciones correctivas

Las fuentes de datos para el cálculo de los costos asociados a las mantenciones preventivas se detallan a continuación.

Costo directo

El valor esperado de los costos de reparaciones correctivas del vehículo depende de la antigüedad del vehículo (tiempo) y del modelo y marca (fabricante). Una manera de estimar este valor es a partir de datos históricos de mantenciones que permitan conocer estos costos en función de la antigüedad del vehículo (curva costos v/s antigüedad). Lamentablemente, los servicios del Estado no cuentan con un registro histórico que permita obtener esta estimación. Considerando esta situación y el hecho de que el desarrollo de estudios y metodologías deben ser flexibles de manera que permitan realizar estimaciones que entreguen resultados aproximados, una manera de estimar este valor (en pesos por kilómetro conducido) es en base a una lista de piezas que conforman al vehículo, definidas de acuerdo a un criterio de importancia en el funcionamiento del vehículo y sus vidas útiles (ver Anexo G). De esta manera se estima el costo de cada pieza en pesos por kilómetro recorrido. El costo directo total es la suma de los costos individuales de cada pieza.

Los datos de las piezas deberían ser entregados por el oferente y ser corroborados por el CCCV. Para modelos que no entreguen esta información para alguna pieza, se puede considerar el máximo de la categoría del vehículo para dicha pieza.

En un futuro es necesario realizar estudios acerca de este tema a modo de completar esta información.

Costo de oportunidad (reemplazo)

Al igual que con el valor de reparación correctiva por kilómetro conducido, se consideran datos históricos por marca para determinar la cantidad de días al año en que se espera el vehículo esté fuera de servicio. Es necesario en el futuro generar esta información para estimar este costo.

El valor del arriendo es igual que para el caso de la mantención correctiva.

Servicio post-venta



La estimación del servicio post-venta para reparaciones correctivas es igual que para la mantención preventiva.

3.2.2.4 Permiso de circulación y Seguro de accidentes

El cálculo de los permisos de circulación de los vehículos se obtiene a partir de la información utilizada por el Servicio de Impuestos Internos. Para el detalle de este cálculo referirse al Anexo D.

El seguro de accidentes se obtiene de los precios de mercado y eventualmente debe considerar convenios especiales que las instituciones puedan tener con compañías aseguradoras.

3.2.3 Valor residual

En base a la experiencia, el servicio debe proveer este dato.

Esta información debería formalizase haciendo un estudio que consulte a los distintos servicios del país.

3.2.4 Externalidades

3.2.4.1 Costos emisiones locales

Los costos de las emisiones locales se estiman de acuerdo a la Ecuación 3-4. Los valores que se requieren para obtener este costo se explicita a continuación.

Los factores de emisión de contaminantes dependen del vehículo y son parte de las especificaciones del mismo. Debe ser certificado por la CCCV

El nivel de actividad lo especifica la institución al momento de hacer el requerimiento.

El valor del daño social es estimado por DICTUC, ajustado según ciudad y recorrido urbano/rural. Para detalles sobre el cálculo, ver Anexo C.

3.2.4.2 Costos emisiones GEI

Los costos de las emisiones GEI se obtienen a partir de la Ecuación 3-5. Los datos utilizados para obtener este valor son los siguientes:

El consumo es una especificación técnica del vehículo. Lo entrega el fabricante

Los factores de emisión de GEI de los combustibles son obtenidos en base a los valores definidos por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC 2006)

El cálculo del valor de las toneladas de CO2 es obtenido a partir de la metodología desarrollada por el consultor la cual se detalla en el Anexo C.



4. Factores no monetizados

Como se expresó anteriormente, la elección de un vehículo considera la evaluación de múltiples factores, a modo de obtener la mejor alternativa. Los factores que afectan la decisión del tomador de decisiones no sólo corresponden a factores monetarios, sino también a otro tipo de elementos no monetizados como ciertas características del vehículo, seguridad o incluso en algunos casos, para aquellos con una mayor conciencia ambiental, la reciclabilidad de este.

Los elementos no monetizados que son listados de manera que el tomador de decisión cuente con la mayor información posible corresponden a la seguridad, reciclabilidad y pronta disposición del vehículo.

4.1 Seguridad

Los elementos de seguridad se encuentran identificados, mas no se cuenta con una manera eficiente de cuantificarlos. En vista de esto, los distintos elementos de seguridad se listarán. Los elementos de seguridad que se tomarán en cuenta corresponden a aquellos elementos establecidos como opcionales en el Decreto 26/2000 de Seguridad:

- "Bolsa de aire (air bag) frontal: es un cojín destinado a inflarse en el instante de una colisión, para asegurar la absorción de energía entre el conductor y/o acompañante y las superficies internas del vehículo;
- Sistema antibloqueo de frenos (ABS): es aquél que, bajo ciertas situaciones de frenado, permite que las ruedas no se bloqueen, facilitando al conductor el control del vehículo:
- Carrocería con deformación programada: es aquella que está conformada por elementos constructivos que le permiten absorber energía producto de una colisión, en resguardo de los ocupantes del vehículo;
- Habitáculo indeformable: es aquél cuya solidez de estructura otorga una eficaz protección de los ocupantes en caso de impacto;
- Sistema de protección frente a impacto lateral: es el que, al interior de las puertas, permite absorber energía en caso de colisión en los costados de un vehículo;
- Pretensor para cinturón de seguridad: es aquel sistema que, en caso de colisión, mejora la efectividad del cinturón en resguardo de la seguridad del ocupante; y
- Espejo retrovisor abatible: es aquel que, en caso de golpe, cede en el sentido contrario al de marcha del vehículo."
 (Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones 2000)



4.2 Reciclabilidad

Reciclabilidad corresponde al porcentaje del material o componentes del vehículo que puede reutilizarse al final de su vida útil. El fabricante es quien debe proveer información del porcentaje de reciclabilidad del vehículo. Ahora, la relación entre esta cifra y los beneficios a la sociedad no son directos, ya que reciclar distintos materiales conlleva, como es de esperar, diferentes beneficios. Al igual que el ítem de seguridad, esta cifra va a mostrarse.

4.3 Pronta disponibilidad del vehículo

El proveedor deberá indicar el plazo en el cual el servicio podrá contar con el vehículo a su disposición lo que puede resultar una variable de gran importancia o incluso en algunos casos decisiva en la elección final del vehículo.



5. Conclusiones y Recomendaciones

La implementación de una política de compras sustentables por parte de los estados surge de los compromisos internacionales que distintos países del globo adquirieron en la cumbre mundial sobre desarrollo sustentable realizada en Johannesburgo en el año 2002. Continuando con esta iniciativa, la OCDE dicta "recomendaciones para mejorar el desempeño ambiental de las adquisiciones públicas" a partir de un marco político adecuado que buscan favorecer compras que reduzcan el impacto al medio ambiente o compras verdes. De esta manera, varios países comienzan a implementar políticas y procedimientos para asegurar sustentabilidad en la adquisición de productos y servicios, entre ellos la compra de vehículos.

Dentro del contexto de que Chile, a partir de Diciembre de 2009, forma parte de la OCDE y dada la relevancia que ha adquirido este tema en el contexto mundial, el consultor recomienda que se especifiquen criterios ambientales a nivel gubernamental que afecten a todas las compras de vehículos, coherentes con la experiencia de otros países. De esta manera los criterios que se recomiendan tienen relación con los materiales de fabricación de los vehículos, las emisiones de gases, consumo de combustible y criterios para cumplimiento de estándares de producción.

En el caso de que Chile decida adoptar una política de compras sustentables verdes, el consultor recomienda, de acuerdo a lo aconsejado por la OCDE, desarrollar un marco legal robusto que defina de manera clara los procedimientos aceptables para efectuar las adquisiciones bajo este marco, promoviendo la competencia abierta entre los distintos proveedores. (OCDE 2006).

Adicionalmente las recomendaciones de la OCDE buscan favorecer compras que reduzcan el impacto al medio ambiente en un nivel predefinido, independientemente de los costos de la compra. De acuerdo a los requerimientos de la contraparte técnica, el consultor debía desarrollar una herramienta que le permitiera elegir, a los distintos servicios del Estado, un modelo de vehículo que cumpliera con sus requerimientos maximizando el beneficio social, incorporando criterios ambientales en la evaluación de las opciones de compra, lo que, de acuerdo a la revisión bibliográfica de compras sustentables, no corresponde a un modelo de decisión de compras verdes sino más bien a compra eficiente de vehículos.

Con respecto a la metodología se puede concluir que el modelo de decisión desarrollado es un modelo flexible que incluye en su estructura la posibilidad de tomar en cuenta tanto factores cuantificables como otros que son intangibles, ya que no sólo entrega los costos totales de cada opción de compra sino que además lista todos aquellos factores que pueden ser de relevancia para el tomador de decisión y que no están monetizados y por tanto no están representados en el valor del valor actual de los costos (VAC).

Por otra parte el modelo desarrollado permite internalizar las externalidades generadas por la adquisición de vehículos, al incorporar en el VAC los costos sociales de las emisiones locales y globales, lo que incorpora criterios ambientales a las compras de vehículos del Estado de Chile.



Para el correcto desarrollo del modelo es necesario contar con los datos que el modelo requiere como input (ver Anexo B). El consultor sugiere recolectar la mayor cantidad de información de manera que el modelo entregue mejores resultados. Para esto se recomienda Implementar un sistema de registro que permita almacenar la información reportada en las bitácoras de uso de vehículos de cada servicio de manera centralizada. (Costos de mantenciones correctivas, nivel de actividad por servicio, etc.)

La bitácora actualizada podría definirse como requisito mínimo para la renovación de vehículos o para aumentos de flota y permitiría disponer de valiosa información para mejorar los inputs del modelo (Ej. Tasa y costos de falla del modelo).

Es importante destacar que esta metodología es un avance importante en el criterio de compras de vehículos que puede mejorarse en el futuro. Para ello el consultor recomienda que se desarrollen estudios futuros que permitan por una parte contar con valores de factores relevantes para la estimación de costos (mantenciones correctivas, servicio post venta, etc.), así como para mejorar las estimaciones propuesta y por otra parte que permitan avanzar en la valorización de factores como seguridad, reciclabilidad.

Finalmente, dado el contexto mundial con respecto a los gases efecto invernadero (GEI) se sugiere reevaluar el costo social marginal de emitir gases efecto invernaderos al ambiente, en el caso que el gobierno decida considerar esta externalidad en su criterio de compra.



6. Referencias

Bell, M. L., M. S. O'Neill, et al. (2005). "International expert workshop on the analysis of the economic and public health impacts of air pollution: workshop summary." <u>Environ Health Perspect</u> **110**(11): 1163-1168.

Caserinia, S., M. Giuglianoa, et al. (2008). "Traffic emission scenarios in Lombardy region in 1998–2015." Science of teh total environment(3 8 9): 4 5 3 – 4 6 5.

Cifuentes, L., J. Vega, et al. (1999). <u>Daily mortality by cause and socio-economic status in Santiago, Chile</u>. 3rd Colloquium on Particulate Matter and Human Health, Durham, NC, USA.

DICTUC (2007). Evaluación de Nuevas Medidas de Control de Emisiones para el Sector Transporte en la Región Metropolitana. Santiago.

EPA (1999a). The Benefits and Costs of the Clean Air Act 1990 to 2010, U. S. EPA.

Fisher, A. (1991). "Increasingthe Efficiency and Effectiveness of Environmental Decisions: Benefit-Cost Analysis and Effluent Fees." J Air Waste Manage. Assoc. 41: 4.

Fontaine, E. R. (2008). <u>Evaluación social de proyectos</u>. México, Pearson Educación de México S.A. de C.V.

Haynie, F. H. (1986). Atmospheric acid deposition damage to paints. Environmental research brief: Pages: 11.

Haynie, F. H. and J. W. Spence (1984). Air pollution damage to exterior household paints. J. Air Pollut. Control Assoc.; Vol/Issue: 34:9. United States: Pages: 941-944.

IPCC (2006). "IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories."

Kucera, V. (1994). The UN ECE International Cooperative Programme on Effects on Materials, Including Historic and Cultural Monuments.

Lepeley, F. and L. Cifuentes (1998). Cost effectiveness of early retirement programs of gasoline powered vehicles in Santiago, Chile. <u>World Congress of Environmental and Resource Economists, Venice, Italy.</u>

Melo O, M. L. A. Z. (1997). Estimación de beneficios asociados a la Implementación del Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana. . Santiago, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile: 42.

Ministerio de Hacienda, G. d. C. (2008). Oficio Circular N°1. D. d. Presupuestos.



Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (2000). Decreto 26/2000 Seguridad. Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones.

Murray, D. R., M. A. Atwater, et al. (1985). Assessment of material damage and soiling from air pollution in the South Coast Air Basin. Final report, PB-86-232840/XAB, TRC Environmental Consultants, Inc., East Hartford, CT (USA).

O'Neill, M. S., M. Jerrett, et al. (2003). "Health, wealth, and air pollution: advancing theory and methods." Environ Health Perspect **111**(16): 1861-1870.

OCDE (1996). Recomendación del Consejo para Mejorar el Desempeño Ambiental de los Gobiernos.

OCDE (2006). Metodología para la Evaluación de los Sistemas Nacionales de Adquisiciones Públicas. 4.

Saaty, T. (2008). "Decision making with the analytic hierarchy process." <u>International</u> Journal of Services Sciences **1**(1): 83 - 98.

Samaras, Z., L. Ntziachristosa, et al. (2008). European Database of Vehicle Stock for the Calculation and Forecast of Pollutant and Greenhouse Gases Emissions with TREMOVE and COPERT. Final Report. Thessaloniki: 260.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México, D. G. d. R. M., Inmuebles y Servicios (2006). <u>Programa de Administración Sustentable, Compras Verdes</u>. Mercado de madera certificada en México, Universidad Iberoamericana, México.

Trier, A. and H. Horvath (1993). "A Study of the Aerosol of Santiago de Chile – II. Mass Extinction Coefficients, Visibilities and Ångström Exponents." <u>Atmospheric Environment.</u>

Unidos, G. E. (2007). Executive Order 13423, Strengthening Federal Environmental, Energy, and Transportation Management, Federal Register. **72**, **Nº 17**.



Anexo A. Revisión de Antecedentes

A continuación se presenta el estado del arte de la normativa nacional con respecto a las compras verdes y de las experiencias de países pertenecientes a la OCDE en la implementación de las recomendaciones realizadas por este organismo en relación a este tema.

A.1 Antecedentes Nacionales

Las compras públicas verdes, al ser un tema nuevo en el país, no existe normativa que explicite su accionar, sino que sólo es posible relacionarlas de manera indirecta con algunos documentos vigentes. Por ello, los artículos involucrados se reducen al Oficio Circular N°1 y 36 sobre la adquisición de activos no financiero, además de la metodología de evaluación para la adquisición y renovación de equipos de manera general del SNI.

Normativa Vigente

La Circular N°36 del 14 de Julio del 2007 explicita el mecanismo de adquisición de activos no financieros por parte de empresas públicas. En ella detalla, entre otros, el procedimiento para la compra de vehículos.

Debido a la importancia y/o uso que presenten los vehículos en las distintas instituciones públicas el artículo divide en dos grupos el mecanismo de evaluación.

a. "Instituciones que requieren vehículos para cumplir tareas operativas"

Para el primer caso están se encuentra Carabineros, Investigaciones, Salud, Fuerzas Armadas, Gendarmería, etc.

La renovación del parque vehicular por parte de este tipo de instituciones debe ser evaluada mediante la metodología del Sistema Nacional de Inversiones (SNI), mediante el cual se calcula el momento óptimo para dicha renovación. Además es imperativo realizar el análisis económico de dicha compra. Estos estudios son presentados a la Dirección de Presupuestos (DIPRES) junto con un formulario detallado en la misma circular, el cual describe las características principales de la adquisición.

b. "Instituciones que requieren vehículos para cumplir tareas administrativas"

Los vehículos que sean comprados en instituciones las cuales les darán un uso administrativo, deben seguir pasos diferentes a los anteriormente mencionados.

El vehículo debe ser analizado mediante el siguiente chequeo (Oficio Circular N°36, Ministerio de Hacienda)



- Función que cumple el vehículo
- Número de vehículos que componen la dotación, año de fabricación de cada uno, marca, modelo, kilometraje.
- Estado de cada uno de ellos (bueno, regular o malo)
- Vida útil estimada para cada vehículo
- Número de vehículos dados de baja
- Gasto mensual promedio por vehículo en combustible
- Gasto mensual promedio por vehículo por concepto de mantención preventiva (hoja de vida del vehículo)
- Gasto mensual promedio por vehículo por concepto de mantención correctiva (hoja de vida del vehículo)
- Número de días promedio al año que cada vehículo está fuera de servicio
- Jefaturas con asignación vehicular
- Distribución de la dotación por jefatura
- Justificación de dichas asignaciones

Posterior a este Análisis de Antecedentes, y en caso de aprobar la adquisición de nuevos vehículos, se debe realizar un análisis técnico-económico para determinar la mejor solución entre comprar o arrendar los vehículos requeridos.

Como ya se mencionó, el documento del SNI, "Metodología de Preparación y Evaluación de Proyectos de Reemplazo de Equipos", es utilizada como la herramienta maestra en la evaluación técnica-económica para efectos de la renovación de vehículos.

Dicho documento tiene por fin facilitar la toma de decisión para la compra de equipos (de manera genérica), ya sea por vez primera, como la renovación de los mismos. Intenta determinar el tiempo óptimo para tomar la decisión de compra así como la correcta elección entre las posibilidades que ofrece el mercado.

En términos generales la metodología consiste en un análisis costo-beneficio privado y social a través de un proceso de identificación, cuantificación y valorización de los mismos.

En esta metodología se incorpora la variable ambiental como uno de los aspectos a considerar en la toma de decisión. Si bien se menciona que la mejora en parámetros ambientales equivalen a beneficios del proyecto que deben incorporarse al análisis (o por el contrario, el empeoramiento de los mismos corresponden a costos) no se explicita de manera clara una metodología que permita y facilite dicha valorización de impactos, con su previa identificación y cuantificación, lo cual se transforma en el objetivo fundamental del presente estudio.

Por otra parte, en el punto 6.2 del Oficio Circular N°1 del Ministerio de Hacienda decreta lo siguiente:

"Los Servicios que soliciten financiamiento para alguna de las acciones señaladas en el Oficio Circular N°36 referidas a adquirir activos no financieros, a atender situaciones de emergencia, efectuar estudios propios del giro de la institución y conservación (mantenimiento) de infraestructuras pública, deberán presentar y entregar la información allí



indicada al respectivo Sector Presupuestario de la Dirección de Presupuestos (DIPRES), el que procederá a analizar los antecedentes y proponer respuesta." (Ministerio de Hacienda 2008)

La promulgación de este artículo refleja un esfuerzo para agilizar los trámites para las adquisiciones de los activos señalados en el Oficio Circular N°36, pues el resto debe contar con la aprobación de la solicitud de financiamiento por parte del MIDEPLAN (6.2 del Oficio Circular N°1 del Ministerio de Hacienda), siendo un proceso de mayor tiempo de ejecución.

A.2 Experiencia Internacional

A diferencia de la situación de Chile, existe en el mundo amplia información con respecto a compras verdes por parte de la administración pública. Los países miembros de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), por lo general países desarrollados, poseen varios años implementando políticas y procedimientos para asegurar sustentabilidad en la adquisición de productos y servicios, entre ellos la compra de vehículos. Este mismo organismo recomienda varias medidas para lograr este objetivo.

Por otra parte, México destaca como el único país latinoamericano miembro de la OCDE con destacadas políticas públicas de sustentabilidad. Además, el MERCOSUR recientemente ha promulgado un documento de recomendaciones para adquisición de compras públicas incorporando criterios ambientales.

Todos estos casos son detallados a continuación.

Manual para las Compras Públicas Sustentables en el MERCOSUR

En los últimos años y junto con el creciente interés de la comunidad mundial sobre los temas ambientales, el MERCOSUR ideó un manual en relación con las compras públicas sustentables. En este manual se encuentran experiencias de políticas exitosas de compras públicas, así como también recomendaciones prácticas al respecto.

El documento del 2008 tiene por fin "brindar información y recomendaciones para promover la incorporación de criterios de sustentabilidad en los procesos de compras y contrataciones en el sector público de los estados parte del MERCOSUR y para la elaboración de políticas públicas".

De esta forma, se pueden encontrar recomendaciones para implementar compras públicas sustentables en organismos públicos, las que se muestran a continuación:

1. Liderar con el ejemplo

Para poder instaurar por completo las políticas de compras públicas sustentables, lo ideal es realizar una efectiva comunicación vertical. Para esto, los líderes de más alto rango deberán incorporarlas en su día a día, mostrando el ejemplo a sus equipos de trabajo y estableciendo metas específicas al respecto.



2. Establecer prioridades claras

En toda organización es vital lograr una efectiva comunicación a través de todos los rangos, actualizándola oportunamente cuando corresponda. Asimismo, es importante que se tengan claras las reales prioridades de compra del bien o servicio, ya sea por su naturaleza o por la cantidad a adquirir.

3. Desarrollar capacidades

En el rápido acontecer de la sociedad moderna, la actualización de conocimientos debe ser idealmente instantánea. Por esto, se debe incentivar y entregar facilidades para establecer una constante capacitación a los trabajadores. Más aún, la creación de un equipo especializado en compras púbicas puede estandarizar el proceso y hacerlo más eficiente. Para esto, dicho equipo podrá desarrollar herramientas, realizar constantes investigaciones, establecer criterios de sustentabilidad y brindar apoyo y asesoramiento a compradores de otros organismos.

4. Remover barreras financieras

Muchas veces no se toma en cuenta los beneficios y costos que un bien o servicio pueden aportar en el largo plazo. Al contrario, casi siempre se ve una toma de decisiones pensando a corto plazo, no más allá de un gobierno. Esto lleva a tomar decisiones lejos de la óptima. Para poder lograr una compra eficiente, se deben tomar en cuenta los costos de capital más los costos operacionales, a lo largo de toda la vida útil de la adquisición. Esto mismo se debe hacer con los beneficios que entregue el bien o servicio.

5. Captar oportunidades

Para poder avanzar en el desarrollo del país, es necesario encontrar nuevas respuestas más eficientes e innovadoras a las necesidades de hoy. Por ello, se debe instaurar incentivos para estimular la creatividad en los productores, así como para que se vinculen con el sector público, logrando compras más sustentables. Del mismo modo, se sugiere establecer relaciones a largo plazo con los proveedores, lo que facilitará el proceso de negociación y podrá desarrollar herramientas para alinear las necesidades de cada una de las partes involucradas.

Recomendaciones Compras Verdes de la OCDE

El área medioambiental de la OCDE realiza variadas sugerencias a los países miembros con el fin de mejorar su accionar político mediante la incorporación de la sustentabilidad en sus políticas públicas. Las compras públicas verdes cumplen un rol importante dentro de este objetivo dado el nivel de adquisición de los gobiernos, el cual se transforma en un agente muy significativo en la compra de activos debido al volumen de activos requerido para sus diferentes departamentos que componen su red de organización.



El documento difundido por la OCDE es dividido en varias secciones, siendo las más pertinentes a este estudio las que se refieren a las "Recomendaciones del Consejo para mejorar el desempeño ambiental de los Gobiernos" y las "Recomendaciones del Consejo para mejorar el desempeño ambiental de las adquisiciones públicas", esta últimas, con medidas puntuales para establecer y cumplir con los puntos que se mencionan en las primeras recomendaciones.

a. Recomendación del Consejo para mejorar el desempeño ambiental de los Gobiernos.

Los países pertenecientes a la OCDE deben incorporar consideraciones ambientales tanto en sus operaciones como en la toma de decisiones. Para ello se recomienda políticas de uso eficiente de recursos, tales como energía, agua mediante medidas de reducción, reúso y reciclaje.

El presente proyecto de compra de vehículos verdes va acorde a lo que plantea estas recomendaciones en relación a "formular e implementar políticas para que los gobiernos adquieran productos y servicios con calidad ambiental y aplicar sólidos principios de gestión, particularmente enfoques de Sistemas de Manejo Ambiental, en cada etapa del desarrollo y operación de instalaciones de gobierno u operadas por él". (OCDE 1996)

Se recomienda crear mecanismos en las mismas redes del gobierno que permita agilizar y coordinar de buena manera la componente ambiental en las políticas. Esto contempla desde mejorar los análisis técnicos de toma de decisiones por organismos del estado, a incentivar y promover una educación ambiental con el fin de generar conciencia a través de capacitación de profesionales del sector público.

Se sugiere por último la generación de proyectos pilotos que vayan más allá del sector público e incorporen de esta manera al sector privado para lograr una cohesión estrecha entre los agentes de la sociedad.

b. Recomendaciones del Consejo para mejorar el desempeño ambiental de las adquisiciones públicas.

En este apartado, el Consejo refuerza la idea que las consideraciones ambientales posean más peso en la toma de decisiones de la adquisición pública de bienes y servicios. Se incluyen todo tipo de bienes en ello: de consumo, de capital, infraestructuras, inmuebles, obras públicas, entre otros.

El Estado como gran consumidor debe incentivar a empresas que posean características de sustentabilidad y cuidado en el medio ambiente en sus procesos productivos, aprovechando que los gobiernos poseen un gran poder de compra y son capaces de modificar una parte del mercado optando por productos de cierta categoría por sobre otros. Esta política a la vez que promueve las empresas con "características verdes", incentiva a otras a que las incorporen tanto en sus futuros bienes y servicios, como en los sistemas productivos.

El objetivo último es "ecológica" los mercados a través de medidas concretas, las cuales deben ser compatibles con el resto de los mecanismos de libre competencia y transparencia que rigen en las compras públicas. Entre las medidas recomendadas se destacan las siguientes:



- i. Proveer un marco político adecuado
- ii. Medida económicas (financieras, contables) para incorporar los costos ambientales en los productos y servicios que requiere el Estado
- iii. Proveer información a los agentes y personas encargados de la adquisición de productos y servicios, sobre todo los que definen criterios de desempeño de los mismos, destacando las ventajas que involucran las políticas sustentables.
- iv. Establecer indicadores con el fin de medir y monitorear evolución en la incorporación de políticas sustentables, así como procedimientos para discernir entre productos y servicios que van acorde con las políticas instauradas.
- v. Asegurar la eficacia ambiental y la eficiencia económica a través de análisis técnico-económico de las adquisiciones públicas verdes, es decir, realizar una evaluación para toda la vida útil del activo, y en el caso particular del presente proyecto, del vehículo a comprar.

Compras Verdes en Países Miembros de la OCDE

Actualmente son 30 los países miembros de la OCDE, la mayoría de ellos pertenecientes a Europa. Para el caso de América Latina, sólo México pertenece a esta organización y recientemente Chile quien inició el proceso de negociación con la OCDE en el año 2007, proceso que se inició además para otros cuatro países: (Estonia, Israel, Rusia y Eslovenia).

6.1.1.1 México

El año 2007 México inicia un Plan Nacional de Desarrollo para los años 2007 - 2012 (PLANADE) cuyo cuarto eje, de los cinco que tiene el plan, es la sustentabilidad ambiental. En este contexto, el país crea el Programa de Administración Sustentable (PAS) que tiene como objetivo "promover y fomentar el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, así como detener y revertir el deterioro del medio ambiente, por medio de acciones y medidas al interior de la Institución que propicien una conducta ambiental respetuosa por parte de todos los que la conformamos". (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México 2006). Los temas que aborda el PAS son la energía, agua, residuos, papel, optimización de espacios y consumo responsable de materiales de oficina.

La implementación de este programa tiene como marco legal una serie de leyes, acuerdos y decretos que se describen a continuación:

Acuerdo presidencial que establece el programa de Austeridad presupuestaria en la administración pública federal para el ejercicio fiscal 1999 – 2008.

Este acuerdo en sus artículos quinto y décimo segundo establece la compactación de los horarios de trabajo de los funcionarios públicos, bajo observancia obligatoria y el establecimiento de programas que incrementen la utilización de equipos informáticos y sistemas de comunicación electrónica para el envío de documentos de las instituciones de gobierno con el objetivo de disminuir el consumo de papeles, artículos de oficina y servicios de mensajerías.



Leyes Ambientales que promueven la optimización de los recursos materiales y la formulación y evaluación de sistemas de manejo ambiental en las dependencias y entidades del Gobierno: Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (2003) y Ley General Para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (2003).

Por otra parte, la Ley de Aguas Nacionales (2004), en sus artículos 47 y 84 promueve entre los distintos sectores del País (público, privado y social) el uso eficiente y mejoramiento en la administración del agua, incluyendo el reúso y restauración de las aguas residuales. Adicionalmente, a través del artículo 84, se exige la difusión y fomento de la cultura del agua, "la conservación conjuntamente con el uso racional de los recursos naturales, así como la protección de ecosistemas vitales y del medio ambiente" (Ley de Aguas Nacionales 2004)

Decreto Presidencial por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público. (2007)

Este decreto instaura en primer lugar el criterio de sustentabilidad en todas las políticas, bases y lineamiento con respecto a las adquisiciones, arrendamiento y servicios del gobierno con el fin de optimizar y utilizar de manera sustentable los recursos así como de disminuir los costos financieros y ambientales. (Artículo 22)

En el artículo 27 del decreto se establecen los criterios para las adquisiciones, arrendamientos y servicios que el Estado contrata o adquiere, los cuales incluyen:

- Las adquisiciones se adjudicarán por regla general mediante convocatoria pública. Se elegirá aquella que asegure al Estado las mejores "condiciones disponibles en cuanto a precio, calidad, financiamiento, oportunidad, eficiencia energética, uso responsable del agua, optimización y uso sustentable de los recursos" (Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público 2007)
- Para las adquisiciones de madera, muebles y suministros de oficina de este material, el gobierno requerirá certificados que garanticen el manejo sustentable de los bosques donde proviene la madera utilizada en las adquisiciones. Los certificados deben ser entregados por organismos que se encuentren registrados en la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Con respecto a las adquisiciones de papel para el uso de oficina, el gobierno estableció que el papel que se utilizará deberá cumplir con un mínimo de 50% de fibras de material reciclado y blanqueado libre de cloro.

Adicionalmente el PAS tiene como marco de referencia los programas que han desarrollado la Organización de las Naciones Unidas, la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte y la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE).



Bajo este marco normativo y de referencia y bajo el contexto del programa de administración sustentable, el gobierno de México ha llevado a cabo una serie de acciones con respecto a las compras públicas sustentables, entre ellas destacan la creación en el año 2008 de la Red Mexicana de Compras Verdes con el apoyo de la Iniciativa de Compras Verdes del Norte de la Comisión de Cooperación Ambiental (CCA). Esta red está integrada por la Comisión por la Cooperación Ambiental, universidades reconocidas de México, organizaciones no gubernamentales y una empresa de productos de oficina sustentables.

Por otra parte, la red tiene como objetivo la creación de las primeras guías de compras verdes para categorías de productos comercializados en México y la implementación de compras verdes en las Universidades. Es por esto que ha iniciado, en conjunto con la Comisión de Cooperación Ambiental de América del Norte y otras redes, talleres sobre compras verdes con estudiantes y personal de Universidades del país.

El programa de administración sustentable (PAS) promueve la sustentabilidad en la adquisición, utilización y uso de los recursos de todos los organismos y administraciones públicas de México. Es así como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) ha ejecutado acciones concretas en el marco de este programa. Específicamente en el tema de compras públicas sustentables, el 34% de los artículos de papelería adquiridos por SEMARNAT presentan algún criterio ecológico, el 100% del papel que se adquiere para impresión y fotocopiado cumple con el requerimiento de porcentaje de reciclado (ver punto 0) y todos los productos se compran a granel para evitar el uso excesivo de embalaje. Además el organismo ya adquirió por licitación pública internacional 12 vehículos híbridos con el fin de incrementar la eficiencia del sistema energético, disminuir el consumo de combustible y reducir las emisiones de contaminantes.

Además el organismo ha desarrollado distintas actividades en el tema de sustentabilidad y adquisiciones públicas sustentables: el proyecto Cadenas Productivas Verdes, auspiciado por la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (CAA) y en el cual participa GEMI, organización empresarial enfocada a la búsqueda de la excelencia ambiental y el seminario de Negocios Sustentables desarrollado en el año 2008.

Con respecto a los funcionarios, SEMARNAT va a desarrollar, en el corto plazo, un proyecto para el desarrollo de capacidades en materia de adquisiciones públicas sustentables en el marco de la Marrakech Task Force de compras públicas sustentables.

6.1.1.2 Estados Unidos

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) desarrolla en el año 1993 el programa Environmentally Preferable Purchasing (EPP) con el objetivo de ayudar a las agencias, a través del gobierno federal, a cumplir con los criterios establecidos para las compras verdes, utilizando así el enorme poder de compra que tiene el gobierno para estimular la demanda de productos y servicios verdes. El gasto anual estimado del gobierno federal asciende a \$350 mil millones en bienes y servicios, convirtiéndose en uno de los mayores consumidores del mundo y el mayor consumidor de bienes y servicios dentro del país.



Para Estados Unidos las compras públicas sustentables ("Environmentally Preferable") corresponde a las adquisiciones de "productos o servicios que tienen un menor efecto o reducido sobre la salud humana y el medio ambiente en comparación con los productos de la competencia o servicios que sirven el mismo propósito," de acuerdo a la Orden Ejecutiva 13423, (Unidos 2007). Este criterio es aplicado a las materias primas, la fabricación, envasado, distribución, uso, reutilización, operación, mantenimiento y eliminación.

Para realizar una compra, las agencias federales deben tomar en cuenta los requerimientos de productos y servicios, los costos y beneficios de los productos verdes o servicios y los requisitos legales de las adquisiciones en las que se precisa que las compras deben de realizarse tomando en cuenta el impacto al medio ambiente. Es así como el programa creó un sitio web que permita a los compradores de las agencias de gobierno a realizar una compra de manera más fácil ayudando a los compradores a:

- Identificar los requerimientos federales
- Buscar y evaluar información acerca de productos y servicios verdes
- Calcular los costos y beneficios de sus opciones de compra
- Gestionar sus procesos de compra verde.

Por otra parte la EPA designa los productos que son o pueden ser hechos con materiales de recuperación y recomienda prácticas para comprar estos productos. Esta designación es realizada a través del programa Comprehensive Procurement Guideline (CPG) y una vez realizada, obliga a las agencias federales a adquirirlos con el mayor porcentaje de contenido de material recuperado posible. Por ejemplo para el caso de la adquisición de papeles, la normativa vigente exige que estas deben cumplir con un requisito mínimo de un 30% de fibras de material reciclado para impresión, documentos de oficina o servicios de apoyo que incluyan el suministro de documentos escritos. En el caso que no este requerimiento no esté disponible o su costo o requerimiento no es razonable, el requerimiento disminuye a un 20% de fibras recicladas.

La EPA ha desarrollado cinco principios para orientar las adquisiciones ambientalmente sustentables o compras verdes que se detallan a continuación:

Principio 1: Medio Ambiente + Precio + Rendimiento = Compras ecológicamente preferibles ("Environmentally Preferable Purchasing")

Este principio apunta a que las consideraciones ambientales deben formar parte de la práctica normal de compras, en conjunto con las consideraciones tradicionales de compra tales como la seguridad del producto, precio, rendimiento y disponibilidad.

Principio 2: Prevención de la Contaminación

Las consideraciones con respecto al medio ambiente se debe considerar al inicio del proceso de adquisición y deben estar fundamentadas en la prevención de la contaminación, es decir, en la eliminación o reducción de los posibles riesgos para la salud humana y el medio ambiente.



Principio 3: Perspectiva del ciclo de vida / Múltiple atributos

Un producto o servicio verde es función de múltiples atributos desde una perspectiva de ciclo de vida.

Principio 4: Comparación de los efectos ambientales

El determinar la preferencia ambiental podría implicar la comparación de los impactos ambientales de los productos o servicios. Para comparar los impactos ambientales, las agencias federales deben considerar la reversibilidad y la escala geográfica de los impactos ambientales, el grado de diferencia entre los productos o servicios de la competencia y la importancia de proteger la salud de las personas.

Principio 5: Información de desempeño ambiental

Es necesaria una información completa, precisa y significativa sobre el desempeño ambiental de los productos y servicios para determinar la preferencia ambiental.

Compras Verdes de Vehículos en Países Miembros de la OCDE

Con respecto a las compras verdes, específicamente en compras verdes de vehículos, varios países pertenecientes a la OCDE han implementado la compra de estas adquisiciones incorporando requerimientos o criterios que tienen como marco de referencia las recomendaciones realizadas por este organismo. A continuación se detalla la experiencia en la compra de vehículos de Bélgica, Dinamarca y Estados Unidos.

6.1.1.3 Bélgica

Bélgica, como país perteneciente a la Comunidad Europea, se ha unido a la política GPP (Green Public Procurement), que pretende instalar criterios ecológicos en políticas públicas de compra y manejo de servicios. Este país ha definido una guía para la compra sustentable de diferentes productos, dentro de los cuales se enlistan requerimientos específicos para el caso de vehículos.

Se utilizan dos criterios para la compra de vehículos a nivel estatal: ecológicos y sociales.

Criterios ecológicos

Dentro de lo criterios ecológicos se enlistan los siguientes requerimientos:

- Vehículos que respondan a la norma EURO 4 que utilicen gas natural como combustible o que tengan motor hibrido.
- Si este tipo de vehículos no está disponible en el mercado, elegir un vehículo diesel o a gasolina que responda a la norma EURO 4.



Para el consumo de combustible se definen consumos promedio límites en vehículos diesel y a gasolina.

- Consumo de vehículo motor diesel: inferior o igual a 6 L/100km.
- Consumo de vehículo motor gasolina: inferior o igual a 7,4 L/100km.

Con respecto a las emisiones de CO2 y otros contaminantes, los vehículos deben a lo menos pertenecer a las categorías de emisión de CO2 A, B o C, que corresponden a emisiones iguales o inferiores a 160 g CO2/100 km (motor a gasolina) e inferiores o iguales a 145g CO2/100 km (en el caso de vehículos diesel). Para la emisión de gases como NO2, NOx, HC y CO, los vehículos deben estar equipados con un convertidor catalítico.

Además de los elementos ya citados se incluyen criterios sobre los materiales del automóvil.

- La pintura e impresiones del automóvil deben haber sido realizadas con revestimientos exentos de plomo, cromo VI o cadmio.
- Las piezas de plástico debe estar rotuladas en vía de su reciclaje.
- Para el momento de desmontaje del vehículo los materiales incompatibles y peligrosos deben poder ser separados.

Criterios sociales

Los criterios sociales corresponden a la normativa belga de cumplimiento de las convenciones fundamentales de la OIT. Así, el fabricante del automóvil deberá presentar una acreditación que confirme el cumplimiento de esta normativa. El fabricante también debe permitir al comprador poder consultar sus registros referentes a sus diferentes contratistas, filiales y subcontratistas relacionados al producto comprado.

6.1.1.4 Estados Unidos

De acuerdo a la política adoptada por Estados Unidos, las consideraciones ambientales deben formar parte de la práctica normal de compras, en conjunto con los factores tradicionales tales como la seguridad del producto, precio, rendimiento y disponibilidad.

Específicamente para la compra de automóviles, la EPA define los siguientes atributos ambientales que se deben buscar al momento de la adquisición:

- Combustible alternativo
- Combustible limpio
- Eficiente en consumo de combustible
- Bajas emisiones
- Hibrido-eléctrico
- Libre o bajo en materiales peligrosos
- Uso preferente de material reciclado para su construcción

EPA también dispone de una guía de autos ecológicos (Green Vehicle Guide) en un sitio web que entrega, según ano de fabricación, marca y modelo, un ranking para algunos de los



atributos antes citados⁴. Entre 0 y 10, señala indicadores de contaminación atmosférica, economía de combustible y gases GEI. Para la adquisición federal de vehículos se exige como mínimo que el indicador GEI sea 6.

6.1.1.5 Dinamarca

La Agencia de Protección Ambiental de Dinamarca entrega una guía para adquisiciones públicas que, a diferencia de Bélgica y Estados Unidos no da criterios definidos en torno a la compra de vehículos, sino que entrega información que se debe manejar al momento de hacer la compra.

Los puntos sobre los que esta agencia aconseja profundizar son los siguientes:

- Consumo de combustible urbano y carretera
- Cumplimiento de normas de emisión de la Unión Europea
- Neumáticos con reducción de resistencia (fricción) que influyen en la energía consumida, ruido y emisión de sustancias al aire
- Neumáticos libres de aceites aromáticos policíclicos que emiten sustancias nocivas en el aire
- Certificación EURO, preferentemente con motor diesel con filtro de partículas y catalizador
- Pintura del automóvil no debe contener disolventes orgánicos (perjudiciales para salud humana y medio ambiente)
- Pintura del automóvil no debe contener metales pesados como cromo, plomo y cadmio
- Las piezas de plástico deben ser marcados de conformidad con la norma DS / EN ISO 11469:2000 y DS / EN ISO 1043-1 a -4
- El fabricante debe disponer de una guía para la eliminación del vehículo, así como información sobre los principales componentes reciclados
- Comprobar que los revestimientos estén libres de ftalatos (compuestos químicos que flexibilizan el PVC), que pueden reducir la fertilidad en seres humanos y animales
- Comprobar certificación de gestión medioambiental ISO 14001 o EMAS del fabricante

La revisión y análisis de los antecedentes internacionales muestra que las compras sustentables han adquirido una importante relevancia a nivel mundial, así lo demuestra las iniciativas internacionales que se han llevado a cabo en torno a este tema como el Proceso de Marrakech, apoyado por UNDESA y PNUMA, los esfuerzos de organizaciones por promover recomendaciones y criterios para la implementación de una política de compras sustentables en los distintos Países, como es el caso de la OCDE y la implementación de criterios de sustentabilidad en la adquisición de productos y servicios por parte de los estados de distintas partes del globo, que incluye los tres pilares del desarrollo sustentable: el ámbito social, ambiental y económico.

⁴ http://www.epa.gov/greenvehicles/Index.do



Con respecto a las compras verdes de vehículos, de acuerdo a los antecedentes analizados, se puede concluir que los países han avanzado en incorporar criterios de sustentabilidad y medioambientales a la compra de este tipo de adquisiciones, pero aún no han avanzado en determinar una metodología clara que pondere o valorice los distintos costos involucrados. En el caso de Estados Unidos la EPA establece requerimientos específicos mínimos para la compra de vehículos de acuerdo a los atributos establecidos en su política de compras verdes. Estos requerimientos están enfocados principalmente al ámbito ambiental, poniendo principal énfasis en la eficiencia del consumo de combustible y la emisión de CO2. De esta manera, para realizar la compra, las instituciones gubernamentales deben realizar una evaluación del ciclo de vida del vehículo, "Life Cycle Assesment", en el que se examine de manera exhaustiva los aspectos económicos, medioambientales y los potenciales impactos de la adquisición a lo largo de su vida incluyendo la fabricación, uso y eliminación. Es decir, por una parte deben cumplir con los requerimientos exigidos por la política de compra del Estado y por otro deben realizar un análisis de los costos y beneficios de las distintas opciones de compra.

A continuación se resume los requerimientos establecidos por tres países pertenecientes a la OCDE con respecto a las compras verdes de vehículos.



Tabla 6-1 Resumen Requerimientos Compras Verdes de Vehículos en Países de la OCDE

País	Criterio	Requerimientos
	Combustibles	Rendimiento superior a 16,6km/L en motor diesel
	Comboshbics	Rendimiento superior a 13,5km/L en motor a gasolina
	Normativas	Vehículos EURO 4
	Normanyas	Cumplimiento de normativa OIT
Bélgica		Menor a 160g/100km en motor a gasolina
Doigita	Emisiones	Menor a 145g/100km en motor diesel
		Equipado con convertidor
		Pintura y revestimientos libres de plomo, cromo y cadmio
	Materiales	Rotulación para reciclaje de plásticos
		Separabilidad de residuos peligrosos en desmontaje
	Normativas	Vehículos con norma EURO
	rtormanyas	Fabricante: ISO 14001 o EMAS
	Emisiones	Cumplimiento de normativa europea
		Neumáticos libres de aceites aromáticos policíclicos
Dinamarca		Neumáticos con reducción de fricción
2		Pintura y revestimientos libres de plomo, cromo y cadmio
	Materiales	DS/EN ISO 11469:2000 de plásticos
		Pintura libre de disolventes orgánicos
		Fabricante: guía de eliminación del vehículo
		Revestimientos libres de ftalatos
	Combustible	Rendimiento superior a 8.9km/L en motor diesel
		Rendimiento superior a 7.8km/L en motor a gasolina
EEUU	Normativas	Vehículos LEV II o superior
	Emisiones	Emisión menor a 306,5g/km CO2e
	Materiales	Uso de material reciclado para construcción



Anexo B. Información Necesaria para Tomar la Decisión

El modelo desarrollado requiere el valor de las variables relevantes necesarias para el cálculo de los flujos de costos de los de vehículos. La información requerida se puede separar en cuatro grupos: parámetros económicos, daño social por emisiones vehiculares, requerimientos de operación del vehículo e información básica de los modelos evaluados.

B.1 Parámetros económicos

Dentro de las variables básicas requeridas por este grupo podemos listar las siguientes:

- Precio social de los combustibles (\$/lt)
- Tasa de descuento social (%): Definida por MIDEPLAN cada año

Los valores de ambas variables son definidos por MIDEPLAN al inicio de cada año.

B.2 Requerimientos de operación del vehículo

A su vez, se requiere información del nivel de actividad con que será utilizado en el servicio el vehículo que se desea adquirir. Esta información es vital para el cálculo de consumo de combustible del vehículo y para la estimación de las emisiones totales. La información mínima requerida será la siguiente:

- 1. Nivel de Actividad anual (km/ año)
- 2. Porcentaje de Nivel de Actividad anual recorrido en localidades urbana y carretera
- 3. Año esperado de uso del vehículo que se desea comprar (Años)

B.3 Información de los vehículos

Adicionalmente, se requiere la siguiente información de costos de los distintos modelos de vehículos considerados:



Tabla 6-2 Información requerida por modelo

		1 1	
Tipo	Costo	Descripción	Unidad
Directos	Inversión	Valor vehículo	\$
	Mantención preventiva	Mantenciones preventivas periódicas	\$/km
	Mantención correctiva	Estimación de costos de reparación por km	\$/km
	Tasa Seguro	Tasa de seguro total	% Valor Vehículo
	Depreciación anual	Cuanto valor pierde el vehículo al año	%
	Consumo urbano	Consumo de combustible en ciudad	I/100km
	Consumo carretera	Consumo de combustible en carretera	I/100km
	Frecuencia esperada de falla	Días por año vehículo no puede operar	Días/Año
Indirectos	Emisiones Contaminantes	Factor de Emisiones de	gr CO/km
		contaminantes	gr NO2/km
			gr PM/km



Anexo C. Estimación de Externalidades Ambientales

Se documenta a continuación, el método sugerido para calcular el beneficio unitario por reducciones marginales de emisiones de contaminantes locales y globales (GEI)

C.1 Costos de Emisiones de Contaminantes Locales

Un elemento fundamental en la decisión consiste en internalizar los costos ambientales de las distintas opciones de compra. Para esto se requiere en primer lugar, estimar las emisiones anuales del vehículo para cada uno de los contaminantes evaluados.

Emisiones Esperadas

Las emisiones esperadas de un vehículo se estiman en función de la proyección de sus emisiones unitarias (factor de emisión en gramos por kilómetro aportado por CCCV), su recorrido anual esperado (nivel de actividad en km/año) y de su probabilidad de supervivencia (%). Esto se expresa por la siguiente fórmula:

$$\text{E(Eij)} = \sum_{t=to}^{\infty} \text{FE}_{ij}(\text{edad}) \cdot \text{Distancia}_{i}(\text{edad}) \cdot \text{P(circular en t/circula en to)}$$

$$\text{Ecuación 6-1}$$

Donde,

FEij = Factor de emisión del vehículo evaluado, dependiendo de la edad del vehículo, del tipo de actividad i y del combustible j (gasolinero o diesel).

Distancia (antigüedad) = Distancia recorrida anualmente por el vehículo, dependiente de su antigüedad

 $P(circular\ en\ t/circular\ en\ t_0)$ = Probabilidad de que el vehículo esté en circulación en el año t, dado que está en circulación en el año to.

Deterioro

Otro factor que debe ser considerado es el deterioro de los vehículos en el tiempo que resulta ser determinante en el cálculo de las emisiones futuras. Para incluir este fenómeno en la modelación se puede utilizar dos metodologías: la propuesta por COPERT 4 ((Samaras, Ntziachristosa et al. 2008) o la propuesta por (DICTUC 2007).

(Samaras, Ntziachristosa et al. 2008) recomiendan la utilización de curvas de deterioro de los vehículos en función del kilometraje recorrido estimadas para dos ciclos de conducción



diferentes (UDC⁵ [19 km/hr] y UEDC [63 km/hr]). La forma funcional de la curva sugerida es la siguiente:

$$MC_{C,i} = A_M \cdot M_{Mean} + B_M (1)$$

Donde;

 $MC_{C,i}$ = Factor de corrección por deterioro según kilometraje recorrido, contaminante i y ciclo de conducción⁶ C

 M_{Mean} = Kilometraje promedio de la flota para el que fue estimado el FE original de COPERT III

 $A_M y B_M = Parámetros estimados$

El parámetro $A_{\rm M}$ corresponde a la degradación del vehículo por kilómetro recorrido y el parámetro $B_{\rm M}$ corresponde a la corrección de los FE de COPERT III a 0 km recorridos con el objetivo de reflejar las emisiones de vehículos nuevos. Naturalmente, se espera que $B_{\rm M}$ sea menor que 1 ya que los FE estimados por COPERT representan un parque vehicular promedio con entre 30.000 y 50.000 Km ya recorridos, y por ende los vehículos nuevos emiten menos que los incluidos en la muestra de (Samaras, Ntziachristosa et al. 2008).

-

⁵ Ciclo de Conducción Europeo UDC: Este ciclo de conducción representa una conducción urbana. Se caracteriza por una velocidad baja del vehículo (máximo 50 km/h), baja carga del motor y de la temperatura de los gases de escape.

⁶ Ciclo de conducción: Modelo normalizado de conducción que es descrito por medio de una curva de velocidad versus tiempo utilizada para pruebas vehiculares. Esta curva es representativa del lugar donde se pretende obtener los resultados de emisiones. Los ciclos de conducción utilizados en el mundo corresponden a los ciclos de conducción europeo, Estados Unidos y el de Japón.



Tabla 6-3: Deterioro para vehículos livianos Euro I y Euro II por contaminante y ciclo de conducción.

Parámetro	Cilindrada	Kilometraje medio [km]	AM	BM*	Valor a >120000 km	
Corrección para V	elocidad < 19 k	m/h (CKMUDC)				
CO	<1,4	29,057	1.5E-05	0.557	2.39	
	1,4-2,0	39,837	1.1E-05	0.543	1.92	
	>2,0	47,028	9.2E-06	0.565	1.67	
NOX	ALL	44,931	1.6E-05	0.282	2.2	
HC	<1,4	29,057	1.2E-05	0.647	2.1	
	1,4-2,0	39,837	1.2E-05	0.509	1.99	
	>2,0	47,028	1.2E-05	0.432	1.88	
Corrección para V	elocidad > 63 k	m/h (CKmEUDC	⁷)			
CO	<1,4	29,057	1.7E-05	0.509	2.54	
	1,4-2,0	39,837	9.6E-06	0.617	1 <i>.77</i>	
	>2,0	47,028	2.7E-06	0.873	1.2	
NOX	ALL	47,186	1.2E-05	0.424	1.89	
HC	<1,4	29,057	6.6E-06	0.809	1.6	
	1,4-2,0	39,837	9.8E-06	0.609	1.79	
	>2,0	47,028	6.2E-06	0.707	1.45	
* Valor a 0 km						
** Ciclo de conducció	ón: European Urb	an Driving Cycle (UDC)			
*** Ciala do conducción, European Extra Urban Drinvina Cyclo (EUDC)						

^{***} Ciclo de conducción: European Extra Urban Drinving Cycle (EUDC)

Fuente: (Samaras, Ntziachristosa et al. 2008)

⁷ Ciclo de Conducción Europeo EUDC: Este ciclo representa una ruta suburbana. Al final del ciclo el vehículo acelera a velocidades de carretera.



Tabla 6-4: Deterioro para vehículos livianos Euro III y Euro IV por contaminante y ciclo de conducción.

Parámetro	Cilindrada	Kilometraje medio [km]	AM	BM*	Kilometraje de Estabilización	
Corrección para	Velocidad < 1	9 km/h (CKMUD	C)			
СО	<1,4	1.15E-05	0.557	1.93	159,488	
	1,4-2,0	8.35E-06	0.543	1.54	165,085	
	>2,0	6.41E-06	0.565	1.33	173,001	
NOX	ALL	1.30E-05	0.282	1.84	148,071	
HC	<1,4	8.87E-06	0.647	1.71	164,278	
	1,4-2,0	9.33E-06	0.509	1.63	158,456	
	>2,0	9.30E-06	0.432	1.55	155,881	
Corrección para	Velocidad > 6	3 km/h (CKmEUI	DC)			
СО	<1,4	1.30E-05	0.509	2.07	156,273	
	1,4-2,0	6.59E-06	0.617	1.41	174,868	
	>2,0	1.82E-07	0.873	0.89	1 <i>,779,775</i>	
NOX	ALL	9.42E-06	0.424	1.55	155,436	
HC	<1,4	3.77E-06	0.809	1.26	209,152	
	1,4-2,0	6.98E-06	0.609	1.45	168,823	
	>2,0	3.70E-06	0.707	1.15	201,667	
* Valor a 0 km						
** Ciclo de conducción: European Urban Driving Cycle (UDC)						
*** Ciclo de conducción: European Extra Urban Drinving Cycle (EUDC)						

Fuente: (Samaras, Ntziachristosa et al. 2008)

Si se requiere estimar factores de corrección para velocidades entre 19 km/hr y 63 km/hr se recomienda interpolar entre las estimaciones realizadas en los dos distintos ciclos de conducción considerados (UDC y EUDC).

Los vehículos incluidos en la muestra utilizada en (Samaras, Ntziachristosa et al. 2008) tienden a estabilizar sus emisiones por encima de 120,000 kilómetros recorridos. Por lo tanto, es recomendable suponer que las emisiones no aumentan por encima de este límite (Samaras, Ntziachristosa et al. 2008).

Por otra parte, DICTUC (2007) estimó porcentajes anuales de deterioro en base a información disponible de mediciones en plantas de revisión técnica de 1998 al 2005. La Tabla 6-5 presenta la información recabada.

1%



NOx

Tuesde of 2 decertions amount parts (included in visition 8 gaserimentes) 2 decert (in port amo)					
Contaminante	Particulares		Comerc	iales	
GASOLINEROS	CSV	SSV	CSV	SSV	
CO	8%	2%	6%	1%	
HC	4%	2%	3%	3%	
NOx	9%	4%	12%	5%	
DIESEL	CSV	SSV	CSV	SSV	
CO	6%	3%	6%	3%	
HC	3%	6%	4%	6%	

Tabla 6-5: Deterioro anual para vehículos livianos gasolineros y Diesel (% por año)

6% Fuente: (DICTUC 2007) 3%

3%

En base a esta información es posible suponer que las emisiones de un vehículo aumentarán anualmente en los porcentajes estimados hasta estabilizarse a partir de cierta antigüedad. La siguiente figura muestra las estimaciones realizadas.

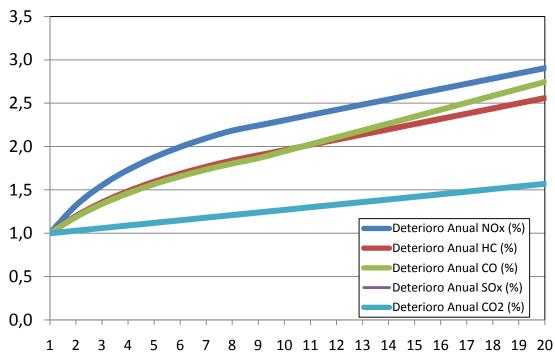


Figura 6-1: Factor anual de deterioro por vehículo.

Fuente: Elaboración propia en base a (Samaras, Ntziachristosa et al. 2008) y (DICTUC 2007).

i. Nivel de actividad

Para determinar las emisiones anuales de un vehículo es necesario conocer la distancia que recorre anualmente. Otro aspecto que debe ser considerado, es la relación entre la edad del vehículo y el kilometraje anual recorrido. Como es de esperarse, los vehículos nuevos fallan menos y por ende recorren más kilómetros anualmente que vehículos más antiguos (Caserinia, Giuglianoa et al. 2008). Samaras y Ntziachristosa (2000) recomiendan utilizar la



relación estimada por (Caserinia, Giuglianoa et al. 2008), sobre la base de los datos recogidos durante una campaña de fiscalización realizada en Milán el año 2004. Para vehículos pesados, (Caserinia, Giuglianoa et al. 2008) establece que los kilómetros recorridos anualmente no dependen de la edad y considera sólo las diferencias identificadas según peso.

La forma funcional propuesta por (Caserinia, Giuglianoa et al. 2008) corresponde a:

$$VKM(k)_i = \theta \cdot \exp(\beta \cdot k)$$
 (2)

En donde.

VKM (k) = son los kilómetros recorridos por un vehículo tipo i al año

 θ y β son los parámetros estimados y k es la antigüedad del vehículo.

La Tabla 6-6 muestra los parámetros estimados por (Caserinia, Giuglianoa et al. 2008):

Tabla 6-6: Parámetros curva kilómetros recorridos al año en función de la antigüedad del vehículo por combustible

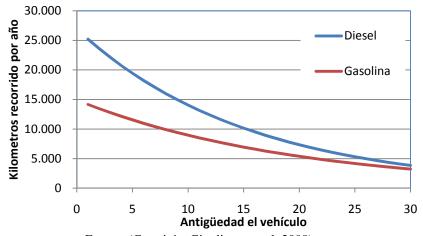
Combustible	θ	β
Diesel	26901	-0.0649
Gasolina	14901	-0.0509

Fuente: (Caserinia, Giuglianoa et al. 2008)

A continuación, en la

Figura 6-2 se grafica la relación estimada por (Caserinia, Giuglianoa et al. 2008).

Figura 6-2: Kilometraje recorrido anualmente según antigüedad del vehículo



Fuente: (Caserinia, Giuglianoa et al. 2008)



Las curvas estimadas por (Caserinia, Giuglianoa et al. 2008) consideran que un vehículo gasolinero tipo recorre anualmente cerca de 15.000 kilómetros. Según la información recopilada por Lepeley y Cifuentes (1998) el caso chileno es distinto, recorriendo un vehículo de las mismas características 23.000 km/año. Por ende, las curvas estimadas por (Caserinia, Giuglianoa et al. 2008) deben ser corregidas para representar la situación local y los requerimientos del servicio. La siguiente figura compara ambas curvas de nivel de actividad (curva corregida para la realidad chilena v/s original) para el caso de vehículos livianos a gasolina.

25.000 Kilometros recorrido por año Chile 20.000 COPERT 15.000 10.000 5.000 0 5 0 15 20 25 30 Antigüedad el vehículo

Figura 6-3 Kilometraje recorrido anualmente según antigüedad del vehículo. COPERT IV vs caso chileno

Fuente: Elaboración propia en base a (Caserinia, Giuglianoa et al. 2008) y (Lepeley and Cifuentes 1998)

ii. Probabilidad de supervivencia

Para el cálculo del daño esperado de un vehículo en el tiempo es necesario conocer la probabilidad de que ese vehículo este en circulación. La forma funcional más utilizada en la literatura para la estimación de esta variable es una curva en forma de S, que es obtenida comúnmente a través de una distribución de probabilidades Weibull modificada (Samaras, Ntziachristosa et al. 2008). A continuación se presentan las estimaciones para distintas categorías de vehículos recomendadas en (Samaras, Ntziachristosa et al. 2008).



Tabla 6-7: Probabilidad de supervivencia por categoría de vehículo

Tipo de vehículo	Categoría	Función	B1	B2	т
	Particulares	$\varphi(k) = \exp\left[-\left(\frac{k+b}{T}\right)^{b}\right]; \varphi(0) = 1$	3.49039		18.43489
Livianos	Comerciales	$\varphi(k) = \exp\left[-\left(\frac{k + \left(h_{i}e^{h_{i}\cdot k}\right)}{T}\right)^{\left(h_{i}e^{h_{i}\cdot k}\right)}\right]; \varphi(0) = 1$			15.33555
Pesados		$\varphi(k) = \exp\left[-\left(\frac{k + \left(h_{i}e^{h_{i}k}\right)}{T}\right)^{\left(h_{i}e^{h_{i}k}\right)}\right]; \varphi(0) = 1$	2.931193	-0.01669	17.38097

Fuente: (Samaras, Ntziachristosa et al. 2008)

Donde,

 φ (k) = la probabilidad de que un vehículo este circulando luego de k años desde su fabricación

b1 y b2 = son los parámetros de función de tasa de fallo de un vehículo (tasa de fallo >1 implica que aumenta en el tiempo).

T =la vida útil característica de un vehículo.

La tasa de falla puede tomar una forma lineal $b1 + b2 \cdot k$ o exponencial $b1 \cdot \exp(b2 \cdot k)$. Si b2 es 0 indica que la tasa de fallo no depende de la antigüedad del vehículo.

En la Figura 6-4, se gráfica la curva remondada por (Samaras, Ntziachristosa et al. 2008) para la probabilidad de supervivencia de distintas categorías de vehículos.



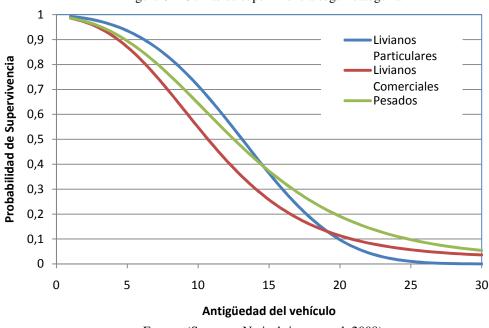


Figura 6-4 Curvas de supervivencia según categoría

Fuente: (Samaras, Ntziachristosa et al. 2008)

En base a esta información y los daños marginales por tonelada emitida presentados en la Tabla 6-13, es posible cuantificar el costo ambiental anual de los modelos evaluados. A continuación se presentan los valores estimados a modo de ejemplo para dos modelos seleccionados

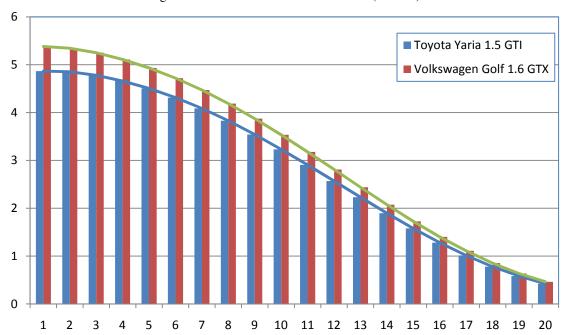


Figura 6-5 Daño Social modelo evaluado (UF/año)

Fuente: (Samaras, Ntziachristosa et al. 2008)



De acuerdo con eso, el valor presente de los costos ambientales de los modelos evaluados como ejemplo asciende a 45 UF para el Toyota Yaris y 41 UF para el Volkswagen Golf.

C.2 Valoración de Emisiones de Contaminantes Locales

Para estimar los beneficios producidos por cambios en el nivel de emisiones del transporte se requiere conocer la relación que existe entre las emisiones de un contaminante y la concentración que esta genera en el ambiente. La estimación precisa de esta relación requiere de un modelo que incorpore las reacciones químicas que ocurren en la atmósfera de modo de incorporar el material particulado secundario, modelo que actualmente no está disponible para Chile. Debido a esta limitación, se usan modelos simplificados que permiten calcular aproximadamente la relación entre las emisiones y las concentraciones ambientales.

La metodología utilizada consiste en un modelo del tipo *rollback* simple, en el que se supone una relación lineal entre las emisiones de un contaminante y la concentración que genera, lo que permite construir los factores emisión-concentración (FEC) utilizando la siguiente ecuación:

$$FEC_i^t = \left(\frac{\partial C_i^t}{\partial E^t}\right)^{-1} \approx \frac{E_i^t}{C^t}$$
 Ecuación 6-2

Donde:

- FEC_i^t : Factor emisión-concentración en el monitor i en el año t [(ton/año)(µg/m³)]
- C_i^t : Concentración ambiental de contaminante correspondiente al emitido (eventualmente secundario), en el monitor i para el año t [µg/m³]
- E_i^t : Emisión de contaminante para el año t [ton]

En rigor, lo que interesa es la sensibilidad de las concentraciones ambientales frente a cambios en las emisiones, evaluado en un punto cercano a las condiciones actuales. Como esto no es posible, aproximamos esta relación según el cociente entre el total de emisiones E_i^t y la concentración ambiental del contaminante C_i^t .

El total de emisiones provino de los inventarios de emisiones disponibles en el País. Por otra parte, para considerar el impacto en la formación del material particulado secundario, las emisiones de los diferentes precursores se relacionan con la fracción correspondiente del material particulado secundario obtenido a partir de los estudios de los filtros de los monitores en distintas estaciones de acuerdo a lo presentado en las figuras Figura 6-6 y Figura 6-7 (los valores presentados en la figura son valores promedio para todo el año), de acuerdo a la metodología que se describe a continuación:

$$C_{ij} = CT_i * F_{ij}$$
 Ecuación 6-3

Donde:



- C_{ij}: Concentración ambiental de contaminante i en forma del componente elemental j [μg/m3]
- *CT_i*: Concentración ambiental total del contaminante i [μg/m3]
- F_{ij} : Fracción del componente elemental j en el análisis de los filtros del contaminante i [%]
- i: PM_{2.5}, PM₁₀
- j: Amonio, Sulfato, Nitrato, Cloruro, C Elemental, C Orgánico, Polvo Natural, Polvo Antropogénico, Otros, Background

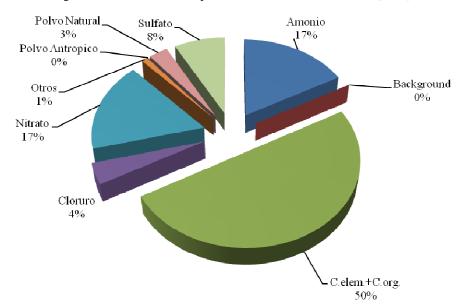


Figura 6-6 Fracción de componentes elementales de PM 2.5 (2005)

Fuente: Comunicación personal, Roberto Martínez, CONAMA, 20 de marzo de 2007.

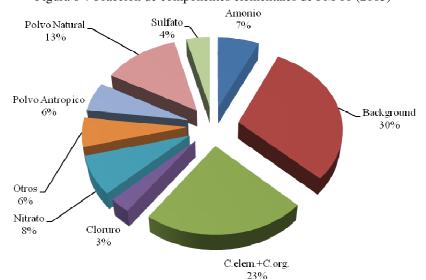


Figura 6-7 Fracción de componentes elementales de PM 10 (2005)

Fuente: Comunicación personal, Roberto Martínez, CONAMA, 20 de marzo de 2007.



Estas relaciones suponen que todo el MP_{2.5} emitido por las fuentes genera un aporte a las concentraciones ambientales sólo como MP_{2.5}, así como todos los contaminantes secundarios formados a partir de gases (NH3, SO2 y NOx). Por su parte, solamente la emisión directa de MPc genera un aporte a la concentración de MP₁₀.

Tabla 6-8: Relaciones consideradas entre los contaminantes primarios y secundarios

Contaminante emitido por las fuente	Componente correspondiente en filtro	Aporta como fracción
NH3	Amonio	Fina (PM _{2.5})
SO2	Sulfato	Fina (PM _{2.5})
NOx	Nitrato	Fina (PM _{2.5})
PM2.5	Carbono elemental + Carbono orgánico	Fina (PM _{2.5})
PMc	Polvo Antropogénico	Gruesa (PMc)

Fuente: Elaboración propia

Fue necesario suponer lo anterior para hacer operativo el modelo simplificado de emisión-concentración, y tiene sentido físico dado que en las transformaciones químicas que sufren en la atmósfera contaminantes primarios como NOx, SO₂ y NH₃ principalmente forma material particulado fino.

A su vez, se ha identificado una fracción de componente elemental asociado a background. Entendiendo la concentración background como aquella que no se puede controlar aplicando medidas dentro de una determinada zona de influencia. Se ha considerado también como background, al aporte asociado a todos los componentes elementales para los cuales no se ha identificado un contaminante asociado emitido por alguna fuente. De esta forma, se consideró background total a los aportes asociados a los siguientes componentes elementales: cloruro, polvo natural, otros y background.

Finalmente, la

Tabla 6-9 se entregan a manera de ejemplo los FEC determinados para la ciudad de Santiago.

Tabla 6-9: Factores Emisión-Concentración (FEC) para PM2.5 utilizados en el presente estudio ((ton/año)/(μg/m3))

	PMc	PM _{2.5}	SOx	NOx	NH3	PRS
PM _{2.5}	0	228	4,291	6,344	6,041	21,536
PM_{10}	233	228	4,225	6,344	6,041	2,447

^{*}PMc = Fracción gruesa del material particulado

Fuente: Elaboración propia

Beneficios por Reducción de Concentraciones

Las emisiones de material particulado (MP_{10} y $MP_{2.5}$), óxidos de nitrógeno (NOx), óxidos de azufre (SOx), amoniaco (NH_3) y partículas resuspendidas totales (PRS), implica aumentos significativos de la concentración de material particulado primario y secundario en el ambiente que, de acuerdo a la evidencia internacional tiene efectos negativos en la salud de las personas.



6.1.1.6 Impactos en salud

Múltiples estudios nacionales e internacionales han mostrado que existe asociación entre el nivel de concentración de ciertos contaminantes, la incidencia de muertes y la incidencia de varias enfermedades cardiorespiratorias, tanto en niños como en adultos, además de otros efectos como días de restricción de actividad y pérdida de días de trabajo, entre otros. Los principales contaminantes asociados a efectos en salud son el material particulado (PM) y el ozono. Los efectos de PM y ozono se consideran generalmente independientes, aunque la evaluación de las sinergias entre ambos es un tema aun pendiente. La siguiente tabla muestra algunos de los efectos a la salud para los que se considera existe asociación con el nivel de contaminación atmosférica.

Tabla 6-10: Efectos en la salud que han sido relacionados con la contaminación atmosférica

Efectos asociados con evidencia científica suficiente	Efectos asociados sin evidencia científica suficiente
Mortalidad (adultos mayores)	Inducción de asma
Mortalidad (infantil)	Efectos de desarrollo fetales / neonatales
Mortalidad neonatal	Mayor sensibilidad de vías respiratorias
Bronquitis – crónica y aguda	Enfermedades respiratorias crónicas no bronquitis
Ataques de asma	Cáncer
Admisiones hospitalarias respiratorias	Cáncer pulmonar
Admisiones hospitalarias cardiovasculares	Efectos conductuales (Ej., dificultades de aprendizaje)
Visitas a sala de urgencia	Desordenes neurológicos
Enfermedades respiratorias inferiores	Exacerbación de alergias
Enfermedades respiratorias superiores	Alteración de mecanismos de defensa
Síntomas respiratorios	Daño a células respiratorias
Días de ausentismo laboral y escolar	Menor tiempo de desarrollo de angina
Días con actividad restringida	Cambios morfológicos en el pulmón
Irritación de ojos	Arritmia cardiovascular

Fuente: Adaptado de (EPA 1999a)

De acuerdo a la evidencia científica la fracción más fina del material particulado (PM_{2.5} e incluso más pequeñas, como sulfatos) ha sido consistentemente asociada a impactos en la salud. Aunque los mecanismos fisiológicos de los efectos de PM_{2.5} aun no son comprendidos cabalmente, cientos de estudios epidemiológicos realizados en diferentes partes del mundo han mostrado efectos negativos en poblaciones diversas y en diferentes grupos de edad.

Adicionalmente existe evidencia de que los estratos socio-económicos más bajos son más susceptibles a los efectos del material particulado(O'Neill, Jerrett et al. 2003; Bell, O'Neill et al. 2005). En nuestro país también se han encontrado efectos más importantes en los estratos con nivel menor de educación. (Cifuentes, Vega et al. 1999).

6.1.1.7 Funciones de Daño

Las funciones concentración – respuesta (CR) relacionan la incidencia de determinados efectos en salud con los niveles de concentración ambiental de los contaminantes. En base a las funciones CR recopiladas de estudios chilenos e internacionales, se definió que los impactos de salud ha considerar en el análisis serán los siguientes:



Tabla 6-11 Impactos en Salud considerados en el Estudio

Efecto	Causa	Grupo Edad
Mortalidad Prematura	Todas las causas	Todos
	Cardiopulmonares	> 30
Admisiones Hospitalarias	Cardiovasculares	65+
	Respiratorias	Todos
Visitas Sala Urgencia	Causas Respiratorias	Todos
Visitas Médicas	Niños con IRA baja	3 α 15
Otros	Días laborales perdidos	Adultos
	Días con Actividad Restringida	Adultos
	Días con Actividad Restringida Mensual	Adultos

Fuente: Elaboración propia

6.1.1.8 Impactos en Visibilidad

La reducción en la visibillidad es quizás uno de los efectos más notorios de la contaminación atmosférica, que ocurre cuando partículas y gases en la atmósfera esparcen, absorben y extinguen luz. El material particulado y en especial las partículas más finas (menores a 2,5 micrones, como MP_{2,5} o sus constituyentes como el carbono elemental y orgánico) son los mayores responsables de la reducción en visibilidad debido a la contaminación ((Trier and Horvath 1993)).

Los cambios en las concentraciones de éstos y posiblemente otros contaminantes, tienen un impacto en la visibilidad, lo que produce un cambio en el bienestar de la población. Una buena visibilidad mejora la calidad de vida de los individuos en los lugares en que viven y trabajan, así como en aquellos espacios en que disfrutan de actividades recreacionales. Por otra parte, la visibilidad es también indirectamente valorada por la importancia que los individuos le otorgan a la protección de áreas naturales, tanto hoy como en el futuro. Debido a esta eventual importancia, se reconoce la existencia de un impacto en la visibilidad y por ende en el bienestar de las personas, lo que amerita su estimación.

A partir del método de preferencias declaradas, específicamente a través de una encuesta de elección contingente como es recomendado por la literatura para estos casos, De La Maza y Rizzi valorizaron las mejoras en visibilidad del entorno, determinando que por cada ug/m3 de MP_{2.5} reducido es posible obtener 4 días de alta visibilidad extra. Multiplicando la disposición a pagar obtenida por días de visibilidad alta extra (350.000 – 700.000 USD/Día extra de alta visibilidad) por el número de días adicionales por ug/m3 de PM_{2.5} reducido (4 días), se calculó el beneficio social unitario por mejoras en visibilidad del entorno de reducir la concentración atmosférica de este contaminante.



6.1.1.9 Impactos en Materiales

El efecto de la contaminación atmosférica en las superficies de materiales expuestos se traduce en un aumento de las mantenciones y/o recambios de material, lo que implica mayores costos para la sociedad.

La contaminación atmosférica, tiene impactos sobre los materiales de construcción que se encuentran expuestos a ella afectando sus propiedades químicas y/o físicas (Melo O 1997), lo que se traduce en un aumento de las mantenciones y/o recambios de material, y por tanto en mayores costos para la sociedad. Los materiales pueden verse afectados por medio de:

- (1) Decoloración
- (2) Deterioro de capas protectoras
- (3) Aminoramiento de detalles entre terminaciones de la superficie y
- (4) Fallas estructurales (Kucera 1994)

Entre los materiales de construcción que pueden verse afectados por la contaminación atmosférica destacan, entre otros, las estructuras construidas en bases metálicas y de piedra natural y/o arenisca. Además, las pinturas que recubren estos y otros materiales se ven afectadas por la presencia de los contaminantes. Algunos estudios de contaminación atmosférica ya realizados en otros países del mundo ((Haynie and Spence 1984), (Murray, Atwater et al. 1985), (Haynie 1986),(Kucera 1994)), han permitido establecer funciones dosis respuesta que evalúan los efectos que tienen algunas variables ambientales (temperatura, humedad relativa y acidez) y determinados contaminantes en superficies expuestas de diferentes materiales de construcción. Estos efectos son medidos en función de pérdida de masa o tasa de erosión del material.

6.1.1.10 Beneficio Marginal

De la valorización de los distintos impactos de la contaminación en Salud, visibilidad y materiales se obtiene el daño marginal por reducción en las concentraciones de PM_{2.5}. En la Tabla 6-12 se presenta el daño marginal por reducción de PM_{2.5} estimados por DICTUC (2009).

Tabla 6-12 Daño marginal contaminación del aire para PM2.5 utilizados en el presente estudio

Escenario	Visibilidad (MMUS\$/ µg/m3)	Salud (US\$/persona * µg/m3)	Materiales (MMUS\$/ µg/m3)
Bajo	1.5	7	1.2
Alto	3	33	1.2

Fuente: DICTUC (2009)



C.3 Daño Social por emisiones vehiculares según tamaño de ciudad

Se requiere, adicionalmente, el daño monetizado de emitir una tonelada en el ambiente. El daño marginal depende directamente de la población expuesta⁸. La siguiente tabla presenta el daño social en UF por tonelada emitida de diferente contaminantes, para localidades con diferentes niveles de población.

Tabla 6-13 Daño marginal por tonelada emitida (UF/ton)

Población (Hab)	PM2.5	NOx	НС	СО	SO2	CO2
5 M >=	16,390	600	0	0	873	1
Entre 3M y 5M	13,112	480	0	0	698	1
Entre 1M y 3M	4 , 917	180	0	0	262	1
Entre 500K y 1M	2,458	90	0	0	131	1
Entre 250K y 500K	1,229	45	0	0	65	1
Entre 100K y 250K	574	21	0	0	31	1
Entre 50K y 100K	246	9	0	0	13	1
Rural (< 50K)	25	60	0	0	87	1
Carretera	5	12	0	0	1 <i>7</i>	1

^{*}K. Miles y M: Millones

Fuente. Elaboración propia en base a DICTUC (2001) y DICTUC (2009)

A partir del daño monetizado marginal, la emisión del vehículo y el lugar en el cual esas emisiones son liberadas (de acuerdo al número de habitantes), se obtiene el costo de sus emisiones ambientales.

C.4 Valoración de Emisiones de Gases Efecto Invernadero

Actualmente, el mundo enfrenta la globalización de los impactos de la acción humana sobre el planeta. Estos se traducen en cambios ambientales asociados principalmente al uso de recursos, transformación de hábitat y en particular al cambio climático. Numerosos estudios internacionales coinciden en que la Tierra se ha estado calentando de manera anormal durante los últimos años, como producto del incremento en las concentraciones de los llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI), impactando negativamente la salud de las personas, la actividad económica, los recursos hídricos y ecosistemas.

El Protocolo de Kyoto, adoptado por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), propone controlar las emisiones de los siguientes seis gases de efecto invernadero: dióxido de carbono (CO2), metano (CH4), óxido de nitrógeno (N2O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF6); estableciendo metas obligatorias de reducción de estos gases para los países industrializados que se encuentran en el Anexo I definido por la CMNUCC.

⁸ Para mayor detalle de la metodología de cálculo ver Anexo C.



El control y por tanto la consecuente reducción de las concentraciones de estos gases en la atmósfera minimizaría los impactos negativos del calentamiento global y por tanto conllevaría a beneficios para todo el planeta (beneficios globales).

6.1.1.11 Estimación Costos unitario GEI

En rigor la evaluación de los costos de GEI debiera seguir el mismo procedimiento que los demás impactos. Sin embargo, la incertidumbre acerca de los efectos esperados de cambio climático, el largo horizonte en que se presentarán estos efectos, hace que la valoración directa sea extremadamente difícil.

Como una manera alternativa, se utilizó el costo alternativo de reducir GEI en otras actividades, representado por el precio internacional de los bonos de carbono. Aunque claramente esta no es una medida del daño marginal esperado de una unidad adicional de GEI, representa la disposición a pagar actual de la humanidad por una tonelada reducida de GEI.

Se analizaron tres escenarios de costos a partir de los precios futuros de los bonos de carbono reportados por el European Energy Exchange (EEX) para los años 2009 a 2012. Se estudió la tendencia de estos precios y posteriormente se proyectaron para los años bajo análisis siguientes al 2012.

De esta manera, el escenario bajo de costos considera un costo unitario por la reducción de GEI igual al precio mínimo futuro de los bonos de carbono, mientras que el escenario alto considera el precio máximo futuro de los bonos. El escenario medio de costos considera un costo unitario por reducción de GEI igual al precio promedio entre los valores máximo y mínimo.

A continuación se presenta de manera gráfica la proyección de los precios futuros de los bonos de carbón utilizada para los distintos escenarios de costos analizados.

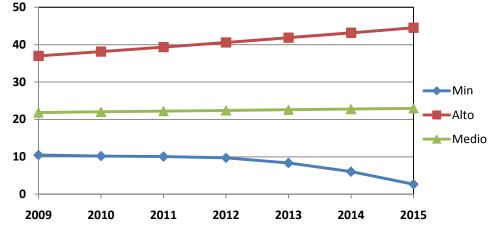


Figura 6-8 Escenarios de proyección precio futuro bonos de Carbono años 2009 – 2030 (Euros)

Fuente: Elaboración propia a partir de European Energy Exchange (EEX)



Para obtener los costos ambientales por emisiones de GEI se multiplica las emisiones de CO2 emitidas por el vehículo durante todo su ciclo de vida por el daño social unitario de la emisión de una tonelada de GEI, que corresponde al precio futuro de los bonos de carbono, de acuerdo a la siguiente ecuación:

Costo GEI = Consumo Anual Combustible (lt/ano) * FE (g CO2e/litro) * Daño Social (\$/g)



Anexo D. Tasación y Permiso de Circulación

El Servicio de Impuestos Internos es el organismo encargado de calcular las tasaciones de los vehículos y los permisos de circulación correspondiente. Para vehículos livianos, el permiso de circulación se establece de acuerdo a los que se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 6-14 Permiso de Circulación Vehículos Livianos

Tramo UTM	Permiso de Circulación
PP * < 60	1%
60 < PP < 120	2%
120 < PP < 250	3%
250 < PP < 400	4%
PP > 400	4,5%

Fuente: Decreto Ley Nº 3.063, de 1979, Sobre Rentas Municipales

Es importante destacar que este criterio se aplica sobre la parte del precio del vehículo (PP) que excede cada uno de los tramos.

El impuesto no pude ser, en caso alguno, inferior a media unidad tributaria mensual.⁹

Para vehículos de carga, camiones y tractocamiones (no camionetas), el valor del permiso de circulación se establece de acuerdo las siguientes tablas.

Tabla 6-15 Permiso de Circulación Camiones

Capacidad de carga (Kg)	Permiso de Circulación (UTM)
1.750 - 5.000	1
5.000 - 10.000	2
> 10.000	3

Fuente: Decreto Ley Nº 3.063, de 1979, Sobre Rentas Municipales

Tabla 6-16 Permiso de Circulación Tractocamiones

Capacidad de arrastre de carga (Kg)	Permiso de Circulación (UTM)
1.750 - 5.000	0,5
5.000 - 10.000	1
> 10.000	1,5

Fuente: Decreto Ley N° 3.063, de 1979, Sobre Rentas Municipales

D.1 Depreciación Tasación de Vehículos

Considerando los datos de tasación fiscal del SII para vehículos livianos de los años 2005 al 2009, tal como se ve en la Tabla 6-17, se determinó que la tasación de vehículos livianos se deprecia en promedio un 15.9% año a año antes de llegar al punto cuando los permisos llegan al mínimo (valor vehículo de 50 UTM, valor de permiso de 0.5 UTM). No se

⁹ Decreto Ley N° 3.063, de 1979, Sobre Rentas Municipales. Artículo 12, inciso a)



manifiestan diferencias significativas para este factor entre distintos tipos de vehículos livianos ni para diferentes antigüedades.

Ejemplificando, un vehículo promedio cuya tasación es de 100 UTM en el año cero, será tasado en 84.1 en el año 1 ((1 – 15.9%) * 100), 70.7 el año 2 ((1 – 15.9%) * (1 - 15.9%) * 100) y así sucesivamente. Se utilizará este valor para determinar la disminución de la tasación año a año. Una vez hecho esto, se calcula el permiso de circulación de acuerdo al tramo en que resulte el vehículo.

Tabla 6-17 Disminución tasación fiscal comparado con la del año anterior para mismo vehículo

2006	2007	2008	2009
16.5%	14.9%	15.1%	17.2%

Fuente: Elaboración propia en base a datos del SII



Anexo E. Cálculo de factor de arriendo

El valor del arriendo diario en función del precio del vehículo se determinó estudiando los valores de distintas empresas de arriendo de vehículos que cuentan con cobertura nacional y se calculó el promedio entre la relación valor arriendo – precio vehículo. En la Tabla 6-18 se muestra un resumen con algunos casos.

Tabla 6-18 Valor arriendo de vehículos

Modelo	Precio Mercado	Valor arriendo diario*	% arriendo/valor vehículo
Kia Morning II Mecánico	\$ 4,790,000	\$ 28,647	0.60%
Peugeot 207 Trendy Mecánico	\$ 7, 590,000	\$ 35,846	0.47%
Toyota Yaris Sedan Mecánico	\$ <i>7</i> ,190,000	\$ 45,046	0.63%
Toyota Auris Mecánico	\$ 9,590,000	\$ 48,647	0.51%
Nissan X-Trail 4WD Mecánico	\$ 10,690,000	\$ 61,923	0.58%
Suzuki Grand Vitara 4WD Mecánico	\$ 11,890,000	\$ 61,051	0.51%
Honda Civic Híbrid	\$ 15,490,000	\$ 64,323	0.42%

^{*} Valor incluye IVA y seguros

Fuente: Elaboración propia

En vista de los resultados, se determinó que para la metodología el valor de arriendo diario será un 0.53% del valor del vehículo nuevo.



Anexo F. Propuesta para Incluir Factores no Monetizados

Separando los costos en diferentes categorías -costos de inversión, costos de operación, externalidades, seguridad y reciclabilidad- se puede observar que algunas son fácilmente cuantificables, y otras no. Por ejemplo, los costos de inversión, operación y mantención, valor residual y externalidades pueden medirse en pesos (\$). Las otras categorías no se pueden medir directamente en pesos, por lo que se debe desarrollar un método para hacerlas comparables y poder entonces jerarquizar las diferentes opciones disponibles de vehículos.

A modo de hacer comparables las dimensiones entre ellas, los valores de cada categoría se categorizarán en una escala que considerara valores de 1 a 10, donde 1 será lo más deseable y 10 la menos deseable. Lo valores intermedios se calculan mediante interpolación lineal.

Ya estando todas las dimensiones en una misma escala, se determinará la importancia relativa de cada una de las categorías, lo que resulta en que cada categoría tenga asociado un ponderador de importancia. Los ponderadores deberán ser determinados por un panel de expertos y podrán variar dependiendo de la repartición del estado y zona geográfica de operación. Para obtener dichos ponderadores se propone usar la técnica de Proceso Analítico Jerárquico (AHP por sus siglas en inglés) (Saaty 2008) para cuantificar la importancia relativa de distintos factores en ponderadores.

Al momento de la decisión de compra, los distintos vehículos serán evaluados según sus atributos particulares en las distintas dimensiones. Considerando la importancia relativa de cada una de las dimensiones, el modelo entregará un puntaje entre 1 y 10 para cada vehículo, donde el mejor evaluado será aquel con menor puntaje.

F.1 Determinación de Importancia Relativa entre Categorías utilizando Proceso AHP

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP por sus siglas en inglés) (Saaty 2008) es una metodología utilizada para resolver problemas multi-dimensionales donde algunas de las dimensiones son intangibles. El proceso las hace comparables generando una escala equivalente para todas las dimensiones e importancias relativas entre ellas.

Si bien AHP propone una metodología para el ciclo completo de la decisión, la metodología propuesta en este informe sólo considera la sección en la que se establece la importancia relativa entre las dimensiones. A continuación se detalla el procedimiento.

Para establecer las importancias relativas entre las dimensiones, necesitamos una escala de números que nos indique cuantas veces más importante o dominantes es una categoría con respecto a otra. La Tabla 6-19 nos muestra dicha escala. La Tabla 6-20 nos muestra un ejemplo de cómo es usada la escala para comparar la importancia relativa entre las distintas dimensiones relevantes para cierta repartición del estado en una zona específica. Se



compara la categoría indicada en la izquierda con otra indicada en los encabezados de las columnas respondiendo la siguiente pregunta: ¿Cuántas veces más importante es la categoría de la derecha con respecto a la de arriba? Se ingresa entonces el número de la escala apropiado para la apreciación. Siempre se ingresa un número mayor o igual a 1 cuando la categoría de la derecha es más importante y automáticamente se tiene que ingresar el inverso multiplicativo de dicho número en la posición transpuesta.

Tabla 6-19 – Escala fundamental de importancia

Importancia	Definición	Explicación
1	Igual Importancia	Dos dimensiones son igualmente importantes.
2	Débil o sutil mayor importancia	
3	Moderada mayor importancia	La experiencia y juicio dan una moderada mayor importancia entre una y otra categoría
4	Moderada plus	
5	Fuerte mayor Importancia	La experiencia y juicio dan una fuerte mayor importancia entre una y otra categoría
6	Fuerte plus	
7	Muy fuerte	La importancia de una categoría sobre la otra es muy fuerte. Esto se manifiesta en la práctica
8	Muy fuerte plus	
9	Extrema mayor importancia	La evidencia favorece la importancia de una categoría sobre otra de la máxima manera posible.
Inversos	Si una categoría i tiene una importancia relativa de x con la categoría j (posición i,j), en la posición j,i debe ir $\frac{1}{x}$.	
1,1-1,9	En caso de dimensiones con importancia muy similar.	Útil cuando es difícil decidir entre dos dimensiones. Cuantitativamente no es muy significativo, pero sirve para establecer prioridades.

Tabla 6-20- Matriz de importancia relativa entre las dimensiones

Г	Costos Inmediatos	Costos Futuros	Disposición de Vehículo	Seguridad	Costos Ambientales
Costos Inmediatos	1	3	6	4	5
Costos Futuros	1/3	1	4	2	3
Disposición de Vehículo	1/6	1/4	1	1	4
Seguridad	1/4	1/2	1	1	2
Costos Ambientales	1/5	1/3	1/4	1/2	1

Finalmente, los ponderadores son obtenidos al calcular el vector propio de la matriz. Para nuestro ejemplo, los valores se especifican en la Tabla 6-21.



Tabla 6-21- Ponderadores de importancia relativa

_	Costos Inmediatos	Costos Futuros	Disposición de Vehículo	Seguridad	Costos Ambientales	
	0.487	0.233	0.112	0.109	0.060	



Anexo G. Piezas a considerar para reparaciones correctivas

A continuación se listan las piezas a considerar. Se debe explicitar el valor unitario de cada una, la cantidad necesaria y su vida útil.

- 1.- Alternador
- 2.- Anillos de pistones
- 3.- Árbol de levas
- 4.- Batería
- 5.- Bielas
- 6.- Bloque
- 7.- Bomba de aceite
- 8.- Bomba de agua
- 9.- Bomba de combustible
- 10.- Caja de cambios
- 11.- Caliper
- 12.- Cigüeñal
- 13.- Correa de distribución
- 14.- Culata
- 15.- Diferencial
- 16.- Discos del freno
- 17.- Discos Embrague
- 18.- Inyectores
- 19.- Motor de arranque
- 20.- Múltiple de admisión
- 21.- Múltiple de escape
- 22.- Pistones
- 23.- Radiador
- 24.- Resorte de válvulas
- 25.- Termostato
- 26.- Transmisión
- 27.- Válvulas
- 28.- Volante

Para piezas cuya vida útil se establezca como indefinida, el valor de reparación correctiva por kilómetro conducido se calculará en base a una vida útil de 500 mil kilómetros.