



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

MEDICIÓN Y REDUCCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE CHILEXPRESS

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

DANIEL HALPERN MERY

PROFESOR GUÍA:
RAÚL URIBE DARRIGRANDI

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
MARÍA TERESA CORDOVEZ
RAFAEL LORENZINI PACI

SANTIAGO DE CHILE
AGOSTO 2013

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
CIVIL INDUSTRIAL
POR: DANIEL HALPERN MERY
FECHA: 28 DE AGOSTO DE 2013
PROF. GUIA: SR. RAÚL URIBE**

MEDICIÓN Y REDUCCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE CHILEXPRESS

Este informe aborda la problemática ambiental empresarial, responsable en gran parte del calentamiento global, enfocada a una empresa de la industria del transporte de carga.

El proyecto, considera en primera instancia, la medición de la huella de carbono de Chilexpress y luego tiene como objetivo final evaluar técnico y económicamente las principales medidas de mitigación para reducir su huella. La medición de la huella de Carbono se realizó tomando como año base el 2012, incluyendo sólo las emisiones de la Región Metropolitana, considerando emisiones por consumo de combustible en la flota de camiones, camionetas y motos, consumos eléctricos en las sucursales, emisiones por fugas de gases refrigerantes, entre otras, detalladas en el presente informe.

Como resultado de la primera etapa, se contabiliza un total de 8.052 tCO₂e/año, las que se explican en mayor medida por las emisiones asociadas a carga aérea con 4.019 tCO₂e/año, emisiones asociadas a rutas terrestres con 1.716 tCO₂e/año y a emisiones asociadas a recorridos de camionetas dentro de la ciudad con 1.210 tCO₂e/año. En conjunto, estos tres segmentos representan el 83,6% de la Huella de Carbono de Chilexpress. Luego de analizar los puntos críticos, se evaluaron económicamente cinco medidas de mitigación, las cuales debieran implementarse según el siguiente orden de prioridad en cuanto a costo-efectividad; incorporación de bicicletas eléctricas, eco-conducción, instalación de componentes aerodinámicos, incorporación de motos eléctricas y finalmente incorporación de furgones eléctricos. Todas las alternativas de mitigación evaluadas resultaron ser atractivas económicamente por pertenecer a medidas relacionadas con eficiencia energética. En conjunto, la implementación de los proyectos logra reducir una cantidad de 238 tCO₂e/año, equivalente al 10,1% de las emisiones propias de Chilexpress, correspondiente a dejar fuera de circulación a 200 vehículos particulares cada año. Por otro lado, los beneficios económicos, fluctúan entre \$208.853 CLP por tCO₂e evitada, con las bicicletas eléctricas, y los \$55.305 por tCO₂e evitada, con los furgones eléctricos.

Considerando estos positivos resultado, es recomendable que Chilexpress siga progresivamente replicando esta metodología a nivel nacional, generando beneficios económicos, sociales y ambientales de manera global.

Agradecimientos

En primer lugar agradezco al equipo de trabajo de Fundación Chile, del área de Energía y Cambio Climático, los que me guiaron durante mi trabajo de memoria y me apoyaron en la medición de la Huella de Carbono y en el concepto de curvas de abatimiento.

Agradezco el apoyo de todo el equipo de Energía y Cambio Climático. En especial, a Andrés Rolón, Cristóbal Muñoz y a Marcelo Mena, que me respondieron todas las dudas que tuve a lo largo del proyecto de memoria en diferentes ámbitos de energía, protocolos, estándares de medición y conceptos de cambio climático

Agradezco a mi polola Paula Latorres, por aguantar mis conversaciones sobre autos y motos eléctricas tipo “Delivery” para implementar en Chilexpress y disminuir su Huella de Carbono. Le deseo lo mejor en su Memoria de Ingeniera Civil Industrial, y cuenta con mi total apoyo para lo que necesite.

Por otro lado, agradezco al Departamento de Planificación Operacional de Chilexpress por su apoyo al proyecto, los que siempre respondían mis solicitudes y requerimientos de información de las rutas y permitían levantar toda la información que estimara conveniente para el proyecto.

En especial, agradezco a Rodrigo Rojas, Jefe del Departamento de Planificación Operacional de Chilexpress, por aguantar los millones de correos y whats up para organizarnos, reunirnos y discutir. También agradezco a los mensajeros de la empresa por su confianza, a Antonio Jiménez, Subgerente de Proyectos de Chilexpress, Cristián Guerrero, Ingeniero de Estudios, y a Cristián González, Gerente de Operaciones de Chilexpress por las facilidades, la disposición que tuvieron y las múltiples reuniones que tuvimos.

Agradezco al apoyo de mi madre, que siempre escuchaba los principales avances que hacía en temas de sustentabilidad, Huella de Carbono, y electro movilidad que le contaba con motivación y con proyección.

Finalmente agradezco las instancias en clases, sugerencias y comentarios tanto de los estudiantes como del equipo docente, que me respondían al instante después de haberlos contactado.

Tabla de contenido

1	Introducción.....	1
2	Marco conceptual y protocolo internacional.....	5
3	Objetivos del proyecto de memoria.....	8
4	Descripción del proyecto de memoria.....	9
4.1	Justificación del proyecto.....	9
4.2	Alcances del Proyecto.....	10
4.3	Metodología y actividades.....	11
5	Descripción de Chilexpress.....	19
5.1	Servicios entregados.....	20
5.2	Operación de Chilexpress.....	22
6	Huella de Carbono actual de Chilexpress.....	26
6.1	Límite Organizacional para el cálculo.....	26
6.2	Límite operacional para el Cálculo.....	28
6.2.1	Fuentes de emisiones de alcance 1 de Chilexpress.....	29
6.2.2	Fuentes de emisiones de alcance 2 de Chilexpress.....	29
6.2.3	Fuentes de emisiones de alcance 3 de Chilexpress.....	30
6.2.4	Fuentes de emisiones de alcance 3 no incluidas.....	31
6.3	Factores de emisión y supuestos.....	33
6.4	Medición de la huella de Chilexpress.....	36
6.4.1	Medición Recorridos RM.....	36
6.4.2	Medición Rutas Terrestres origen RM.....	38
6.4.3	Medición Rutas Aéreas origen RM.....	39
6.4.4	Medición Consumo en Instalaciones.....	40
6.4.5	Medición Consumo de Insumos por Ciclo de Vida.....	42

6.4.6	Resultados Generales	44
6.5	Oportunidades y debilidades	45
6.5.1	Recorridos RM	45
6.5.2	Recorridos Motos.....	51
6.5.3	Rutas Terrestres RM.....	54
6.5.4	Rutas Aéreas Nacionales.....	58
6.5.5	Consumo de Insumos por Ciclo de Vida.....	59
6.5.6	Puntos Críticos.....	61
7	Alternativas, iniciativas y medidas de mitigación	62
7.1	Potenciales medidas de mitigación a evaluar	65
7.2	Evaluación de los proyectos seleccionados.....	66
7.2.1	Evaluación Instalación componentes aerodinámicos	68
7.2.2	Evaluación de capacitaciones en eco-conducción.....	73
7.2.3	Evaluación Vehículos Eléctricos	78
7.2.4	Evaluación motos eléctricas	98
7.2.5	Evaluación proyecto bicicletas eléctricas	103
7.3	Construcción de curva de abatimiento.....	109
8	Conclusiones y recomendaciones	113
9	Bibliografía.....	118
	ANEXO A: FACTORES DE EMISIÓN	119
	ANEXO B: EMISIONES POR RUTAS	120
	ANEXO C: TENDENCIAS GEI PARA CHILE	120
	ANEXO D: EFECTIVIDAD PROGRAMAS DE ECO-CONDUCCIÓN.....	121
	ANEXO E: PROYECCIÓN PRECIO ENERGÍA POR KWH	121
	ANEXO F: RECORRIDOS VEHÍCULOS CHILEXPRESS.....	122
	ANEXO G: MANTENSIÓN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	124

Índice de ilustraciones

<i>Ilustración 1: Esquema de Rutas terrestres origen-destino</i>	10
<i>Ilustración 2: Ejemplo de Curva de Abatimiento. Fuente: Elaboración propia a partir de McKinsey</i>	18
<i>Ilustración 3: Tipos de productos entregados por Chilexpress</i>	20
<i>Ilustración 4: Mensajero con entregas de encomienda</i>	20
<i>Ilustración 5: Camión realizando Servicios de Logística</i>	21
<i>Ilustración 6: Sorter Principal del Centro de Distribución de Chilexpress</i>	22
<i>Ilustración 7: Ramplas de selección de encomiendas</i>	23
<i>Ilustración 8: Zona de carga de encomiendas</i>	23
<i>Ilustración 9: Flujo de encomiendas de los servicios</i>	24
<i>Ilustración 10: Diagrama de flujo operacional de vehículos</i>	25
<i>Ilustración 11: Esquema Organizacional Chilexpress RM. Elaboración propia</i>	27
<i>Ilustración 12: Clasificación de emisiones del GHG Protocol. Fuente: ECCR del GHG Protocol</i>	29
<i>Ilustración 13: Matriz de clasificación fuentes de emisión. Fuente: Elaboración propia</i>	32
<i>Ilustración 14: Esquema límite operacional. Fuente: Elaboración propia</i>	33
<i>Ilustración 15: Proporción emisiones Recorridos RM. Fuente: Elaboración propia</i>	45
<i>Ilustración 16: Mapa sectorial recorridos RM</i>	49
<i>Ilustración 17: Emisiones por sector geográfico RM. Fuente: Elaboración propia</i>	49
<i>Ilustración 18: Gráfico proporción de emisiones por destino aéreo. Fuente: Elaboración propia</i>	56
<i>Ilustración 19: Gráfico proporción de emisiones por destino aéreo. Fuente: Elaboración propia.</i>	58
<i>Ilustración 20: Proyección precio diesel. Fuente: Elaboración propia. Fuente: Elaboración propia.</i>	67
<i>Ilustración 21: Rango de las proyecciones del precio del diesel</i>	67
<i>Ilustración 22: "Spoilers" de camiones Chilexpress</i>	68
<i>Ilustración 23: Componente SDR instalado en camión</i>	69
<i>Ilustración 24: Efecto aerodinámico SDR</i>	69
<i>Ilustración 25: Flujo de caja proyecto "Aerodinámica"</i>	71
<i>Ilustración 26: Distribución VAN del proyecto "Aerodinámica"</i>	71
<i>Ilustración 27: Flujo de caja proyecto Eco-Driving</i>	75
<i>Ilustración 28: Distribución VPN del proyecto Eco-driving</i>	76
<i>Ilustración 29: Vehículo Eléctrico Piaggio</i>	80
<i>Ilustración 30: Estación de Carga para vehículos</i>	83
<i>Ilustración 31: Flujo de cada proyecto vehículos eléctricos con recambio de baterías</i>	85
<i>Ilustración 32: Distribución VPN proyecto vehículos eléctricos con recambio de baterías</i>	87
<i>Ilustración 33: Flujos proyecto vehículos eléctricos sin recambio de batería</i>	89
<i>Ilustración 34: Distribución VPN proyecto de vehículos eléctricos sin recambio de baterías</i>	90
<i>Ilustración 35: Flujos de ambas estrategias de implementación de vehículos eléctricos</i>	92
<i>Ilustración 36: Mapa implementación vehículos eléctricos Jornada AM.</i>	93
<i>Ilustración 37: Mapa implementación vehículos eléctricos jornada PM.</i>	93
<i>Ilustración 38: Vehículo eléctrico de origen Chino</i>	94
<i>Ilustración 39: Flujo de caja proyecto vehículos eléctricos Chinos. Fuente: Elaboración propia.</i>	95
<i>Ilustración 40: Distribución del VAN del proyecto vehículos eléctricos Chinos. Fuente: Elaboración propia.</i>	96
<i>Ilustración 41: Moto eléctrica Koala origen Chino</i>	98
<i>Ilustración 42: Moto eléctrica ZEV origen Estadounidense</i>	99
<i>Ilustración 43: Moto eléctrica Motorswatt origen Español</i>	99

<i>Ilustración 44: Moto eléctrica Vmoto origen Australia</i>	99
<i>Ilustración 45: Mapa implementación e-Scooters</i>	100
<i>Ilustración 46: Distribución VAN proyecto E-Scooter</i>	102
<i>Ilustración 47: Bicicleta eléctrica evaluada para las medidas de mitigación</i>	104
<i>Ilustración 48: Mapa implementación e-bikes Jornada AM y PM.</i>	105
<i>Ilustración 49: Flujo proyecto "e-Bikes".</i>	106
<i>Ilustración 50: Distribución del VAN proyecto "e-Bikes".</i>	107
<i>Ilustración 51: Curva de Abatimiento de las medidas de mitigación. Fuente: Elaboración propia.</i>	110
<i>Ilustración 52: Curva de Abatimiento con precios altos de combustible. Fuente: Elaboración propia.</i>	111
<i>Ilustración 53: Curva de Abatimiento con precios bajos del combustible. Fuente: Elaboración propia.</i>	112
<i>Ilustración 54: Alianza Chilexpress</i>	117
<i>Ilustración 55: Alianza Fundación Chile</i>	117
<i>Ilustración 56: Lanzamiento de "Estrategia de Sustentabilidad de Chilexpress"</i>	117
<i>Ilustración 57: Proyección del precio de la energía consumida por Chilexpress. Elaboración propia a partir de proyección de Fundación Chile</i>	121
<i>Ilustración 58: Curva de Abatimiento Brasil. Fuente: "Pathways to a Low-Carbon Economy for Brazil"</i>	124

Índice de Tablas

Tabla 1: Rendimientos vehículos de Chilexpress. Fuente: Elaboración propia a partir de información dada del jefe de taller de mantenciones de la empresa.	34
Tabla 2: Capacidades por vehículo. Fuente: Elaboración propia a partir de información de Planificación Operacional	35
Tabla 3: Emisiones Recorridos RM. Fuente: Elaboración propia	37
Tabla 4: Emisiones rutas terrestres. Fuente: Elaboración propia.	38
Tabla 5: Emisiones rutas aéreas. Fuente: Elaboración propia	39
Tabla 6: Emisiones por consumo de electricidad. Fuente: Elaboración propia.	40
Tabla 7: Coeficiente de Pearson entre consumo eléctrico y el número de unidades procesadas. Fuente: Elaboración propia	41
Tabla 8: Emisiones fugitivas por gases refrigerantes. Fuente: Elaboración propia	42
Tabla 9: Emisiones por ciclo de vida de los embalajes. Fuente: Elaboración propia.	43
Tabla 10: Resumen emisiones por grupos. Elaboración propia.	44
Tabla 11: Emisiones totales por alcance. Fuente: Elaboración propia.	44
Tabla 12: Emisiones por unidad de producto entregado. Fuente: Elaboración propia.....	44
Tabla 13: Emisiones recorridos por unidad de volumen. Fuente: Elaboración propia.....	46
Tabla 14: Distancias promedio diarias por vehículo por tipo de recorrido. Fuente: Elaboración propia.	47
Tabla 15: Emisiones recorridos por unidad de volumen y kilómetro recorrido. Fuente: Elaboración propia. ..	48
Tabla 16: Emisiones recorridos sector céntrico. Fuente: Elaboración propia.	50
Tabla 17: Emisiones por motos por sector geográfico. Fuente: Elaboración propia.	51
Tabla 18: Emisiones por motos por sector "Centro". Fuente: Elaboración propia.	52
Tabla 19: Emisiones por motos por sector "Periferia". Fuente: Elaboración propia.....	52
Tabla 20: Emisiones por motos por sector "Centro". Fuente: Elaboración propia	53
Tabla 21: Emisiones por motos por sector "Centro". Fuente: Elaboración propia	53
Tabla 22: Emisiones de los puntos críticos asociados a motos. Fuente: Elaboración propia.....	54
Tabla 23: Emisiones rutas terrestres por unidad de volumen y kilometro recorrido. Fuente: Elaboración propia.	55
Tabla 24: Emisiones rutas terrestres críticas. Fuente: Elaboración propia.	57
Tabla 25: Emisiones rutas aéreas por destino. Fuente: Elaboración propia.	58
Tabla 26: Emisiones por unidad de embalaje por tipo. Fuente: Elaboración propia.	59
Tabla 27: Resumen puntos críticos con sus emisiones y alcances. Fuente: Elaboración propia.	61
Tabla 28: Indicadores de costo efectividad proyecto "Aerodinámica"	72
Tabla 29: Indicadores costo efectividad proyecto "Eco Conducción"	76
Tabla 30: Ficha técnica vehículo eléctrico Piaggio. Fuente Elaboración propia a partir del fabricante.	81
Tabla 31: Indicadores costo efectividad proyecto "VE Piaggio con recambio de baterías"	88
Tabla 32 Indicadores costo efectividad proyecto "VE Piaggio sin recambio de baterías"	91
Tabla 33: Ficha técnica vehículo eléctrico Chino. Fuente Elaboración propia a partir del fabricante.	94
Tabla 34: Indicadores costo efectividad proyecto "EV Chinos".	97
Tabla 35: Flujo de proyecto e-Scooter. Fuente: Elaboración propia.	101
Tabla 36: Indicadores costo efectividad proyecto "e-Scooters".	103
Tabla 37: Especificaciones técnicas bicicleta eléctrica. Fuente: Elaboración propia a partir de fabricación..	104
Tabla 38: Indicadores costo efectividad proyecto "e-Bikes"	108
Tabla 39: Costos de Abatimiento de las medidas. Fuente: Elaboración propia.....	109

<i>Tabla 40: Factores de emisión. Fuente: WRI, IPCC, CDEC SIC, DEFRA, Fundación Chile</i>	119
<i>Tabla 41: Emisiones por rutas terrestres. Fuente: Elaboración propia</i>	120
<i>Tabla 42: Tendencias de emisiones por sector industrial. Fuente: CEPAL 2009.</i>	120
<i>Tabla 43: Efectividad programas de conducción eficiente. Fuente: International Forum, 2007.</i>	121
<i>Tabla 44: Emisiones recorridos "Licitados". Fuente: Elaboración propia.</i>	123
<i>Tabla 45: Costos de mantención vehículos eléctricos. Fuente: Elaboración propia a partir de información de PIAGGIO</i>	124

Índice de ecuaciones

<i>Ecuación 1: Emisiones por actividad.....</i>	<i>12</i>
<i>Ecuación 2: Emisiones totales.....</i>	<i>13</i>
<i>Ecuación 3: Inversión total de cada medida de mitigación</i>	<i>13</i>
<i>Ecuación 4: Inversión anualizada</i>	<i>14</i>
<i>Ecuación 5: Costo anualizado medida de mitigación</i>	<i>14</i>
<i>Ecuación 6: Ahorro de combustible medida de mitigación</i>	<i>15</i>
<i>Ecuación 7: Diferencia de emisiones con la nueva medida de mitigación.....</i>	<i>15</i>
<i>Ecuación 8: Ahorros en operación y mantenimiento por la medida de mitigación.....</i>	<i>15</i>
<i>Ecuación 9: Costo de abatimiento de la iniciativa m.....</i>	<i>16</i>
<i>Ecuación 10: Función proyección precio diesel.....</i>	<i>66</i>
<i>Ecuación 11: Energía de una batería</i>	<i>78</i>
<i>Ecuación 12: Tiempo de carga de batería</i>	<i>79</i>

Lista de acrónimos

GEI:	Gases Efecto Invernadero.
IPCC:	Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
CO ₂ :	Dióxido de carbono.
CH ₂ :	Metano.
N ₂ O:	Óxido Nitroso.
HFC:	Hidrofluorocarbonos.
PFC:	Pentafluorocarbonos.
SF ₆ :	Hexafluoro de azufre.
CO ₂ e:	Dióxido de carbono equivalente.
HdC:	Huella de Carbono.
tCO ₂ e:	Tonelada de dióxido de carbono equivalente.
Kwh:	Kilowatt-hora.
Gwh:	Gigawatt-hora.
Gj:	Giga joule.
Ah:	Ampere hora
V:	Voltaje
I:	Intensidad de corriente
PCG:	Potencial de Calentamiento Global.
IEA:	Agencia Internacional de Energía.
SIC:	Sistema Interconectado Central.
CDEC-SIC:	Centro de Despacho Económico de Carga del SIC.
GWP:	Potencial de calentamiento Global
DEFRA:	Department for Environment, Food and Rural Affairs.
WRI:	Instituto de Recursos Mundiales.
WBCSD:	Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sustentable.
UNFCC:	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
RM:	Región Metropolitana.
CR:	Centro de Reparto
OC:	Oficina Comercial
CD:	Centro de Distribución
CER:	Certified Emission Reduction.
MDL:	Mecanismo de desarrollo limpio.
VAN:	Valor Actual Neto.
TIR:	Tasa Interna de Retorno.
PRI:	Periodo de retorno de la Inversión
VE:	Vehículo eléctrico

1 Introducción

En la actualidad, no hay dudas de que la actividad humana y específicamente la actividad empresarial están alterando nuestro ecosistema, generando un aumento progresivo de la temperatura de nuestra atmosfera, provocando un calentamiento a nivel global. La temperatura media global del aire ha aumentado en 0.6°C durante el último siglo¹ a causa del aumento de intensidad del efecto invernadero. Estas alteraciones de la temperatura del aire generan cambios en las demás variables climatológicas provocando lo que se ha denominado como “Cambio Climático”.

El efecto invernadero es un proceso natural por el cual los gases de efecto invernadero (GEI) que están presentes en la atmósfera, capturan parte de la radiación que llega a la tierra, logrando amortiguar las oscilaciones térmicas entre día y noche. De esta forma aumenta el promedio de temperatura en la tierra, la cual permite que las condiciones ambientales se mantengan templadas para la vida humana, permitiendo los ecosistemas actuales. Sin embargo el aumento de los GEI presentes en la atmosfera ha provocado el aumento y la intensificación de este proceso natural, dando paso al calentamiento global.

El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), fundado por la Organización Mundial de Meteorología y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente en 1988 para “evaluar la información científica, técnica y socioeconómica relevante para la comprensión del riesgo del cambio climático inducido por el hombre”, llegó a las siguientes conclusiones en relación al cambio climático (Cuarto informe 2007):

-La temperatura media de la tierra y el efecto invernadero, dependen de la concentración de CO₂ y otros gases de efecto invernadero en la atmósfera.

-La concentración de CO₂ aumentó de 280 a 350 ppm durante la era industrial.

-El hombre es el responsable de este aumento, principalmente por la combustión de combustibles fósiles como el carbón, petróleo y gas, que ha ocasionado la liberación a gran escala en la atmósfera del dióxido de carbono acumulado de forma natural hace millones de años.

-Solo una reducción masiva de las emisiones podría aliviar el futuro cambio climático. (IPCC).

¹ IPCC: Panel Intergubernamental del Cambio Climático

Según un informe de emitido por la Administración de Información de Energía Estadounidense, Chile es el país que más incrementó sus emisiones de Gases efecto invernadero entre 2008 y 2009, dando origen a posicionarse en el lugar 35 en el ranking publicado por dicha entidad.

La preocupación por este enorme problema, ha fomentado el desarrollo de métricas de evaluación ambiental a nivel internacional en diversos ámbitos. Una de las herramientas de contabilidad y reporte ambiental es la Huella de Carbono (HdC) que corresponde a “la totalidad de GEI emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto”². Los GEI considerados son aquellos definidos por las Naciones Unidas en el Protocolo de Kyoto: CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆ y la cantidad total se expresa en unidades de masa de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e).

Esta herramienta ha tomado fuerza como indicador de sustentabilidad durante los últimos años, en parte debido a la simplicidad de su reporte y la posibilidad de hacer comparaciones en el tiempo, y entre productos de la misma categoría. El cálculo de la HdC constituye el punto de partida para la comprensión y análisis de la situación propia de la organización, y permite a continuación iniciar medidas concretas de mejoramiento y mitigación, como la eficiencia energética, la eficiencia operacional, el uso de energías renovables, entre otros. En la mayoría de los casos, las reducciones de HdC significan a su vez rebajas de costos y en muchas ocasiones, éstas superan con creces los esfuerzos e inversiones desplegadas.

La extensión del cálculo de la HdC más allá de los límites de la organización, abre el espacio para un valioso trabajo con proveedores y clientes que permite comprender mejor los riesgos y oportunidades del negocio frente al cambio climático, abre nuevos espacios para mejoramiento y permite reforzar las relaciones con estos importantes actores. Las reducciones de la HdC muchas veces son compartidas con los proveedores y/o clientes produciéndose una mayor integración entre los participantes del ciclo del producto. En los casos que no es posible conseguir mayores reducciones, existe la opción de realizar compensaciones mediante la captura de CO₂ en bosques o neutralizar las emisiones a través de compra de créditos de carbono.

Bajo este contexto, la huella de Carbono, representa una medida para la contribución de las organizaciones a ser entidades socialmente responsables y consientes respecto a sus emisiones, teniendo la posibilidad de disminuir estos impactos negativos y a la vez obteniendo múltiples beneficios, desde menores costos operacionales hasta una mejor imagen corporativa.

En este sentido, una de las empresas que ha tomado la iniciativa de conocer su Huella de Carbono para empezar a realizar cambios sustanciales en la forma

² UK Carbon Trust 2008.

en que opera en temas de sustentabilidad y de eficiencia energética es Chilexpress, una de las empresas de servicios de transportes expresos más grandes de Chile, con la mayor cobertura Nacional y la mejor calidad de servicio entregado.

Uno de los motivos que lleva a la empresa a realizar esta iniciativa en Sustentabilidad es su liderazgo en la industria Nacional, incorporando la dimensión sustentable en el modelo de negocio y en la visión de la empresa.

Es de gran importancia que una empresa como Chilexpress realice cambios en la forma de operar su modelo actual, ya que la empresa posee una variada y extensa flota que cada día provoca, a nivel global, toneladas de emisiones de CO₂, las que en forma conjunta con otros actores de la industria del transporte de carga, contribuyen y aceleran el efecto del calentamiento global. Es por eso que la iniciativa de Chilexpress, representa el primer paso para que se genere una cadena de iniciativas que se base en la sustentabilidad y la eficiencia energética en una de las industrias más influyentes en las emisiones a nivel global.

Para cuantificar y dimensionar los efectos de las emisiones es necesario entender el tamaño de la empresa y conocer las dimensiones de su negocio y de su flota.

Chilexpress cuenta con una flota de más de 400 vehículos, los que permiten el traslado expreso de los envíos y encomiendas a los más diversos destinos que cubre su red, permitiendo así el cumplimiento oportuno de los servicios que ofrece. Chilexpress cuenta con más de 272 oficinas comerciales a lo largo de todo el país, 22 Centros de Distribución y 47 Centros de Reparto, lo que permite que cuente con una red de infraestructura cercana a sus más variados clientes en todas las Regiones de Chile.

Dado lo anterior, la presencia de la empresa se extiende a más de 360 ciudades del país, permitiendo ofrecer una completa cobertura nacional, estando también presentes en cada rincón del mundo gracias a las alianzas estratégicas que tiene con las más reconocidas empresas de Courier y aerolíneas a nivel internacional.

Junto con su gran cobertura, la avanzada tecnología con la que cuenta Chilexpress y el diseño e implementación de un completo sistema operacional, les permite ofrecer al mercado excelentes plazos de entrega apoyados con un completo sistema de seguimiento en línea de los envíos, otorgando de esta manera permanente confianza y seguridad a quienes contratan los servicios que ofrecen.

De esta forma, Chilexpress representa a una empresa que tiene un gran consumo en temas energéticos, ya sea en transporte local, transporte regional, y transporte aéreo que se traducen en emisiones significativas a nivel Nacional. Además con las numerosas instalaciones, centros de reparto y oficinas comerciales, la empresa tiene una alta demanda eléctrica, manifestando emisiones de CO_2 en eslabones más arriba de la cadena de suministro, en donde la energía se genera para su consumo final.

Del mismo modo, Chilexpress representa un potencial importante en materia de reducciones de emisiones por las múltiples actividades y procesos que generan sus operaciones y por su gran tamaño en la industria del transporte de carga a nivel Nacional. Estas reducciones se logran con iniciativas concretas que se tratan en detalle en este informe y que logran incidir de forma positiva en el medio ambiente, ayudando a combatir el cambio climático desde un enfoque empresarial, generando del mismo modo, un valor agregado y económico para la compañía.

2 Marco conceptual y protocolo internacional

Durante la Cumbre Mundial de Desarrollo Sustentable celebrada en Río el año 1992, los países acordaron que la evidencia científica sobre el cambio climático hacía pertinente que se adoptaran medidas a nivel global. De ahí nació la Convención Marco de las Naciones Unidas (CMNUCC) sobre Cambio Climático. Ésta Convención es el tratado fundamental en materia de cambio climático que ofrece un contexto global para los esfuerzos internacionales para mitigar el cambio climático. El protocolo de Kioto es un protocolo que se discutió y se empezó a desarrollar bajo este marco de la CMNUCC.

Uno de los emblemas de la nueva política global ambiental para frenar el cambio climático, ha sido precisamente el Protocolo de Kioto, éste protocolo es un acuerdo intergubernamental diseñado para que ciertos sectores de la industria de los países desarrollados, reduzcan sus emisiones de gases de efecto invernadero. El acuerdo se estableció en 1997, y tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases que causan el calentamiento global: dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆), en un porcentaje aproximado de al menos un 5%, dentro del periodo que va desde el año 2008 al 2012, en comparación a las emisiones al año 1990.

El Protocolo introdujo asimismo tres nuevos mecanismos internacionales denominados "mecanismos de flexibilidad" o "mecanismos de Kioto", que son componentes básicos sin los cuales el Protocolo difícilmente podría entrar en vigor. El objetivo de esos mecanismos es hacer menos oneroso la aplicación del Protocolo. Estos mecanismos son; el comercio internacional de los derechos de emisión de GEI con efectos a partir de 2008, conocido también como Transacción de Emisiones, la Implementación Conjunta (IC) y el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Los dos últimos implican la transferencia de los créditos de reducción de las emisiones acumuladas gracias a proyectos de reducción de las emisiones en otros países.

Una herramienta para reducir estas emisiones, es la medición de la Huella de Carbono, y como tal, debe aplicarse un determinado protocolo de estimación y contabilidad de emisiones de GEI. Una de las metodologías para la cuantificación de emisiones de GEI es a través del protocolo internacional Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol). El GHG Protocol, es una iniciativa de una alianza de ONG's, de empresas, y de gobiernos, desarrolladas por el World Resources Institute y el World Business Council for Sustainable Development. Esta iniciativa fue lanzada en 1988, y es uno de los protocolos más utilizados a escala internacional para entender, cuantificar y gestionar las emisiones de GEI. De este modo, este protocolo es una guía paso a paso para medir de manera correcta la contribución de gases efecto invernadero de una empresa, de acuerdo a los

límites organizacionales, los límites operaciones, y una serie de clasificaciones de las emisiones de gases efecto invernadero de la empresa, sea directa o indirecta.

La contabilidad y el reporte de GEI deben basarse imprescindiblemente en principios definidos claramente por el GHG Protocol; La **relevancia**, el cual asegura que el inventario de GEI refleje de manera apropiada las emisiones de una empresa y que sea un elemento objetivo en la toma de decisiones tanto de usuarios internos como externos a la empresa; La **integridad**, que establece hacer la contabilidad y el reporte de manera íntegra, abarcando todas las fuentes de emisión de GEI y las actividades incluidas en el límite del inventario y se debe reportar y justificar cualquier excepción a este principio general; La **consistencia**, que utiliza metodologías consistentes que permitan comparaciones significativas de las emisiones a lo largo del tiempo. Documenta de manera transparente cualquier cambio en los datos, en el límite del inventario, en los métodos de cálculo o en cualquier otro factor relevante en una serie de tiempo; La **transparencia**, la cual atiende todas las cuestiones significativas o relevantes de manera objetiva y coherente, basada en un seguimiento de auditoría transparente. Revela todos los supuestos de importancia y hace referencias apropiadas a las metodologías de contabilidad y cálculo, al igual que a las fuentes de información utilizadas. Y por último, la **precisión**, que asegura que la cuantificación de las emisiones de GEI no observe errores sistemáticos o desviaciones con respecto a las emisiones reales, hasta donde pueda ser evaluado, y de tal manera que la incertidumbre sea reducida en lo posible. Es necesario adquirir una precisión suficiente que permita a los usuarios tomar decisiones con una confianza razonable con respecto a la integridad de la información reportada.

Además de los principios en los que se basa la Huella de Carbono, es necesario el concepto del **Límite Organizacional y Límite Operacional**

Para el caso del “Límite Organizacional”, cabe señalar que existen dos enfoques para determinar aquellos límites en el cálculo de Huella de Carbono corporativa, uno es el enfoque de participación accionaria, en que una empresa contabiliza las emisiones de GEI de acuerdo a la proporción que posee en la estructura accionaria. El otro es el enfoque de control operacional, bajo el cual una empresa contabiliza el 100% de sus emisiones de GEI atribuibles a las operaciones sobre las cuales ejerce el control.

Para el caso del “Límite Operacional”, es imprescindible contabilizar y delimitar las fuentes y recursos que utiliza la empresa al cual se le medirá la huella de carbono, es por esto que se debe clasificar las fuentes de emisión de acuerdo a tres grandes grupos el cual definen en su conjunto el límite operacional de la empresa en cuestión.

Las fuentes de emisión se clasifican en distintos alcances:

Alcance 1: Comprende las emisiones directas generadas en fuentes de propiedad de la empresa o controladas por ella. En este alcance se incluyen las emisiones provenientes de fuentes de combustión fija como emisiones fugitivas provenientes principalmente de escapes de hidrofluorocarbonos (HFCs) durante el uso de equipo de refrigeración, combustión móvil de propiedad de la empresa.

Alcance 2: Emisiones asociadas a la generación de electricidad adquirida por la empresa, que es consumida en sus operaciones y equipos propios o controlados

Alcance 3: Otras emisiones indirectas que son consecuencia de las actividades de la institución. Ocurren en fuentes que no son controladas por la empresa en cuestión.

Además es importante mencionar las grandes áreas de medidas de mitigación que se enfocan en la reducción de la Huella de Carbono y que se tratan en este informe, estas son la “**Eficiencia Energética**” y la “**Electromovilidad**”

La Eficiencia Energética (EE) es el conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos o servicios finales obtenidos. Por eso, ser eficientes con el uso de la energía significa “hacer más con menos”.³ Y la Electromovilidad, es el conjunto de vehículos que se basa en el consumo de electricidad para su desplazamiento.

Además es importante definir el concepto de **Bonos de Carbono**, las que corresponden a Reducciones Certificadas de Emisiones de Gases Efecto Invernadero o CERs, por su sigla en inglés Certified Emission Reductions. El CER es la unidad que corresponde a una tonelada métrica de dióxido de carbono equivalente. Los CERs se generan en la etapa de ejecución del proyecto; y se extienden una vez acreditada dicha reducción. Son créditos que se transan en el Mercado del Carbono.

Para cumplir con sus metas de reducción de emisiones, los países desarrollados pueden financiar proyectos de captura o abatimiento de GEI en otras naciones, principalmente en vías de desarrollo, acreditando tales disminuciones como si hubiesen sido hechas en territorio propio.

³ Fuente: Agencia Chilena de Eficiencia Energética

3 Objetivos del proyecto de memoria

El proyecto tiene como objetivo general evaluar medidas de mitigación y estimar reducciones en la Huella de Carbono de Chilexpress. Para esto, es necesario cumplir ciertos objetivos específicos que se detallan a continuación.

- Identificar procesos principales y actividades críticas con sus respectivas fuentes de consumo energético a partir del análisis operacional de la empresa.
- Cuantificar el consumo energético de las actividades principales y clasificar las emisiones según su alcance, en emisiones directas e indirectas.
- Medir la Huella de Carbono de la empresa según la metodología escogida y al alcance determinado previamente.
- Proponer medidas e iniciativas de mitigación que respondan y apunten a satisfacer el análisis de la Huella de Carbono.
- Estimar reducciones de emisiones y fundamentar las mejores soluciones y la prioridad de las medidas de mitigación a partir de curvas de abatimiento.

La medición inicial se realiza con el protocolo “Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte” del Greenhouse Gas Protocol, descrito anteriormente⁴. Este análisis inicial en cuanto a la sostenibilidad de la empresa, permite identificar debilidades, oportunidades, y enfocar iniciativas hacia las actividades o unidades que presenten mayor contribución en términos porcentuales al resultado numérico de la Huella de Carbono inicial.

De esta forma se propondrán diferentes iniciativas y medidas concretas, que permitan mitigar y contrarrestar los impactos medioambientales que se producen en la actualidad.

Estos proyectos de mitigación, que apuntarán a satisfacer las debilidades de los puntos críticos analizados en la etapa inicial, serán evaluados tanto en el ámbito técnico-económico, como en el ámbito sustentable. Identificando y cuantificando inversiones, costos de operación y mantención, ahorros generados por incorporación de nueva tecnología, entre otros.

Finalmente el objetivo del proyecto de memoria es evaluar las medidas de mitigación propuestas, para implementar aquellas que otorguen beneficios tanto económicos como ambientales, y de esta forma lograr reducir la Huella de Carbono de Chilexpress.

⁴ Descrito en Marco Conceptual y Protocolo Internacional.

4 Descripción del proyecto de memoria

El proyecto de memoria comprende la medición de la huella de Carbono de Chilexpress, mediante el protocolo más utilizado a nivel internacional GHG, descrito detalladamente más adelante. Posteriormente a la medición de la huella de Carbono de la empresa, se proponen y evalúan diferentes medidas o alternativas de mitigación.

Este estudio tiene un periodo de reporte de un año, correspondiente al año 2012. Las emisiones, la estructura organizacional y la estructura operacional que exista dentro de este período, serán considerados para de la medición de la huella de la empresa.

4.1 Justificación del proyecto

Las razones por las cuales se desea hacer este proyecto, se enmarcan en la necesidad de embarcarse en el desarrollo de la empresa de manera sostenible, con el cuidado del medio ambiente y la responsabilidad empresarial ambiental.

La medición y la posterior reducción de la huella de carbono para una empresa como Chilexpress, generan múltiples beneficios, como reducción de costos operacionales por un menor consumo y/o una mayor eficiencia energética en los procesos. Otro beneficio que justifique la realización de un proyecto de esta naturaleza podría deberse a una mejor imagen corporativa por un concepto de sostenibilidad y responsabilidad medioambiental, permitiendo diferenciarse y posicionarse como empresa sustentable. Otra ventaja que se obtiene con la reducción de la huella de carbono, es el aumento de posibilidades de ingreso a nuevos mercados y cada vez más exigentes y más regulados en términos de sostenibilidad, en especial en Chile, en donde el modelo económico tiene su base y sustento en las exportaciones hacia otros continentes.

Desde otro punto de vista, mirado desde la perspectiva de los consumidores finales de productos y servicios, se ha mostrado una tendencia en la sociedad al consumo de bienes con un carácter sustentable, en donde se prioriza el desarrollo sostenible durante todo el ciclo de vida del producto final. Esta tendencia es parte de una mayor conciencia medioambiental de la sociedad, que en estos tiempos es cada vez mayor.

4.2 Alcances del Proyecto

Dentro del alcance del proyecto de memoria, que se enmarca dentro de la región Metropolitana, se tomarán en cuenta todas las emisiones de gases efectos invernadero que generen los distintos tipo de recorridos por los vehículos de la empresa. De esta forma se incluyen los recorridos de retiro y los recorridos de entrega de encomiendas, que se llevan a cabo dentro de las diferentes zonas de la capital y en diferentes horarios entre sí.

Todos estos recorridos, se asocian a diferentes sectores de la Región, de manera de clasificarlos y poder identificarlos.

Además de los recorridos, se incluye en el análisis todas la Rutas terrestres que tengan como origen la región metropolitana. De esta forma se tendrán medidas más certeras y completas de la huella de carbono de la empresa en RM.

Se excluyen en este caso las rutas que tengan como destino la capital, ya que a futuro se pretende replicar el modelo de este proyecto hacia las demás localidades en donde está presente la empresa. De esta manera, al no incluir las Rutas con destino RM, se evita una duplicación de las rutas para un posible proyecto posterior, ya que una ruta con destino RM es una ruta con algún origen en algún otro centro de distribución.

A continuación se observa un esquema de las rutas que se incluirán en el proyecto:

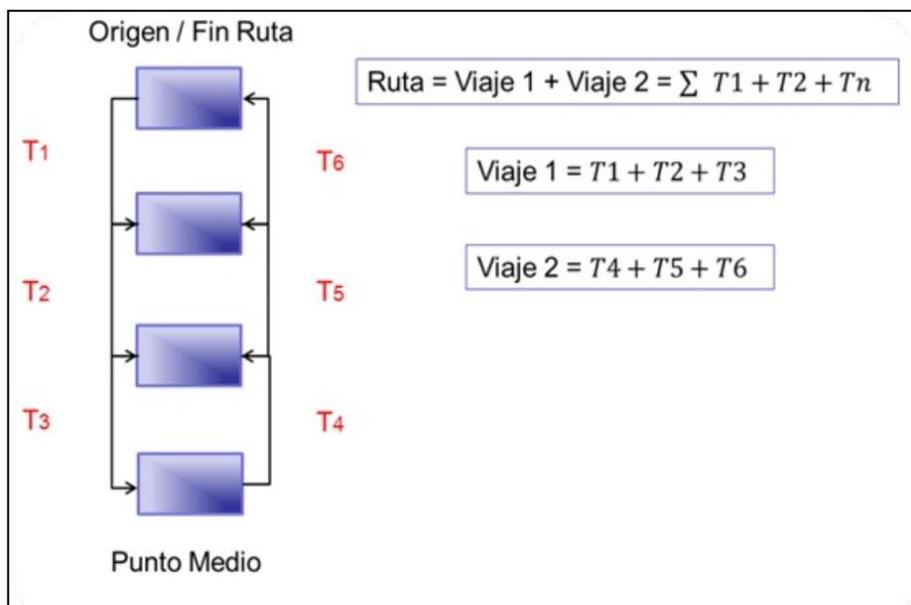


Ilustración 1: Esquema de Rutas terrestres origen-destino

En este esquema, el punto medio podría ser La Serena por ejemplo, con origen siempre en Santiago. Sin embargo cada viaje tiene distintas paradas entre medio para dejar las encomiendas que ameriten ser dejados en los centros de distribución en el camino.

Otro elemento a considerar es el análisis del consumo energético y por ende las emisiones, tanto directas como indirectas, del Centro de Distribución RM que se encuentra en Pudahuel, incluyendo además los consumos de las distintas oficinas comerciales y centros de repartos ubicados dentro de la región metropolitana.

4.3 Metodología y actividades

Para realizar estas mediciones de emisiones de gases efecto invernadero, actores mundiales como el World Resources Institute (WRI) y el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) han desarrollado una metodología y un protocolo para la medición de la huella de carbono para las empresas, el Greenhouse Protocol que está disponible para que las empresas empiecen contabilizar y reducir sus emisiones.

En este tipo de estudios es necesario partir con el levantamiento de la información disponible del año de medición de la empresa, y luego trabajar en base a tal información para medir correctamente la huella de Carbono, por lo que se propuso una serie de pasos y actividades metodológicas que apuntan a trabajar de forma complementaria al protocolo internacional GhG.

Dentro de las etapas se puede mencionar a groso modo las siguientes:

1. Levantar información relevante de las actividades y de las operaciones que se realizan actualmente.
2. Analizar el estado operacional inicial de la empresa.
3. Definición el alcance del análisis de estudio.
4. Identificar las actividades críticas que generen mayores impactos negativos en el medioambiente.
5. Identificar las fuentes de consumo y causas de impacto medioambiental dentro de la empresa.
6. Identificar y definir las fuentes secundarias de contaminación.

7. Medir la huella de carbono de la empresa de acuerdo al alcance escogido y de acuerdo a todas las fuentes y actividades consideradas.
8. Analizar oportunidades y debilidades de cada actividad identificada.
9. Proponer alternativas y acciones para mitigar los impactos medioambientales.
10. Evaluar cada plan de acción y cada alternativa.
11. Estimar las reducciones de emisiones de cada una de estas alternativas de mitigación.
12. Construir curvas de abatimiento con las medidas propuestas y analizar las alternativas de acuerdo a variables importantes, como, factibilidad, costo-eficiencia, escalabilidad, reducción efectiva, etc.
13. Concluir y argumentar las mejores soluciones posibles para mitigar los impactos medioambientales.

Para la metodología de las mediciones de emisiones, se debe recopilar la información de las actividades asociadas a las fuentes de emisión previamente identificadas. Luego, la información se ingresa en la herramienta de cálculo y se adapta según la estructura operacional considerando los supuestos del modelo descritos más adelante. Las fórmulas de cálculo están vinculadas a la información y las tablas de factores, lo que permite la trazabilidad de los resultados. El cálculo se basa en la fórmula básica:

Ecuación 1: Emisiones por actividad

$$E_i = \sum_c CC_i^c \cdot FE^c \cdot PCG^c$$

Dónde:

E_i : Emisiones de GEI de la actividad i expresadas en tCO₂e.

CC_i^j : Consumo de combustible c en la actividad i.

FE_i^c : Factor de emisión del combustible c.

PCG^c : Potencial de Calentamiento Global.

Luego el total de las emisiones se expresa de la siguiente forma:

Ecuación 2: Emisiones totales

$$E_T = \sum_{i=1}^N E_i$$

Para cada una de las evaluaciones de proyecto es necesario estimar ciertos parámetros, los cuales reflejan cierta medida de incertidumbre en cuanto a su valor, por lo tanto, la evaluación se modela con variables estocásticas para cada una de ellas, explicando y definiendo detalladamente los supuestos elegidos. Estos parámetros son los siguientes:

- I_m : Inversión requerida para realizar la medida m.
- N^m : Período por el cual dura la medida m, o su vida útil.
- $CO \& M_t^m$: Costos de operación y mantención en el año t de la medida m no asociada al consumo de combustible.
- ΔCC_t^m : Cambio en el consumo de combustible en el año t con la medida m.

Los costos de Inversión se calcularon de acuerdo a la penetración de la medida específica en el tiempo. Para esto, se definió una variable '*driver*', que representa la magnitud de su implementación en el tiempo. Por ejemplo para la medida '*reemplazo de vehículos actuales, por vehículos eléctricos*', ésta variable representa el número de vehículos eléctricos introducidos por año o para la medida '*Capacitación en eco driving a los mensajeros propios de Chilexpress*' ésta variables representa el número de mensajeros que se les capacita en un año.

De esta forma, se calcula la inversión total de la medida m con la siguiente ecuación:

Ecuación 3: Inversión total de cada medida de mitigación

$$I_m = \sum_{i \in \text{años}} I_i \cdot P_i$$

Dónde:

P_i : Penetración de la mitigación o inversión unitaria en el año i.

I_i : Valor de la inversión unitaria.

Debido a que las medidas tienen diferentes alcances en el tiempo, y las inversiones tienen diferente vida útil, se prefiere realizar un análisis anualizado, en que los indicadores se calculan para cada año. Para ello se anualiza la Inversión de cada medida m , de tal forma que el valor presente de la inversión en los primeros años, sea equivalente al valor presente de los flujos constantes anualizados. Estos flujos constantes se calculan de la siguiente manera:

Ecuación 4: Inversión anualizada

$$I_{t \text{ anualizada}}^m = I^m \cdot \frac{r}{1 - (1 + r)^{-n_m}}$$

Dónde:

I^m : Inversión de la medida m .

r : Tasa de Interés.

n_m : Vida útil de la medida m .

$\frac{r}{1 - (1 + r)^{-n}}$: Factor de recuperación del capital. La ponderación de una inversión por este factor entrega el valor anualizado.

Con esto, se puede calcular los flujos de costos de forma anualizada, incluyendo el valor de la inversión previamente anualizada, y el valor del costo de operación y mantenimiento de forma anual para cada medida. Estos costos anualizados se calculan con la siguiente fórmula:

Ecuación 5: Costo anualizado medida de mitigación

$$C_{t \text{ anualizado}}^m = I_{t \text{ anualizado}}^m + CO\&M_{t \text{ anualizado}}^m$$

Dónde:

$I_{t \text{ anualizado}}^m$: Inversión anualizada de la medida m en el año t .

$CO\&M_{t \text{ anualizado}}^m$: Costos de operación y mantenimiento anualizada de la medida m en el año t .

Luego se puede calcular el ahorro de combustible o de energía que se genera con la implementación de la medida m durante el año t con la siguiente expresión:

Ecuación 6: Ahorro de combustible medida de mitigación

$$AComb_t^m = \sum_c \Delta CC_t^m \cdot Costo_t^c$$

Dónde:

ΔCC_t^m : Diferencia en el consumo de combustible c con la medida m en el año t.

$Costo_t^c$: Costo del combustible c el año t.

Es importante resaltar que esta última expresión sólo contabiliza el ahorro de combustible o de energía generada con la medida, y no el ahorro en otros costos de operación y/o mantenimiento de la medida m.

Para contabilizar la disminución de las emisiones generadas con cada una de las medidas de mitigación, se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 7: Diferencia de emisiones con la nueva medida de mitigación

$$\Delta Em_t^m = \sum_c \Delta CC_t^m \cdot FE_t^c$$

Dónde:

ΔCC_t^m : Diferencia en el consumo de combustible c con la medida m en el año t.

FE_t^c : Factor de emisión del combustible c en el año t.

Para los ahorros de operación y mantenimiento que se generan con el reemplazo de la tecnología de referencia por las nuevas medidas de mitigación se calculan con la siguiente expresión:

Ecuación 8: Ahorros en operación y mantenimiento por la medida de mitigación

$$Aop_t^m = \sum_{i=1} A_{i,t}^m$$

Dónde:

$A_{i,t}^m$: Ahorro de operación y mantención durante el año t, producto de la actividad o proceso i que se realizaba anteriormente con la tecnología de referencia y que actualmente se evita con la medida m.

Finalmente con todos estos indicadores y flujos futuros de ingresos y costos, se puede calcular el “Costo Marginal de Reducción” a partir del valor presente neto de los flujos futuros de cada proyecto de mitigación y de las emisiones de CO₂e evitadas.

Ecuación 9: Costo de abatimiento de la iniciativa m

$$CmgR^m = \frac{VP(C_t^m \text{ anualizado} + AComb_t^m + Aop_t^m, T, r)}{\sum_{t=1}^N \Delta Em_t^m}$$

Dónde:

$VP(C_t^m \text{ anualizado} + AComb_t^m + Aop_t^m, T, r)$: Valor Presente de los flujos futuros del proyecto m evaluado a un horizonte T con una tasa de interés r

$\sum_{t=1}^N \Delta Em_t^m$: Total de emisiones evitadas con de la medida m durante su vida útil.

A partir de los indicadores y expresiones presentadas anteriormente se puede construir la curva de costos marginales de reducción de emisiones

Las curvas de abatimiento de emisiones de GEI proporcionan una base cuantitativa para generar prioridades y otorgar discusiones sobre qué acciones serían las más efectivas en reducir las emisiones y lo que podría costar implementar cada una de ellas. Proporcionan un mapa general de todas las oportunidades de mitigación que se deseen evaluar en términos sustentables, económicos y técnicos para reducir las emisiones de GEI.

El *costo de abatimiento* de una medida se define como los costos incrementales o los beneficios percibidos de cada medida o alternativa de bajas emisiones, en comparación al actual escenario con la tecnología de referencia. Las unidades del *costo de abatimiento* están representadas en unidades

monetarias por cada tonelada de CO₂e evitada a la atmosfera, donde el capital disponible no es considerado una restricción. Ésta medida representa también una variable estocástica debido a la variabilidad que tendrán los costos de operación, la variabilidad de los costos de la energía, las fluctuaciones del precio de los combustibles, y hasta la variabilidad de la inversión para un determinado proyecto, entre otros. Sin embargo se muestran en las curvas de abatimiento como un promedio para una toma de decisiones más clara.

El *potencial de abatimiento* de una medida se define como la diferencia de emisiones entre el escenario actual con la tecnología disponible, con el futuro escenario con una nueva tecnología de bajas emisiones asociada a la medida respectiva. Representa el potencial de reducción de las emisiones, y por lo tanto el potencial que tiene la medida de mitigación de reducir la huella de carbono de la empresa. Ésta medida representa una variable estocástica para la evaluación de los proyectos, ya que las reducciones de las emisiones con la nueva tecnología dependerán entre otras cosas, de los precios de los combustibles, de la energía, o de la penetración de la medida en los cambios culturales dentro de la empresa. Sin embargo para efectos prácticos se muestran en las curvas de abatimiento como un promedio del potencial de abatimiento, para así poder tomar la decisión de manera más clara.

En ambos casos, es decir, para el potencial de abatimiento y para el costo de abatimiento de cada una de las medidas, se realizará una completa evaluación de proyecto, en donde se apreciará el efecto estocástico de las variables consideradas en los modelos de evaluación, además de los análisis de sensibilidad para cada tipo de variable. De esta forma, se tendrá una visión general con todas las medidas de mitigación consideradas en las curvas de abatimiento, y para el caso de una revisión más detallada de la medida se podrá revisar su completo análisis en las evaluaciones individuales.

La siguiente figura presenta un ejemplo de una curva de costo de abatimiento de CO₂ en un horizonte estimado. El eje vertical presenta el costo de abatimiento, medido en dólares por tonelada de CO₂e, en tanto que el eje horizontal representa al potencial de abatimiento, medido en toneladas de CO₂ por año.

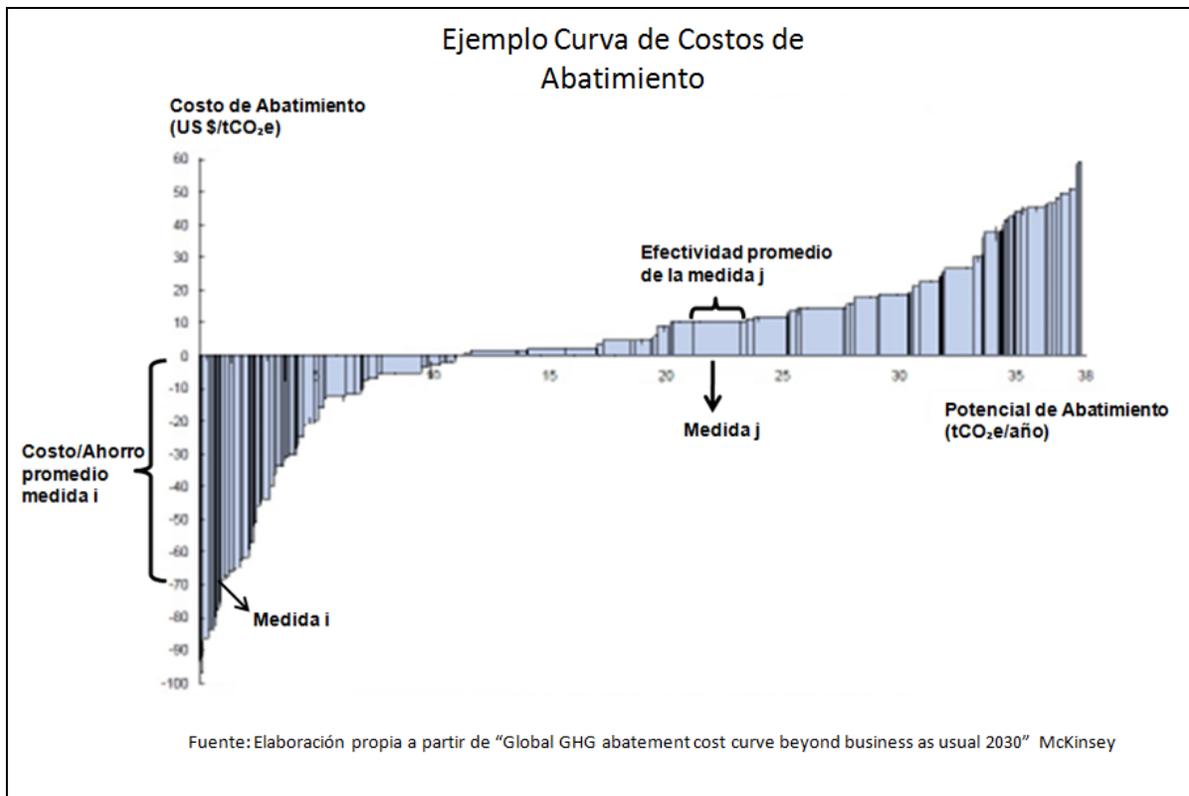


Ilustración 2: Ejemplo de Curva de Abatimiento. Fuente: Elaboración propia a partir de McKinsey

Cada barra representa una determinada medida de mitigación, el ancho de cada una de ellas representa el potencial de abatimiento, y el alto de cada una representa el costo de abatimiento explicado anteriormente. Luego de obtener estos dos indicadores para cada medida se ordenan de menor a mayor costo de abatimiento, para así obtener los proyectos con las prioridades económicas, que conforman en gran parte, los incentivos económicos para la reducción de las emisiones de la empresa.

En dicho gráfico se aprecia que, generalmente en la medida que las tecnologías permiten desarrollar un mayor abatimiento de CO₂, es decir que representan mayores oportunidades para disminuir la huella de carbono, en general su costo por tonelada de CO₂ abatido es mayor que las que representan un menor potencial de abatimiento. Por otro lado, existen medidas de mitigación que además de reducir las emisiones de los escenarios actuales, generan ahorros o costos negativos, es decir generan beneficios económicos a lo largo de la vida útil del proyecto.

5 Descripción de Chilexpress

Chilexpress inicia los servicios de envíos certificados en el año 1989, los que luego se consolidan en la empresa de Courier, giros de dinero, recaudaciones, y otros negocios relacionados a la mensajería bajo la razón social de Chilexpress S.A.

A mediados de los años 90 Chilexpress comienza a establecer las bases sobre las cuales se empiezan a construir una serie de características claves para el negocio: confiabilidad, rapidez, cobertura, trazabilidad de los envíos, seguridad, calidad, una permanente utilización de tecnología de punta y, claramente, los elevados estándares de calidad de servicio.

Entre los años 1997 y 2000, Chilexpress suma importantes alianzas estratégicas con empresas referentes de la industria del Courier a nivel mundial, como TNT y UPS, las que junto a los ya existentes contratos con Western Unión para giros internacionales de dinero y con el Gobierno de los Estados Unidos para la tramitación de las visas del mismo país, le permiten a la compañía brindar un importante valor agregado a la calidad del servicio que otorga.

En 2004 se adquiere un terreno en el Parque Industrial Enea vecino al aeropuerto de Santiago, donde se construyó el edificio corporativo de la empresa, junto con su Centro de Distribución principal, que fue equipado con dos clasificadores automáticos con tecnología de punta.

La completa cobertura que Chilexpress ha desplegado a nivel nacional e internacional, llevó a la empresa a desarrollar otras líneas de negocio que puedan aprovechar la experiencia obtenida en los servicios de Courier. Así, en el año 2007 nació la División Logística y Transporte, que brinda servicios de operación logística integral nacional e internacional y servicios de comercio exterior para la importación y exportación de productos hacia y desde todo el mundo a nuestros clientes, complementando de esta manera nuestra oferta y otorgando profundidad al desarrollo de la empresa.

Misión: Otorgar un servicio mensajería expresos y de transporte de carga de excelencia a sus clientes.

Visión: Ser la mejor empresa de servicios expresos, comprometida con el desarrollo profesional y personal de sus colaboradores, con sus clientes y con la sociedad.

5.1 Servicios entregados

Dentro de los servicios de Courier, se encuentran los productos de mensajería como sobres, valijas y encomiendas. Para cada una de ellas, estos servicios varían dependiendo de la necesidad de urgencia del cliente, pudiendo ser desde Ultra Express, el cual en tan solo un par de horas el envío llega a su destino, pasando por el servicio Overnight, el cual llega al día siguiente antes de las 11:00 A.M a destino, hasta el más holgado y económico, el cual llega a destino hasta 3 días hábiles luego de haber hecho el retiro de la carga.



Ilustración 3: Tipos de productos entregados por Chilexpress

Todos los envíos tienen entrega certificada, registrando el nombre y Rut de la persona que recibe. A través de la página web, el cliente puede verificar el estado de su envío, el cual es monitoreado permanentemente para saber el lugar exacto donde se encuentra.



Ilustración 4: Mensajero con entregas de encomienda

En cuanto a los servicios de Logística a nivel Nacional, Chilexpress incorpora en su negocio su flota de vehículos de carga pesada para el transporte troncal. Desde Santiago existen 9 rutas que llegan a diferentes regiones, y en la cual empieza la distribución a nivel local mediante su flota de vehículos más pequeños. Además de este servicio de Distribución Regional, Chilexpress ofrece Almacenamiento Temporal para sus encomiendas de mayor tamaño en los diferentes “Centros de Distribución y Logística”



Ilustración 5: Camión realizando Servicios de Logística

Además de este servicio Nacional de Logística con su red propia de infraestructura, Chilexpress ofrece el transporte de carga con una cobertura a nivel Internacional. Éste servicio de Comercio Exterior, de importación y exportación, se realiza mediante transporte aéreo y marítimo. Estas son alianzas estratégicos entre Chilexpress y empresas enfocadas al de transporte internacional de carga.

Otro servicio de la empresa, está enfocada al giro de dinero tanto a nivel Nacional como Internacional. Tiene una amplia cobertura en todo el país, con el respaldo de Western Union. Las transferencias son electrónicas y no tardan más de unos minutos en estar disponibles en el destino. Tanto la recepción como la entrega de giro de dinero se hacen en efectivo y el costo de la transferencia es el 2% del monto que usted desea enviar más \$2.000. Los giros de dinero internacional se realizan a través de Western Union, que cuenta con cobertura en 185 países en más de 100.000 locaciones en todo el mundo. El envío y recibo es en efectivo y moneda local, de acuerdo al tipo de cambio que informe Western Union. Todas estas transferencias y retiros de dinero se hacen las oficinas comerciales de Chilexpress.

5.2 Operación de Chilexpress

Los servicios de entrega, retiro de encomiendas y todo tipo de cargas tienen un eje central por el cual son enviadas a destino, este corresponde al Centro de Distribución ENEA, ubicado en Pudahuel. Este Centro, posee máquinas selectivas de forma automatizadas de última tecnología llamadas “Sorter”, importadas de Alemania. Estas máquinas, se componen a grosso modo por múltiples entradas para la recepción de encomiendas, un sistema eléctrico de transporte automático de carga que circula al interior del Centro, un sistema electrónico de selección y clasificación de encomiendas según destino, y finalmente múltiples salidas para las diferentes encomiendas según su destino.

Durante el circuito, las encomiendas tienen varios puntos de control y clasificación automática, en donde se obtienen ciertos datos como el peso, el volumen, el destino, y el tipo de encomienda. Dependiendo de esta última selección, es llevado a un segundo Sorter ubicado en la parte superior del Centro en donde se clasifican según destino solamente los sobres, los cuales luego de ser clasificados se vierten nuevamente al circuito mayor en donde son clasificados en las correspondientes ramblas de despachos finales.

Las encomiendas que no son sobres son seleccionadas de forma automática por el “Sorter” principal y son despachadas de forma directa por las ramblas de salida, listas para ser cargadas a los diferentes vehículos de carga para su posterior entrega.

Este flujo de encomiendas que transcurre dentro del Centro de Distribución, ocurre dos veces al día, cada una de ellas un tiempo de aproximadamente 4 horas. En cada una de estas, en la jornada AM y la jornada PM, ocurre el mismo flujo de encomiendas, desde las múltiples entradas de recepción, pasando por el circuito seleccionador para clasificarlas finalmente en las ramblas de salidas de cargas.



Ilustración 6: Sorter Principal del Centro de Distribución de Chilexpress

La diferencia entre la jornada AM y la jornada PM está en el origen y destino de las encomiendas.

En la Jornada AM, las encomiendas que llegan al Centro de Distribución ENEA, son cargas que vienen desde Regiones o del Extranjero, por lo que llegan por medio de camiones de carga pesada, ya que recorren viajes más grandes con mayor volumen. Estos viajes que se denominan “Rutas”, se realizan todos los días de lunes a sábado, los cuales traen carga desde regiones para las diferentes comunas de Santiago. Es por eso que en la jornada AM, el “Sorter” realiza la clasificación de las encomiendas según la segmentación de la Región Metropolitana.

A medida que las encomiendas caen por las ramplas de salida, se cargan a los vehículos tipo “Van” que corresponda a la salida de la correspondiente rampla de salida como se observa en las siguientes ilustraciones. Luego, a medida que son cargadas se retiran para realizar su recorrido de entrega durante la mañana.



Ilustración 7: Ramplas de selección de encomiendas



Ilustración 8: Zona de carga de encomiendas

Luego de haber cumplido todas las entregas, comienzan los servicios de retiro de encomienda, siendo en algunos casos cubiertos inmediatamente mientras se hacen las entregas por motivos de cercanía al punto de entrega.

En la jornada PM, el flujo dentro del centro es el mismo, pero a diferencia del anterior, las encomiendas han sido retiradas durante toda la tarde dentro de Santiago, por los más de 90 recorridos que se realizan diariamente en la empresa.

Cuando llegan las cargas a las múltiples entradas del circuito dentro del “Sorter”, son clasificadas para las distintas Regiones del País, y no para las comunas como en el caso anterior. Esto es debido a que en cada Región destino, existe un Centro de Distribución, en el que llegan las encomiendas y se clasifica para la entrega a nivel local de cada región en cuestión.

Una vez clasificada en cada rampla de salida del centro de distribución ENEA, se cargan a los camiones, y a medida que están listos, empiezan con sus respectivas "Rutas", saliendo durante la noche desde el Centro, para llegar a cada uno de los destinos durante la madrugada y así cumplir con el servicio de entrega express para los clientes y usuarios finales.

En ambos casos, es decir para los servicios de entrega y retiro, está la opción de ir a dejar o recibir la encomienda directamente en las agencias, o sucursales, las cuales son más de 80 en toda la Región Metropolitana

Finalmente existen algunos servicios especiales con algunos clientes de Chilexpress, los cuales demandan un mayor tráfico de carga en cuanto a volumen y peso. Estos servicios especiales son realizados bajo el mismo concepto del flujo descrito, pero se hacen con camiones acordes para el respectivo tonelaje. Además estos recorridos solo se dirigen a un par de puntos, a diferencia de los demás recorridos que abarcan una zona más amplia al día.

A continuación se presenta el flujo de las encomiendas para los horarios AM y PM explicados anteriormente, con su respectiva línea de tiempo para seguir cronológicamente se logística:

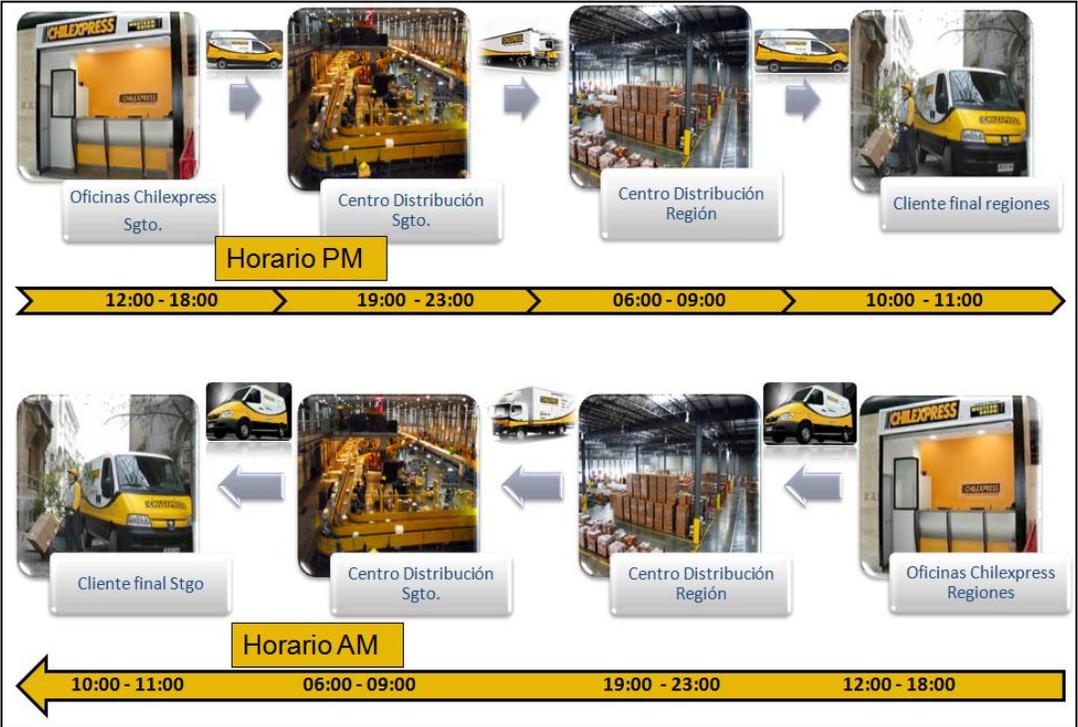


Ilustración 9: Flujo de encomiendas de los servicios

En la parte superior, en la jornada PM, los vehículos terminan su último retiro de encomienda en promedio a las 18:00 y se dirigen al Centro de distribución ENEA. Empiezan a llegar masivamente todos los recorridos de las diferentes zonas de Santiago, y en promedio a las 19:00 se inicia la selección y clasificación de las encomiendas hacia las diferentes regiones del País. Una vez cargados los camiones, en promedio salen a las 23:00 hacia regiones en su respectiva “Ruta”, llegando a destino a altas horas de la madrugada, y de regreso en promedio a las 06:00 del día siguiente al Centro de Distribución ENEA (Santiago). Finalmente se clasifica según zona y dirección a nivel local, y es entregado antes de las 11:00 de la mañana.

Para el caso contrario es básicamente análogo, partiendo desde regiones, llegando a Santiago, y finalmente clasificado a nivel local para ser entregado antes de las 11:00 de la mañana.

En el siguiente diagrama se puede observar los flujos de vehículos que opera la empresa en términos globales dentro de la Región Metropolitana.

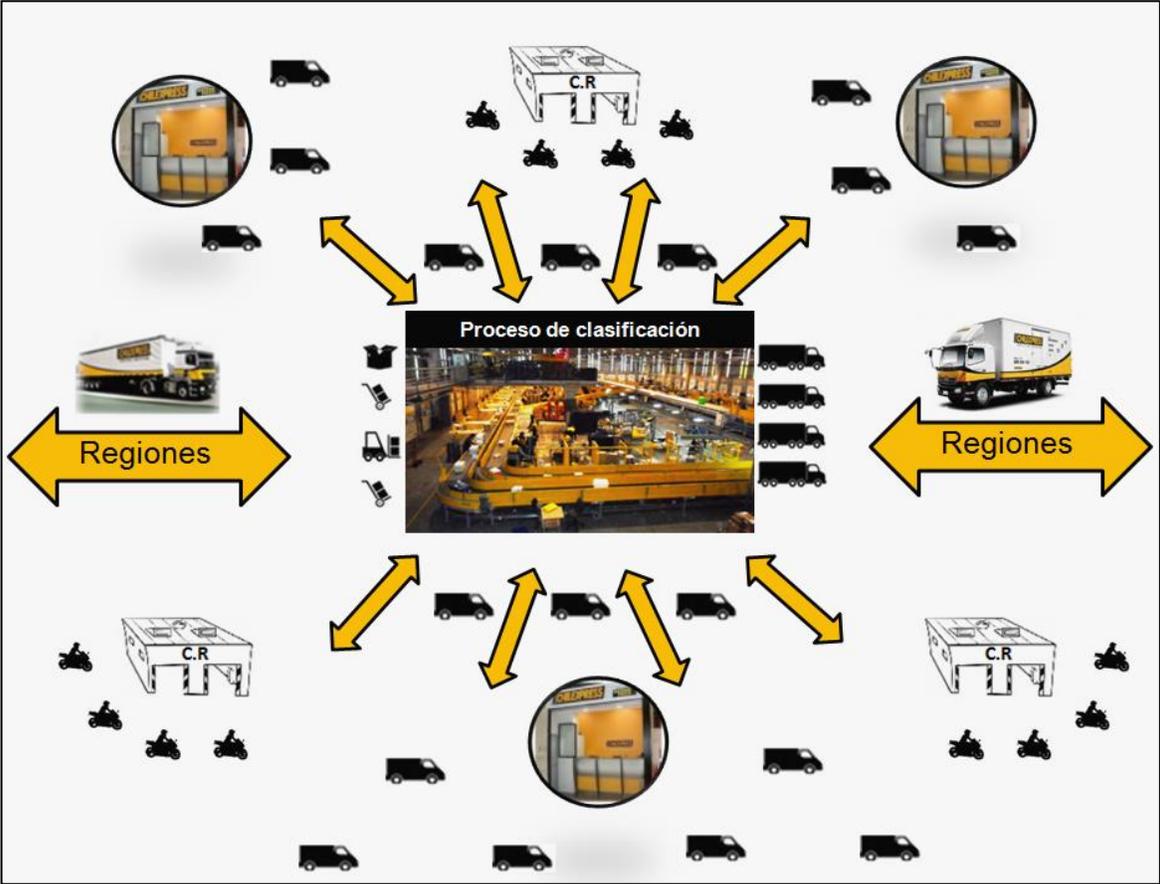


Ilustración 10: Diagrama de flujo operacional de vehículos

6 Huella de Carbono actual de Chilexpress

La metodología de la medición de la Huella de Carbono debe seguir el protocolo del Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte” conocido como GHG Protocol. A continuación se detallan y explican los diferentes pasos para medir de forma correcta, consistente, transparente, y de manera íntegra todas las emisiones de una empresa bajo el protocolo más utilizado a nivel internacional en términos de contabilizar las emisiones de una organización.

La Iniciativa del Protocolo de Gases Efecto Invernadero (GHG PI) es una alianza de empresas, organizaciones no gubernamentales (ONGs), gobiernos y otras entidades, convocada por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI), ONG radicada en Estados Unidos, y el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sustentable (WBCSD), coalición integrada por 170 empresas internacionales, con sede en Ginebra, Suiza. La Iniciativa fue lanzada en 1998 con la misión de desarrollar estándares de contabilidad y reporte para empresas aceptados internacionalmente y promover su amplia adopción.

Esta iniciativa es una serie de secuencias para la definición de alcances y límites antes de contabilizar las emisiones. A continuación se detallan y explican los diferentes pasos para medir de forma correcta, consistente, transparente, y de manera íntegra todas las emisiones de una empresa bajo el protocolo más utilizado a nivel internacional en términos de contabilizar las emisiones de una organización

6.1 Limite Organizacional para el cálculo

Las operaciones de las empresas varían tanto en su estructura legal como en su estructura organizacional; incluyen operaciones que son de su propiedad, alianzas incorporadas y no incorporadas, subsidiarias y otras modalidades. Para fines de Contabilidad financiera, estas operaciones son tratadas de acuerdo a reglas establecidas, que dependen de la estructura de la organización o empresa y de las relaciones de las distintas partes involucradas. Al fijarse los límites organizacionales, una empresa selecciona un enfoque para consolidar sus emisiones de Gases Efecto Invernadero; este enfoque debe ser aplicado consistentemente para definir aquellas unidades de negocio y operaciones que constituyen a la empresa para fines de contabilidad y reporte de GEI.

Para reportes corporativos, como es el caso, es posible utilizar dos enfoques distintos orientados a consolidar las emisiones de GEI; el de participación accionaria y el enfoque de control. Si la empresa que reporta es propietaria absoluta de todas sus operaciones, su límite organizacional será el mismo, independiente del enfoque que utilice.

Bajo el enfoque de control, una empresa contabiliza el 100% de emisiones de GEI atribuibles a las operaciones sobre las cuales ejerce su control. No debe contabilizar emisiones de GEI provenientes de operaciones de las cuales la empresa es propietaria de alguna participación pero no tiene el control de las mismas.

El control del que se menciona, alude al control operacional de la empresa. Una empresa ejerce control operacional sobre alguna operación si dicha empresa o alguna de sus subsidiarias tiene autoridad plena para introducir e implementar sus políticas operativas en la operación.

Bajo el enfoque de control operacional, la empresa que posee el control de una operación, ya sea de manera directa o indirecta, deberá contabilizar como propio el 100% de las emisiones de la operación.

Dentro de la Región Metropolitana, en la cual se enfoca el desarrollo del proyecto, existe solo un centro de distribución, ubicado en la comuna de Pudahuel, desde donde salen todos los vehículos con sus respectivas cargas. En este Centro de Distribución se ubica además la casa Matriz de Chilexpress, en donde se encuentra la administración, las gerencias y todos los departamentos de la corporación.

La empresa, además de poseer este único Centro de Distribución en la Región Metropolitana, posee el control de 70 Agencias Comerciales repartidos en toda la Región Metropolitana. En estas agencias, se retiran y se entregan encomiendas por medio de los vehículos de carga. Además de poseer Agencias Comerciales, Chilexpress tiene el control y la absoluta propiedad de 20 Centros de Reparto ubicados en diferentes partes de la Región Metropolitana. Finalmente Chilexpress posee solo un centro de operaciones.

A continuación se observa de manera esquemática los distintos componentes que forman parte del límite organizacional:



Ilustración 11: Esquema Organizacional Chilexpress RM. Elaboración propia

6.2 Límite operacional para el Cálculo

Una vez determinados los límites Organizacionales del proyecto en términos de las operaciones de las que tiene el control, la empresa debe establecer sus límites operacionales. Esto involucra identificar emisiones asociadas a sus operaciones clasificándolas como emisiones directas o indirectas, y seleccionar el alcance de contabilidad y reporte para las emisiones indirectas. Las emisiones directas de GEI son emisiones de fuentes que son propiedad de o están controladas por la empresa. Por otra parte, las emisiones indirectas de GEI son emisiones consecuencia de la empresa, pero que ocurren en fuentes que son propiedad de o están controladas por otra empresa.

Para ayudar a delinear la identificación y clasificación de las fuentes de emisión de una empresa, el Protocolo GHG define tres “alcances” para propósitos de reporte y contabilidad de GEI, estas son, “alcance 1”, que se refiere a las emisiones directas de la empresa en la cual se tenga control como por ejemplo la combustión de diesel de los vehículos propios. El “alcance 2” incluye las emisiones de la generación de electricidad adquirida y consumida por la empresa. Estas emisiones ocurren físicamente en la planta de energía donde es generada por lo que adquiere su característica de indirecta. Por último el “alcance 3” es una categoría opcional de reporte que permite incluir el resto de las emisiones indirectas. Las emisiones de éste alcance, son consecuencia de las actividades de la empresa, pero también ocurren en fuentes que no son propiedad ni controladas de la empresa. Algunos ejemplos de actividades de este alcance son la extracción y producción de materiales adquiridos; el transporte de combustibles adquiridos, o el transporte de los trabajadores. A pesar de ser opcional el alcance 3, provee la oportunidad de innovar en la administración de GEI.

Las empresas pueden enfocarse en contabilizar y reportar las actividades que son relevantes a su negocio y metas, y para las que tienen información confiable. Las empresas contabilizan y reportan emisiones de los alcances 1 y 2 de manera separada. Pueden incluso subdividir los datos de emisiones en para facilitar la transparencia, la integridad, y la comparación a través del tiempo. Por ejemplo pueden subdividir las emisiones por centros de reparto, por diferentes tipos de rutas, por sector geográfico, entre otros.

El protocolo está diseñado para prevenir la doble contabilidad de emisiones entre distintas empresas que si bien realizan negocios distintos, pueden compartir actividades por relaciones estrechas en la cadena de suministro. De esta forma, puede que las emisiones del alcance 1 para una empresa puedan ser consideradas emisiones del alcance 2 o 3 para otra empresa y es necesario definir las diferencias de clasificación. Esta clasificación se aprecia en la siguiente ilustración.

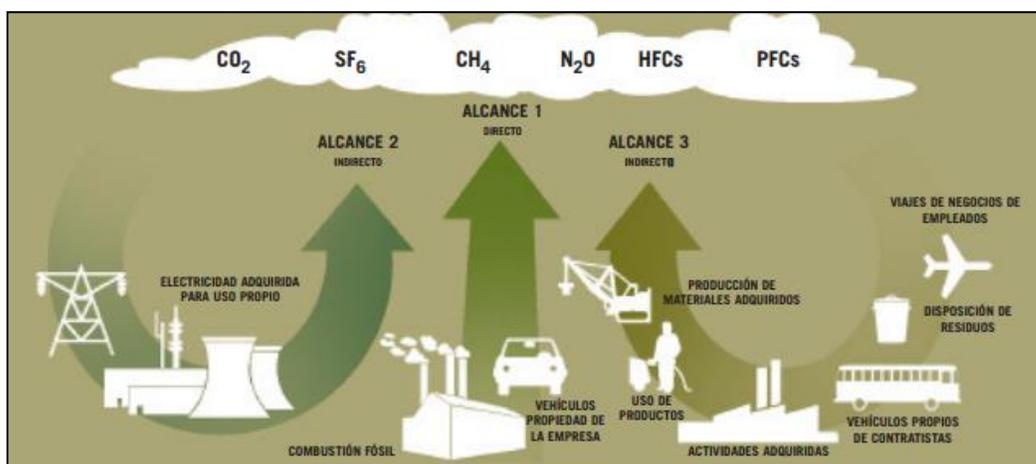


Ilustración 12: Clasificación de emisiones del GHG Protocol. Fuente: ECCR del GHG Protocol

6.2.1 Fuentes de emisiones de alcance 1 de Chilexpress

Dentro de las fuentes de emisión asociadas al alcance 1, se encuentran los consumos de combustible de todos los vehículos propios de Chilexpress utilizados para los retiros y entrega de encomiendas dentro de la Región Metropolitana, y los camiones propios que realizan rutas con origen RM hacia diferentes destinos. Todos los vehículos excluyendo las motos, consumen combustible diesel, y las motos de la empresa, utilizados para la entrega exclusivamente de sobre, consumen bencina de 93 octanos. Este tipo de fuente de emisión se denomina fuente móvil de emisión por su naturaleza.

Además del combustible asociadas a fuentes móviles, se incluyen, las emisiones asociadas a gases refrigerantes provenientes de la fuga por el constante uso de los aparatos de aire acondicionado de las diferentes sucursales dentro de la Región Metropolitana. Éste último tipo de fuente de emisión del alcance 1 se denomina fuente de emisiones fugitivas.

6.2.2 Fuentes de emisiones de alcance 2 de Chilexpress

Dentro de las fuentes de emisión asociadas al alcance 2, se encuentran los consumos de electricidad de cada agencia comercial, de cada centro de reparto, y además se incluye el consumo eléctrico del Centro de Distribución ENEA ubicado en Pudahuel. Todos estos consumos provienen del Sistema Interconectado Central (SIC), por lo que se asocian a características de emisiones propias según la matriz energética correspondiente a la zona. Esto último corresponde a distintos factores de emisión que se verán en detalle más adelante.

6.2.3 Fuentes de emisiones de alcance 3 de Chilexpress

Dentro de las fuentes de emisión asociadas al alcance 3, es posible encontrar un sin número de fuentes, pero es importante saber distinguir e identificar aquellas que sean relevantes, significativas, y útiles para una gestión futura de las emisiones de la empresa. Esta decisión de incluir o no ciertas fuentes consideradas como relevantes para el proyecto de medición y análisis se hicieron con un grupo de expertos dentro del área de Energía y Cambio Climático de Fundación Chile.

Se decidió incluir los vuelos aéreos asociados a las Rutas Aéreas Nacionales con origen Santiago y todos los destinos abarcados por la empresa. Esta decisión, se debió a la gran cantidad de tráfico que la empresa utiliza a través de las operadoras aéreas (LAN y PEGASUS) para hacer sus envíos de encomiendas. Este tipo de emisiones corresponden a fuentes móviles de emisión.

Otra fuente de emisión, de este tipo de alcance, corresponde a consumos de combustible diésel de ciertos vehículos que son licitados por la empresa, es decir que no son propios de Chilexpress. Estos vehículos pertenecen a los respectivos mensajeros que operan su propia camioneta o camión. Se tomó la decisión de incluir este tipo de emisiones ya que corresponden a una gran proporción de recorridos realizados diariamente dentro de la Región Metropolitana. Son 53 camionetas tipo *van* que son Licitadas, de una flota total de 80 camionetas encargadas de las entregas y retiros dentro de la Región Metropolitana. Estas emisiones también corresponden a la clasificación de fuente móvil.

Finalmente se decidió incluir el principal insumo de materiales para el embalaje de las encomiendas y los sobres. El concepto que hay detrás de estas emisiones corresponde al análisis del ciclo de vida de los materiales que se utilizan y las emisiones se producen durante toda la cadena de valor desde que son extraídas las materias primas para la fabricación de los materiales, la energía utilizada, y los procesos requeridos para la manufactura del tipo de embalaje, estos factores de emisión por tipo de material se verán más adelante y se explicaran de manera más detallada. Los materiales que corresponden a los embalajes son polietileno de alta densidad (HDPE), cartón corrugado y polietileno de baja densidad (LDPE). Este tipo de emisiones corresponden a emisiones de procesos, la cual corresponde a una clasificación diferente a las mencionadas anteriormente. Además se incluye el consumo de papel para la confección de las cartas que son procesadas en el centro de Distribución, que corresponde al total de las cartas procedas en Santiago.

6.2.4 Fuentes de emisiones de alcance 3 no incluidas

La exclusión de las fuentes de emisión se basa en la definición del límite organizacional y operacional previamente realizado. Es decir, emisiones de GEI asociadas a actividades o a la producción de bienes y servicios que se generan fuera del perímetro organizacional determinado.

Siempre existen fuentes de emisiones correspondientes al alcance 3 que nos son consideradas en los estudios de huellas de carbono debido a varios motivos, las cuales se deben declarar bajo los principios transparencia y relevancia del GHG Protocol. Dentro de los motivos para no incluir ciertas emisiones de éste alcance, se encuentra la incertidumbre o poca disponibilidad de la información asociada a las actividades o consumos. Otro motivo por el cual se excluyen ciertas fuentes de emisión del alcance 3 es la poca relevancia en términos de magnitud o volumen de actividad, la poca utilidad que trae a la empresa, la lejanía con los servicios asociados al alcance, el poco control de las actividades que se llevan a cabo, entre otros. Todos estos factores, generan incertidumbre y subjetividad a la hora de estimar y medir la huella de carbono asociada a éste alcance que es opcional según el protocolo GHG. Por lo que siempre será bien aceptado, respetada y destacada una incorporación de ciertas fuentes que se estimen convenientes dentro de este alcance.

Dentro de las fuentes de emisión asociadas al alcance 3 que no fueron incluidos se encuentran las siguientes:

- Emisiones de GEI asociadas al transporte de insumos principales como cajas y bolsas. Las cuales son realizadas por una empresa externa, que si bien pueden ser un punto importante a considerar, son emisiones indirectas del tercer alcance, el cual tiene menor control y mayor incertidumbre, por lo que el protocolo ECCR del GHG protocol permite obviar
- Emisiones de GEI asociadas a la producción de otros materiales, insumos y maquinarias requeridos en Chilexpress y sus agencias, no definidos anteriormente como materiales principales.
- Emisiones de GEI por transporte de clientes que visitan las agencias para realizar envíos o retiros de encomiendas.
- Emisiones de GEI de servicios de terceros distintos al transporte señalados anteriormente, asociadas a la construcción de nuevas instalaciones, remodelaciones de agencias o centros de reparto, confección de uniformes, muebles, entre otros. Estas emisiones se excluyen ya solo ocurren el primer período en el cual se ejecutan, y luego que finaliza esta etapa de inversión y de actividad, no sigue siendo una fuente de emisión.

- Emisiones de GEI asociadas a la disposición final de los residuos de la casa matriz y sus agencias.
- Emisiones de GEI asociadas al transporte de los trabajadores y del personal de la empresa desde, o hacia sus hogares.
- Se excluyen los consumos de gas natural del Centro de Distribución por la pequeña significancia del consumo, las dificultades de cuantificación de este mínimo consumo, y debido a que no se consumen en centros de reparto de la Región Metropolitana ni en las agencias comerciales. Este tipo de fuentes de emisión se denomina fuente fija de emisión.

A continuación se observa un resumen de las principales fuentes de emisión consideradas para el proyecto con sus respectivas clasificaciones según el GHG Protocol.

Tipo de Fuente	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3
Fuentes Fijas		Consumo de energía eléctrica del SIC para todas las sucursales de la empresa	
Fuentes Móviles	Diesel para vehículos propios, camiones y camionetas		Diesel para vehículos licitados de CXP, camiones y camionetas
	Gasolina de 93 octanos para las motos propias		Combustible para Rutas Aéreas desde Santiago
Emisiones Fugitivas	Gases Refrigerantes (HFC-134a)		
Emisiones de proceso			Ciclo de Vida de los insumos principales como polietileno y cartón para las encomiendas

Ilustración 13: Matriz de clasificación fuentes de emisión. Fuente: Elaboración propia

Interconectado Central) para los factores de emisión de la electricidad adquirida, de acuerdo a la composición de la matriz energética en la zona central del País.

Bajo estos parámetros (Ver Anexo: Tabla 119), por cada litro de Diesel que se queme por la operación de los recorridos, se emite 2,68 Kg CO₂e a la atmosfera.

Para realizar las mediciones de emisiones, se discutieron y establecieron supuestos en conjunto con Chilexpress, a través del Departamento de Mecánica del Centro de Distribución, lugar en el cual se realizan las mantenciones periódicas y reparaciones a todos los vehículos de la empresa. A continuación se observan los parámetros que el encargado del taller dio a conocer al equipo de trabajo del proyecto.

Vehículo	Rendimiento (km/L)
Camioneta Mercedes Vitto	8,5
Camioneta Hyundai H1	8,0
Camión HINO FC	4,5
Camión HINO GD	3,5
Camioneta Peugeot Expert	9,3
Mini Camión Sprinter 413	7,0
Camión Mercedes ACTROS	3,0
Camión SCANIA 340	3,0
Motos CXP	25,0

Tabla 1: Rendimientos vehículos de Chilexpress. Fuente: Elaboración propia a partir de información dada del jefe de taller de mantenciones de la empresa.

Para las emisiones de GEI asociadas al consumo de bolsas plásticas de Chilexpress se asumió como material el polietileno de alta densidad (HDPE). Dentro de este mismo ítem del ciclo de vida de los productos, para el material de los sobres acolchados, los cuales contienen bolsas de plástico con burbujas de aire al interior del papel del sobre, se calificó como polietileno de baja densidad (LDPE).

Para los consumos de combustible de las cargas aéreas se asumió el factor de emisión asociado a la quema de combustible por transporte de una tonelada de carga por kilómetro, sin considerar las emisiones asociadas al ciclo de vida de los combustibles.

Para las Rutas desde Santiago hacia los demás destinos se asumió el doble de la distancia hacia destino, ya que se debe considerar el total de kilometraje recorrido para un correcto reporte de las emisiones. Para estas distancias a nivel nacional se utilizaron los datos de Google Earth, las que se detallan en las emisiones de las Rutas Terrestres.

Todos los datos recibidos por parte de Chilexpress se asumen como fidedignos, reales y sin modificaciones o manipulaciones de información.

Se asume una capacidad total para cada tipo de vehículo, este parámetro fue entregado por el departamento de Operaciones de Chilexpress.

A continuación se observan estas capacidades.

Tipo de Vehículos	Capacidad Total (m³)
Mercedes Vitto	6,5
Peugeot Expert	6,5
Hyundai H1	7,0
Sprinter 343	14,0
HINO FC	30,0
HINO GD	38,0
Mercedes Actros	90,0
Scania 340	90,0
JAC 1083	30,0

Tabla 2: Capacidades por vehículo. Fuente: Elaboración propia a partir de información de Planificación Operacional

6.4 Medición de la huella de Chilexpress

Estas emisiones se calcularon de acuerdo a distintos segmentos o unidades funcionales de Chilexpress en función de su posterior utilidad para el análisis sectorial.

Dentro de las áreas funcionales en que se basó el cálculo están:

- Medición de Recorridos RM
- Medición Rutas Terrestres origen RM
- Medición Rutas Aéreas Nacionales
- Medición Consumo en Instalaciones
- Medición Ciclo de Vida insumos

Finalmente, las emisiones se redistribuyeron y se agruparon según los tres alcances del GHG Protocol.

6.4.1 Medición Recorridos RM

Para realizar estas mediciones se solicitó la información de los Recorridos dentro de la Región Metropolitana, y se procedió a clasificarlos según tipo de recorrido:

Recorridos AM CXP: Los vehículos que realizan estos tipos de recorridos son de propiedad de Chilexpress, por lo que las emisiones se consideran como emisiones de alcance 1. En este horario, los mensajeros que operan estos recorridos, realizan las entregas de encomiendas hasta medio día aproximadamente. Estas entregas tienen su destino dentro de la Región Metropolitana.

Recorridos PM CXP: Los vehículos que realizan estos tipos de recorridos son también de propiedad de Chilexpress, por lo que las emisiones se consideran como emisiones de alcance 1. En este horario, los mensajeros que operan estos recorridos, realizan los retiros de encomiendas hasta las 20:00 aproximadamente dependiendo de la zona del recorrido, del volumen, de la fecha, entre otros. Estas encomiendas tienen su origen en RM, pero su destino está fuera de la Región Metropolitana.

Recorridos Licitados: Los vehículos que realizan estos tipos de recorridos no son de propiedad de Chilexpress, por lo que las emisiones se consideran como emisiones de alcance 3. Cada vehículo licitado, pertenece a su mensajero, por lo que representa a una micro-empresa trabajando para Chilexpress. Los

mensajeros que operan estos recorridos, realizan tanto los retiros como las entregas de encomienda durante todo el día sin mayor descanso.

Recorridos Especiales AM: Los vehículos que realizan estos tipos de recorridos son de propiedad de Chilexpress, por lo que las emisiones se consideran como emisiones de alcance 1. En este horario, los mensajeros que operan estos recorridos. A diferencia de los recorridos comunes y corrientes, éstos recorridos se realizan para los grandes clientes habituales de gran volumen de carga para ser transportada, por lo que los vehículos destinados para este tipo de recorridos son camiones como HINO GD o HINO FC.

Recorridos Especiales PM: Los vehículos que realizan estos tipos de recorridos son de propiedad de Chilexpress también, por lo que las emisiones se consideran como emisiones de alcance 1. En este horario, los mensajeros que operan estos recorridos, realizan los retiros de gran tonelaje y gran volumen a los grandes clientes habituales, los cuales se deben realizar también mediante camiones de Chilexpress.

Recorridos Exteriores: Los vehículos que realizan estos tipos de recorridos son de propiedad de Chilexpress, por lo que las emisiones se consideran como emisiones de alcance 1. En este horario, los mensajeros que operan estos recorridos, realizan los retiros y las entregas a sectores exteriores a la Región Metropolitana. Sin embargo solo 3 recorridos que caben dentro de esta selección.

Recorridos Motos: Los vehículos que realizan estos tipos de recorridos son de propiedad de Chilexpress, por lo que las emisiones se consideran como emisiones de alcance 1. Este tipo de recorridos es exclusivamente para entrega y retiro de sobres, y por ende los realizan exclusivamente mediante las motos de la empresa, que consumen gasolina de 93 Octanos

A continuación se observa el resultado de las mediciones de emisiones asociadas a cada uno de estos tipos de recorridos:

Tipo Recorrido	Emisiones (Ton CO₂e / año)
Recorridos AM CXP	242
Recorridos PM CXP	159
Recorridos Licitados	466
Recorridos Especiales AM	93
Recorridos Especiales PM	205
Recorridos Exteriores	46
Recorridos Motos	176
TOTAL	1.286

Tabla 3: Emisiones Recorridos RM. Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que todos los vehículos, a excepción de las motos, consumen Diesel, por lo que los cálculos están hechos con sus respectivos factores de emisión. Además, estas emisiones están asociadas solamente a los vehículos de cada recorrido, y no está vinculado a la carga que transportan. La carga que se transporta, incluyendo encomiendas, sobres, y valijas son parte de las emisiones de los materiales y embalajes que se verán más adelante. Estos últimos corresponden a emisiones de GEI producto del Ciclo de vida de los materiales.

6.4.2 Medición Rutas Terrestres origen RM

Para realizar estas mediciones se solicitó la información de las Rutas Terrestres con origen Región Metropolitana, las cuales operan en su mayoría, de lunes a sábado hacia seis diferentes destinos. Las Rutas que se consideraron fueron las siguientes:

ID Ruta	Destino	Tipo Vehículo	Emisiones (ton CO ₂ e/año)
R1	CHILLAN	Mercedes ACTROS	225,5
R2	CHILLAN	HINO GD	193,3
R3	CHILLAN	SPRINTER 413	96,7
R4	CHILLAN	SPRINTER 413	96,7
R5	LA SERENA	SCANIA 340	262,7
R6	LA SERENA	HINO GD	225,2
R7	LA SERENA	SPRINTER 413	112,6
R8	CONCEPCION	Mercedes ACTROS	278,9
R9	TALCA	HINO GD	123,1
R10	RANCAGUA	HINO FC	36,3
R11	LOS VILOS	JAC 1083	65,8
TOTAL			1.716,0

Tabla 4: Emisiones rutas terrestres. Fuente: Elaboración propia.

Los Camiones que realizan estas rutas son de propiedad de Chilexpress, menos el vehículo asociado a R1 y R11. Es por eso que las emisiones asociadas a estas últimas fuentes de emisión corresponden a emisiones de alcance 3, ya que son licitados. Sin embargo, las demás rutas corresponden a emisiones de alcance 1.

Estas emisiones consideran solo los viajes de las rutas terrestres, excluyendo las emisiones asociadas a la carga transportada. Estas últimas, al igual que en el caso de los recorridos, pertenecen a la clasificación de emisiones por ciclo de vida de los embalajes y se verá más adelante.

6.4.3 Medición Rutas Aéreas origen RM

Chilexpress realiza sus envíos de forma aérea a través de dos operados a nivel nacional. Estos operadores aéreos corresponden a LAN y PEGASUS. Por lo que las emisiones asociadas a estas Rutas corresponden a emisiones provenientes del alcance 3.

En general son más de 25 vuelos mensuales aproximadamente, dependiendo de la demanda, los que viajan hacia distintos destinos nacionales, siendo más del 70% de ellos a través de LAN. Estos vuelos se realizan solo durante los días hábiles de la semana.

La medición se basa en las toneladas de carga transportadas por cada viaje, la distancia o recorrido total del viaje aéreo y en el tipo de avión utilizado. Por lo tanto el factor de emisión que se utiliza para realizar el cálculo de las emisiones está en la unidad tkm, correspondiente a “toneladas Kilómetro” y el valor del factor dependerá de la distancia del viaje. Para distancias más largas, el factor de emisión será menor que para vuelos de distancias más cortas, debido a que el DEFRA hace la suposición de que los vuelos más largos utilizan aviones más grandes, con lo que hay economía de escala.

Las mediciones se agruparon por los 6 destinos más comunes de despachos aéreos y el detalle se muestra en la siguiente tabla.

Destinos Rutas Aéreas Nacionales	Emisiones (Ton CO₂e / año)
Antofagasta	1.174
Arica	385
Balmaceda	341
Calama	588
Iquique	621
Punta Arenas	807
Otros	103
TOTAL	4.019

Tabla 5: Emisiones rutas aéreas. Fuente: Elaboración propia

6.4.4 Medición Consumo en Instalaciones

Las instalaciones que se incluyen en la medición son las agencias comerciales, los centros de reparto que se ubican en toda la Región Metropolitana y el centro de distribución de ENEA en Pudahuel (junto con su otro Galpón Logístico). Para cada uno de estos centros, se midió las emisiones asociadas al consumo de electricidad correspondiente al alcance 2, y emisiones fugitivas provenientes de equipos de aire acondicionado. Es importante mencionar que en el CD ENEA, hay dos edificios corporativos que funcionan independientemente en cuanto a servicios logísticos y a consumo de electricidad por lo que representan puntos distintos de consumo para el análisis.

Existen centros que son de propiedad de Chilexpress, que en total suman 44 instalaciones a lo largo de la región Metropolitana, y los restantes corresponden a arriendos en diferentes centros comerciales o espacios públicos como el metro, en donde deben pagar gastos comunes.

El siguiente cuadro muestra las emisiones asociadas a los consumos de electricidad para los 75 centros de Chilexpress, ordenados por tipo de centro. Cada uno de estos tipos de centros se puede desglosar para observar la contribución a las emisiones por electricidad por cada una de las instalaciones. (Ver Anexo)

Tipo	Nombre	Unidades	Emisiones (ton CO ₂ e/año)	Promedio de Consumo mensual (Kwh)	Consumo Total mensual (Kwh)
CD	ENEA	1	40,0	8.800	8.800
	LOGISTIC A ENEA	1	33,7	7.400	7.400
CR	STGO CENTRO	1	17,6	3.880	3.880
	Otros	19	91,6	1.060	20.140
OC	Propios	14	84,9	1.185	14.220
	Otros	39	146,3	959	37.401
TOTAL		75	414,1	1.225	91.841

Tabla 6: Emisiones por consumo de electricidad. Fuente: Elaboración propia.

Si bien se puede observar un alto valor de las emisiones para la categoría “Otros”, tanto en Centros de Reparto (CR), como para Oficinas Comerciales (OC), estos representan una mayor cantidad de unidades, es decir representan un conjunto de instalaciones dentro de la Región Metropolitana. En el caso de los CR, estos corresponden a 19 centros, y en el caso de las OC, representan a 39 oficinas. Por lo tanto individualmente, estos centros representan un menor peso en cuanto a las emisiones generadas, dentro del total de las emisiones de Chilexpress en RM.

Existen en total 44 Centro propios de Chilexpress, y los demás corresponden a instalaciones arrendadas. Para las instalaciones que son arrendadas en diferentes centros comerciales de la ciudad se recopiló la información necesaria por diferentes empleados de Chilexpress asociados a altos mandos de la empresa en aéreas administrativas. Finalmente para un pequeño grupo de 8 agencias, los cuales los consumos eléctricos no fueron identificados por ninguna fuente de la empresa, se estimó su valor por medio de una regresión de los datos recopilados.

Se relacionó el valor del consumo eléctrico con el número de unidades procesadas por cada sucursal, y se obtuvo el valor del coeficiente de correlación y el coeficiente de Pearson. Con esto se concluyó que efectivamente si hay una significativa correlación entre estas dos variables para poder hacer una estimación representativa. En la siguiente tabla se puede observar estos dos valores.

Índice	Valor
Coeficiente correlación	0,85
Coeficiente R ²	0,73

Tabla 7: Coeficiente de Pearson entre consumo eléctrico y el número de unidades procesadas. Fuente: Elaboración propia

Las emisiones fugitivas, asociadas al consumo de aire acondicionado, se obtuvieron recopilando información de los equipos propios por parte de Chilexpress, considerando su capacidad de refrigeración en BTU (British Thermal Unit) y considerando información referencial del DEFRA para estimar, de acuerdo al GHG Protocol, las recargas de gas refrigerante promedio durante un año, por cada tipo de equipo. El Gas que se utiliza es el HFC-134a, el cual tiene un potencial de calentamiento global de 1.300, es decir que cada kilogramo emitido de éste gas, correspondería a daños causado en la atmosfera equivalente a la emisión de 1.300 kilogramos de CO₂.

Tipo de Equipo	Unidades	Tipo Gas	Capacidad Promedio (Kg Gas)	GWP	Emisión anual (Ton CO ₂ e/año)
Pequeño (<20.000 BTU)	82	HFC-134a	1,5	1.300	4,80
Mediano (20.000 BTU , 50.000 BTU)	21	HFC-134a	2,1	1.300	3,44
Grande (>50.000 BTU)	35	HFC-134a	6,7	1.300	9,15

Tabla 8: Emisiones fugitivas por gases refrigerantes. Fuente: Elaboración propia

En total las emisiones fugitivas ascienden a sólo **17,39** toneladas CO₂e al año, considerando en total 138 unidades de equipos de aire acondicionado distribuido entre las sucursales, los centros de reparto y el Centro de Distribución de RM.

6.4.5 Medición Consumo de Insumos por Ciclo de Vida

Chilexpress posee diferentes tipos de embalajes para sus diferentes tamaños y volúmenes de encomiendas. Para realizar las mediciones de estas emisiones, se analizaron las cajas, sobres y bolsas que Chilexpress posee en cada una de sus Agencias Comerciales. Se identificó el material del embalaje, su volumen y peso en el laboratorio de las instalaciones de Fundación Chile.

El principal material de las bolsas que se utilizan es High Density Polietilen (HDPE) biodegradables y Low Density Polietilen (LDPE) para los sobres acolchados con burbujas de aire. Para las cajas lo principal es cartón corrugado de material 0% reciclable, y para los sobres papel conformado también por 0% de material reciclable. Se incluyen en total 10 tipos de embalajes, entre los que se encuentran; 4 tipo de cajas de distinto tamaño; 3 tipos de bolsas para encomiendas de HDPE, y 3 tipos de sobres de papel, cartón, y LDPE. Además de estos embalajes dispuestos por parte de la empresa para que los clientes puedan enviar sus encomiendas con este tipo de formatos, los clientes pueden proporcionar su propio embalaje y entregarlo en las agencias comerciales. Este último formato, del embalaje proveniente del cliente, es el que se da en la mayoría de los casos. En cualquiera de los dos casos, estas emisiones están asociadas al alcance 3 del protocolo, ya que se asocian a emisiones provenientes del ciclo de vida del producto, emisiones que se emiten a través de la cadena de suministro desde la extracción de materias primas hasta la disposición final al cliente.

Los cálculos se basan en la cantidad de toneladas métricas de cada uno de los materiales, y el volumen procesado de estos materiales, dentro del Centro de Distribución. Lugar en el que se procesa la totalidad de las encomiendas que son enviadas día a día. Los valores de los factores de emisión provienen del DEFRA, para el cálculo de las mediciones de las emisiones de acuerdo al GHG Protocol.

A continuación se muestran los resultados de las emisiones por embalaje

Tipo de embalaje	Emisiones (Ton CO₂e / año)
Propio de CXP	28
Del cliente	472
TOTAL	500

Tabla 9: Emisiones por ciclo de vida de los embalajes. Fuente: Elaboración propia.

6.4.6 Resultados Generales

Las mediciones generales de cada segmento se resumen en la siguiente tabla, en donde se puede observar los distintos pesos o significancias en cada área con respecto a la magnitud del resultado final de la emisión total de Chilexpress dentro de la Región Metropolitana.

Grupos	Emisiones (Ton CO ₂ e / año)
Recorridos RM	1.210
Rutas Terrestres	1.716
Recorrido Motos	176
Consumo eléctrico	414
Rutas Aéreas	4.019
Embalajes	500
Aire Acondicionado	17
TOTAL	8.052

Tabla 10: Resumen emisiones por grupos. Elaboración propia.

A continuación se muestran las emisiones redistribuidas en los alcances del GHG Protocol, donde se aprecia una gran relevancia y magnitud en el alcance 3, explicado en general por el transporte de carga aéreo operado por empresas externas.

Alcances	Emisiones (Ton CO ₂ e/ año)
Alcance I	2.362
Alcance II	414
Alcance III	5.276
TOTAL	8.052

Tabla 11: Emisiones totales por alcance. Fuente: Elaboración propia.

Además se muestran las emisiones que genera Chilexpress por cada producto que ofrece al mercado.

	Sobres	Encomiendas	Valijas
Kg CO₂/unidad	0,571	1,440	24,383

Tabla 12: Emisiones por unidad de producto entregado. Fuente: Elaboración propia.

6.5 Oportunidades y debilidades

Este capítulo está enfocado al análisis de las oportunidades y debilidades que existen en Chilexpress dentro de los límites operacionales determinados, estas debilidades y/o oportunidades se abordarán de acuerdo a grupos, tal como se realizó en el proceso de medición, con el objetivo de analizar las diferentes estructuras y unidades operacionales de la empresa, y con esto, poder identificar con mayor exactitud los principales puntos críticos que afectan en mayor medida al resultado final de la Huella de Carbono.

6.5.1 Recorridos RM

Para los recorridos que se realizan dentro de la Región Metropolitana se aprecia una mayor contribución por parte de los recorridos licitados, los que corresponden al alcance 3. Esto se debe en gran parte a la cantidad de vehículos que son licitados, y en menor medida se debe a las significativas distancias de los recorridos realizados por estos tipos de vehículos.

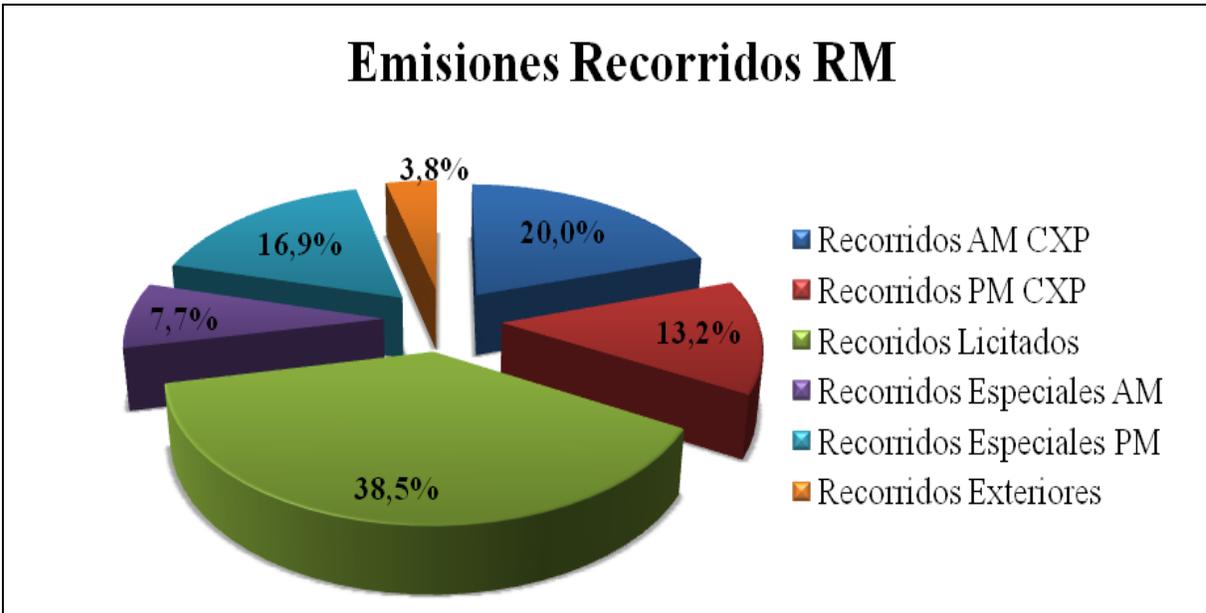


Ilustración 15: Proporción emisiones Recorridos RM. Fuente: Elaboración propia

Análizando el gráfico, se puede apreciar, que el mayor porcentaje de emisiones corresponde a los recorridos licitados, por lo que se pensaría a simple vista que este segmento significaría un punto crítico de ineficiencia en el transporte dentro de la Región Metropolitana. Sin embargo se debe contrarrestar esta información con el número de vehículos, y con la capacidad de carga que requieren los recorridos para el transporte de las encomiendas. De esta forma se podrá relacionar el efecto que tienen las emisiones de cada tipo con una información normalizada para su comparación.

Para todos los recorridos que se hacen en RM, Chilexpress cuenta con una flota de 93 vehículos de diferentes capacidades, marcas y modelos. Sin embargo estos vehículos satisfacen en total a 124 recorridos al día debido a los distintos horarios (Jornadas) en que se realizan estos viajes. De esta forma, un determinado vehículo que fue asignado para un recorrido AM CXP (entrega de encomiendas), puede ser asignado en la jornada PM para realizar un recorrido distinto (retiro de encomiendas).

El siguiente cuadro muestra la cantidad de recorridos que se realiza por cada tipo de servicio, observando que la mayoría corresponde a los servicios licitados con 53 recorridos, el cual representa el 43% del total de recorridos RM que se realizan. Además muestra el volumen de carga que es transportado al año, medido en m³/año.

Con estas cifras se obtiene un indicador asociado a las emisiones por unidad de volumen de cada tipo de recorrido. De esta forma se normalizan las emisiones, pudiendo comparar las emisiones de cada tipo de recorrido, asociándolas con el volumen de carga que se transporta.

Tipo recorrido	Suma de Emisiones (Ton CO ₂ e/año)	Nº Recorridos	Carga Anual (m ³ /año)	Emisiones por volumen (Kg CO ₂ e/m ³)
Recorridos AM CXP	241,6	21	42.705	5,66
Recorridos Especial AM	92,7	8	98.862	0,94
Recorridos Especial PM	204,6	17	242.151	0,84
Recorridos Exterior	46,0	3	6.101	7,54
Recorridos Licitados	465,8	53	114.662	4,06
Recorridos PM CXP	159,3	22	44.738	3,56
Total general	1209,9	124	549.219	2,20

Tabla 13: Emisiones recorridos por unidad de volumen. Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que aunque los recorridos Especiales, tanto AM como PM, representen en su totalidad una cifra significativa de emisiones, correspondiente a más del 24% de las emisiones de esta categoría, son bastante eficientes considerando la magnitud del volumen de carga que transportan diariamente. Considerando esta variable de volumen de carga, se puede descartar a estos tipos de recorridos por su baja emisión por unidad de volumen transportado.

Por otro lado, se observa que los recorridos Exteriores representan el mayor índice de emisiones al año por unidad de volumen. Sin embargo esto se debe a la gran distancia que recorren diariamente los únicos 3 recorridos pertenecientes a este segmento con un promedio de 156 km diarios de cada uno de estos viajes. El siguiente mayor índice de emisión por unidad de volumen, pertenece al grupo de los Recorridos AM CXP, con un impacto de 5,66 Kg CO₂/m³ transportados.

Después de este primer análisis, de acuerdo al volumen de carga transportado anualmente, es necesario hacer una relación con la cantidad de kilometraje por cada uno de estos recorridos, ya que ciertos tipos de recorridos tienen una distancia promedio de viaje bastante menor que otras, y para poder comparar las emisiones unas con otras, es necesario normalizar estas emisiones bajo esta variable.

A continuación se observan las distancias promedio diarias que realiza cada vehículo asignado a su respectivo tipo de recorrido.

Tipo de Recorrido	Kilometraje promedio diario por vehículo (Kpdv)
Recorridos AM CXP	117
Recorridos Especial AM	62
Recorridos Especial PM	60
Recorridos Exterior	156
Recorridos Licitados	85
Recorridos PM CXP	74

Tabla 14: Distancias promedio diarias por vehículo por tipo de recorrido. Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que existe una gran diferencia entre las distancias promedio de los “Recorridos AM CXP” y los “Recorridos PM CXP”, aunque el número de vehículos para satisfacer estas recorridos sea casi equivalente. Esta mayor distancia promedio, es la principal explicación que existe para la gran diferencia que hay en el aporte de las emisiones entre ambos tipos de recorridos, siendo un 20% provenientes de los recorridos AM CXP, y un 13,2% provenientes de los “Recorridos PM CXP”

La siguiente tabla incorpora esta variable a los indicadores de emisiones por cada tipo de recorrido. Este índice muestra que los tipos de recorridos que siguen siendo parte del análisis después de la etapa anterior, es decir, los recorridos AM y PM CXP, Exteriores y Licitados, tienen valores similares de emisiones por metros cúbicos transportados por cada kilómetro de viaje. (Ver Ilustración)

Tipo de Recorrido	Emisiones (ton CO ₂ e/año)	Kpdv (Km)	Emisión por Volumen (Kg CO ₂ e / m ³)	Emisión por Vol y km (gr CO ₂ e/ m ³ * km)
Recorridos AM CXP	241,6	117,0	5,657	48,37
Recorridos Especial AM	92,7	61,5	0,937	15,24
Recorridos Especial PM	204,6	61,0	0,845	13,85
Recorridos Exterior	46,0	156,0	7,546	48,37
Recorridos Licitado	465,8	85,0	4,062	47,78
Recorridos PM CXP	159,3	73,6	3,560	48,37
Total general	1.209,9			

Tabla 15: Emisiones recorridos por unidad de volumen y kilómetro recorrido. Fuente: Elaboración propia.

Esto último indica que la decisión de elegir los puntos críticos debe pasar por la importancia o la contribución total de emisiones de GEI de cada uno de estos cuatro tipos de recorridos. De esta manera, los principales contribuyentes a las emisiones de esta categoría, y por lo tanto candidatos a puntos críticos son las “**Recorridos AM CXP**” con 241,6 ton CO₂e/año, los “**Recorridos PM CXP**” con 159,3 ton CO₂e/año, y los “**Recorridos Licitados**” con 465,8 ton CO₂e/año. Sin embargo, los dos primeros corresponden a emisiones del alcance I a diferencia de los recorridos Licitados que corresponden a emisiones del alcance III, por lo que los primeros representan una mayor preocupación por reducir emisiones, es decir, se deben focalizar los recursos, estrategias y proyectos de reducción en este tipo de recorridos.

Para acotar aún más, e identificar con mayor exactitud el problema, se puede hacer un análisis sectorial, segmentando geográficamente la Región Metropolitana en diferentes áreas para definir las zonas críticas en relación a la huella de carbono.

Como se observa en la imagen, Santiago se puede segmentar en 5 sectores internos. Adicionalmente a estos segmentos se consideran los sectores de periferia que corresponden a provincias dentro de la Región Metropolitana.



Ilustración 16: Mapa sectorial recorridos RM

En el siguiente gráfico se puede observar la contribución a las emisiones de los recorridos RM por cada zona geográfica.

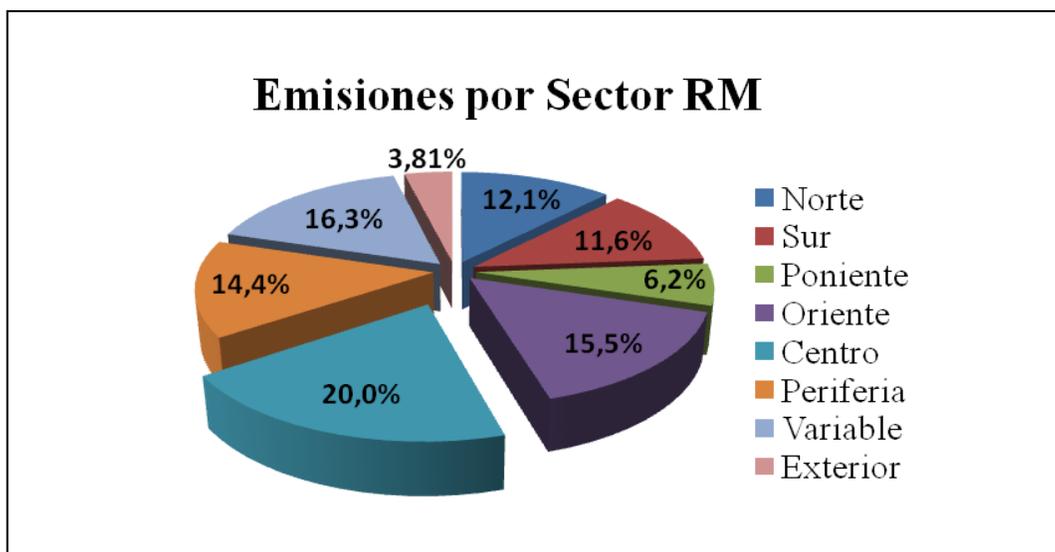


Ilustración 17: Emisiones por sector geográfico RM. Fuente: Elaboración propia

Se observa que la mayor contribución a este tipo de emisiones se asocian a los recorridos que realizan su operación dentro de la zona céntrica de la Región Metropolitana, con un total de 33 recorridos que cubren aquella zona.

A continuación se muestra una tabla con las emisiones correspondientes a los recorridos operados dentro del **sector céntrico** de la Región Metropolitana, desglosado por tipo de recorridos.

Tipo de Recorrido	Emisiones (ton CO₂e/año)	N° Vehículos	Promedio Rendimiento (Km/L)	Kpdv (Km)
Recorridos AM CXP	29,1	4	8,5	74,0
Recorridos Especial PM	10,2	1	4,5	55,0
Recorridos Licitados	134,5	18	8,1	72,4
Recorridos PM CXP	68,3	10	8,5	69,4
Total general	242,1	33		

Tabla 16: Emisiones recorridos sector céntrico. Fuente: Elaboración propia.

Con esta segmentación, se concluye que los recorridos que contribuyen de manera más significativa a las emisiones asociadas al sector céntrico de RM, y que por ende corresponden a los puntos críticos de esta clasificación son:

- 1. Recorridos Licitados Centro RM (134,5 ton CO₂/año)**
- 2. Recorridos PM CXP Centro RM (68,3 ton CO₂/año)**

Las emisiones de los Recorridos PM CXP, al ser parte del alcance 1, tienen la máxima prioridad en cuanto a la implementación de medidas de reducción y mejoramiento, ya que son fuentes de emisión sobre las que es más fácil tomar decisiones, puesto que la empresa ejerce control sobre ellas, y además se incluyen de forma obligatoria en los reportes de huella de Carbono bajo el GHG Protocol. De esta manera al ser propietario exclusivamente de esta flota, permite la toma de decisión de manera más directa en cuanto a implementaciones de medidas de reducción, o decisiones de inversión.

Es importante mencionar, que estas emisiones corresponden netamente a las emisiones provenientes por el consumo de combustible diesel, y están asociadas a los recorridos que se realizan dentro del sector céntrico de RM, excluyendo el material de los embalajes de las encomiendas (Vista más adelante)

Considerando las emisiones totales de esta macro clasificación, es decir, de los recorridos RM, excluidas las motos, los puntos críticos identificados son los “Recorridos Licitados Centro” y “Recorridos PM CXP Centro” representando el 11,1% y el 5,64% respectivamente de las 1.210 ton CO₂ al año de esta categoría, lo que no deja de ser menor.

6.5.2 Recorridos Motos

Para los recorridos de las motos el análisis es más simple en comparación a los recorridos anteriores ya que todas las motos tienen la misma capacidad de carga, por lo que el factor clave de las emisiones corresponde a la cantidad de kilometraje recorrido por cada una de ellas.

La siguiente tabla muestra la cantidad de emisiones por sector geográfico de la Región Metropolitana, la cantidad de motos por cada sector, y el viaje promedio al día por cada una.

Sector	Emisiones (Ton CO ₂ e/año)	N° de motos	Viaje Promedio día (Km/día*moto)	Promedio de (ton CO ₂ /año*moto)
Centro	43,9	40	54,9	1,23
Norte	26,2	24	50,2	1,13
Oriente	20,7	25	45,9	1,03
Otros	3,4	18	8,5	0,19
Periferia	12,3	5	107,2	2,41
Poniente	38,5	27	64,1	1,44
Sur	31,5	22	64,0	1,44
Total	176,45	161	61,5	1,38

Tabla 17: Emisiones por motos por sector geográfico. Fuente: Elaboración propia.

Se puede obtener un índice que relaciona las emisiones totales de cada sector con el número de motos que están asignadas a dicho sector, para así poder analizar las emisiones por unidad de operación, y de esta forma no suponer factores críticos que en la práctica son significativos por que el tamaño de la flota es significativo.

Se observa que los sectores geográficos que tienen mayores valores de emisión por moto y que contribuyen marginalmente de manera más significativa a las emisiones de GEI corresponden a los sectores; **Centro, Periferia, Poniente y Sur** de la Región Metropolitana, con 1.23, 2.41, 1.44 y 1.44 ton CO₂/año*moto respectivamente. Con esta información se tiene un primer indicio de la ubicación de los puntos críticos para los recorridos de las motos de Chilexpress, correspondiente al alcance 1.

Cada recorrido de una determinada moto está asociada a un “Centro de Reparto”, desde donde empieza y termina dicho recorrido. Por lo que el siguiente análisis de mayor profundidad implica identificar los Centros de reparto críticos que están asociados a los sectores críticos encontrados anteriormente.

A continuación se muestra una tabla con las emisiones de estos recorridos, asociadas a cada “Centro de Reparto” del sector “Centro” de la Región Metropolitana.

Centro de Reparto	Emisiones (Ton CO ₂ /año)	N° de motos	Viaje Promedio día (Km/día*moto)	Emisión por Moto (ton CO ₂ /año*moto)
Macul	10,2	6	75,6	1,70
Mapocho	13,3	8	73,8	1,66
Providencia	6,4	14	20,2	0,45
San Miguel	6,0	5	53,6	1,20
Santiago	8,0	7	51,2	1,15
Total general	43,9	40		

Tabla 18: Emisiones por motos por sector “Centro”. Fuente: Elaboración propia.

Se observa que dentro de este sector clave, los “Centros de Reparto”, que se asocian con las mayores emisiones de los recorridos de motos, son el CR Mapocho y el CR Macul, con 13,3 y 10,2 ton CO₂/año respectivamente, y con un índice de emisiones por unidad de 1,66 y 1,7 ton CO₂/año*Moto respectivamente. En conjunto representan a 14 motos de propiedad de Chilexpress.

A continuación se muestra una tabla con las emisiones de recorridos asociadas a cada “Centro de Reparto” del sector “Periferia” de la Región Metropolitana.

Centro de Reparto	Emisiones (Ton CO ₂ /año)	N° de motos	Viaje Promedio día (Km/día*moto)	Emisión por moto (ton CO ₂ /año*moto)
Buín	3,92	2	87,3	1,96
Melipilla	2,18	1	97,2	2,18
Talagante	6,16	2	137,0	3,08
Total general	12,26	5		

Tabla 19: Emisiones por motos por sector “Periferia”. Fuente: Elaboración propia

Si bien en total, no representan una contribución significativa a las emisiones de los recorridos de las motos RM, sí tienen valores altos para las emisiones por unidad. Esto se explica por la poca flota que está asignada para este tipo de recorridos y por la gran distancia en comparación que deben recorrer en promedio cada día. Es por esto, que aunque no son representen gran porcentaje de las emisiones, se puede reducir estas con un pequeño cambio y un menor esfuerzo, en comparación a las demás categorías, por ejemplo con una menor inversión.

A continuación se muestra una tabla con las emisiones de recorridos asociadas a cada “Centro de Reparto” del sector “Poniente” de la Región Metropolitana.

Centro de Reparto	Emisiones (Ton CO ₂ e/año)	N° de motos	Viaje Promedio día (Km/día*moto)	Emisión por moto (ton CO ₂ e/año*moto)
Estación Central	8,1	5	72	1,61
Maipú	8,9	7	56	1,27
ENEA	21,6	15	64	1,44
Total general	38,5	27		

Tabla 20: Emisiones por motos por sector “Centro”. Fuente: Elaboración propia

Se observa que el mayor índice de emisión de GEI por moto está asociado al Centro de Reparto “Estación Central”, con un valor de 1,61 ton CO₂/año*moto, involucrando a 5 motos de propiedad de Chilexpress.

A continuación se muestra una tabla con las emisiones de recorridos asociadas a cada “Centro de Reparto” del sector “Sur” de la Región Metropolitana.

Centro de Reparto	Emisiones (Ton CO ₂ e/año)	N° de motos	Viaje Promedio día (Km/día*moto)	Emisión por moto (ton CO ₂ e/año*moto)
La Cisterna	4,1	4	46	1,04
La Florida	7,1	4	79	1,77
Puente Alto	7,8	5	69	1,56
San Bernardo	12,5	9	62	1,38
Total general	31,5	22	64	1,44

Tabla 21: Emisiones por motos por sector “Centro”. Fuente: Elaboración propia

Se observa que el mayor índice de emisión de GEI por moto está asociado al Centro de Reparto “La Florida”, con un valor de 1,77 ton CO₂/año*moto, involucrando a 4 motos de propiedad de Chilexpress.

Con este análisis, se concluye que los puntos o recorridos críticos asociados a las motos de Chilexpress, son los siguientes:

Sector	Centro de Reparto	Emisiones (Ton CO ₂ e/año)	N° de motos	Viaje Promedio día (Km/día*moto)
Centro	Macul	10,2	6	75,6
	Mapocho	13,3	8	73,8
Periferia	Buín	3,9	2	87,3
	Melipilla	2,2	1	97,2
	Talagante	6,2	2	137,0
Poniente	Estación Central	8,1	5	71,8
Sur	La Florida	7,1	4	78,8
Total general		51,0	28	80,86

Tabla 22: Emisiones de los puntos críticos asociados a motos. Fuente: Elaboración propia.

En total son 7 Centros de Reparto asociados a los recorridos críticos de las motos dentro de la Región Metropolitana, con un total de 51 toneladas de CO₂ al año, que corresponden a 28 motos propias de Chilexpress.

6.5.3 Rutas Terrestres RM

Para el caso de las Rutas, que se realizan exclusivamente entre la Región Metropolitana y los diferentes Centro de Distribución, ubicados en las distintas ciudades, se hizo un análisis de la contribución a las emisiones por cada una de las rutas. Éste análisis es mas fino y detallado en comparación con los recorridos debido a que son solo 11 Rutas las que opera Chilexpress entre ciudades, involucrando a la Región Metropolitana en sus operaciones logísticas

El siguiente cuadro muestra las emisiones de cada una de las Rutas con sus respectivos destinos, volumen transportado y un índice que facilita la normalización y la comparación de emisiones entre cada una de estas rutas. El índice rescata información acerca de la emisión anual de cada ruta, relacionándola con su volumen de carga transportada anualmente y considerando la distancia recorrida por cada una. De esta forma se puede obtener un indicador que permite reflejar la eficiencia con se transporta cada unidad de volumen de encomienda.

Ruta	Destino	Distancia Ruta (Km/día)	Volumen Transportado anual (m ₃ /año)	Emisión anual (ton CO ₂ e/año)	Emisión por Volumen por Km (Kg CO ₂ e/m ³ *km)
R1	CHILLAN	807	25.498	226	0,035
R2	CHILLAN	807	10.293	193	0,074
R3	CHILLAN	807	4.380	97	0,087
R4	CHILLAN	807	4.380	97	0,087
R5	LA SERENA	940	26.280	263	0,034
R6	LA SERENA	940	9.229	225	0,083
R7	LA SERENA	940	4.380	113	0,087
R8	CONCEPCION	998	28.157	279	0,032
R9	TALCA	514	10.293	123	0,074
R10	RANCAGUA	195	7.821	36	0,076
R11	LOS VILOS	464	6.414	66	0,084

Tabla 23: Emisiones rutas terrestres por unidad de volumen y kilómetro recorrido. Fuente: Elaboración propia.

Se observa que los valores mas altos están asociados a la Ruta **R3, R4, R6, R7 y R11** con coeficientes superiores a 0,08 Kg CO₂ por cada m³ y por cada Km de Ruta. La principal razon se debe a que estas Rutas las satisfacen vehículos en general mas pequeños que los demas, en los cuales tienen menor capacidad o menor utilización promedio, y por lo tanto las emisiones totales de cada vehículo se reparte entre menos unidades de volumen transportados.

Esto corresponde a una medida de eficiencia, ya que si bien los vehículos con mayor volumen de carga, que representan una mayor contribución de GEI por vehículo, reparten sus emisiones en una mayor cantidad de carga transportada, obteniendos una alta eficiencia en el transporte por unidad de encomienda o por volumen de carga.

Paralelamente, los destinos que más contribuyen a las emisiones de las Rutas, corresponden a Chillán y La Serena, con un 35,7% y un 35% respectivamente, equivalente a 612 y 601 toneladas de CO₂ al año respectivamente.

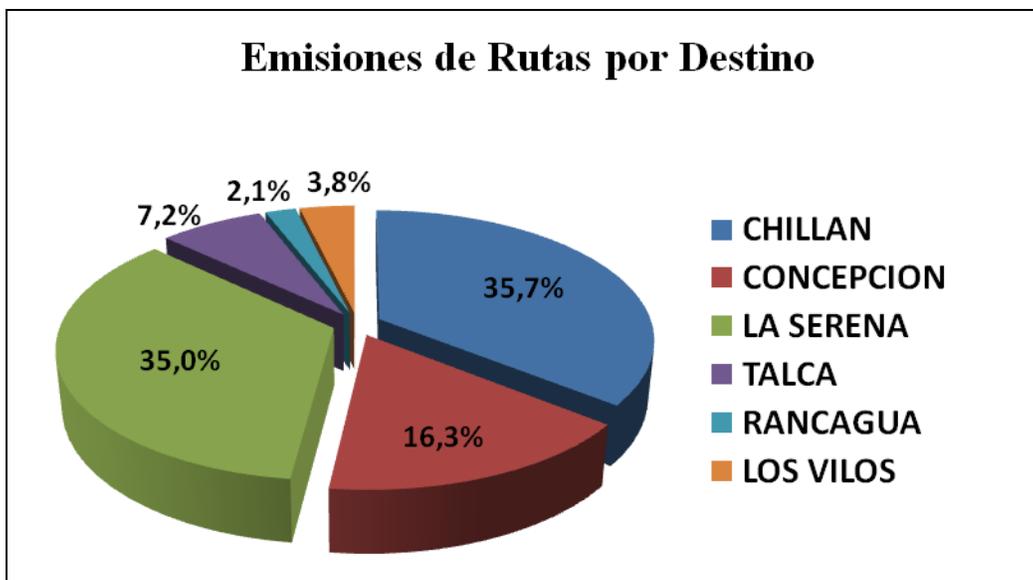


Ilustración 18: Gráfico proporción de emisiones por destino aéreo. Fuente: Elaboración propia

Se puede comprobar que los destinos de las Rutas seleccionadas anteriormente (R3, R4, R6, R7, y R11), como las más ineficientes en términos de emisiones por volumen transportado por cada kilómetro de viaje, coinciden en su mayor parte con los destinos que contribuyen de manera más significativa al total de emisiones de GEI en esta clasificación. De esta forma, se descarta la Ruta 11 de los puntos críticos, ya que solo representa el 3,8% de las emisiones de las “Rutas Terrestres” con 65,8 toneladas de CO₂e al año, cifra inferior a las demás Rutas.

Para el caso de las Rutas R3 y R4 con destino a Chillán, en ambos se utilizan vehículos marca Sprinter con una capacidad de 14 m³ cada uno, y con una utilización del 100% en ambos casos. Estos vehículos viajan de lunes a sábado partiendo a las 23:00 desde el CD ENEA y viajando directo a Chillán con encomiendas “Overnight” (entrega en la mañana siguiente), las cuales deben llegar a destino con mayor prioridad de tiempo. Debido a esto, estos pequeños camiones deben viajar a una velocidad promedio de 100 km/h para satisfacer el servicio a tiempo. Estos últimos llegan a las 03:00 am a su destino, realizan su descarga y cargan nuevamente para llegar directamente al CD ENEA a entregar las encomiendas provenientes de Chillan por medio de los recorridos RM que se analizaron previamente.

En conjunto, estas dos Rutas (R3 y R4) con destino a Chillan, contribuyen con 193,4 ton de CO₂ al año, representando al 11,27% de las emisiones de esta categoría.

Para el caso de las Rutas R6 y R7 con destino a La Serena, los viajes son en diferentes horarios. El vehículo asignado para la Ruta R6 es un HINO GD con una capacidad de 30 m³ que parte a las 18:00 desde el CD ENEA con una utilización

del 74% de lunes a Viernes y del 100% el día sábado. Esta ruta tiene destino La Serena, pero pasa por Los Vilos a descargar y cargar encomiendas hacia La Serena y Santiago. Este vehículo llega a La Serena cerca de las 00:30 am, descarga, selecciona sus respectivas encomiendas, y se devuelve a las 2:00 am rumbo a Santiago, llegando a las 07:30 al CD ENEA de regreso para descargar las encomiendas que cargarán los mensajeros a los recorridos de RM.

Para la otra Ruta, se asigna un vehículo Sprinter, con una capacidad de 14 m³, el cual tiene una utilización del 100% de lunes a sábado. Este vehículo inicia su ruta a las 23:00 desde el CD ENEA llevando las encomiendas “Overnight” llegando La Serena cerca de las 05:00 am para descargar y cargar nuevamente encomiendas con destino a RM. En conjunto, estas dos Rutas (R6 y R7) con destino a La Serena, contribuyen con 337,8 ton de CO₂ al año, representando al 19,66% de las emisiones de esta categoría. En este caso, para las dos últimas rutas a La Serena, no se puede abordar el problema con un mismo viaje como podría abordarse con el destino anterior (Chillán) por diferencias de horarios en los viajes, por lo tanto representan desafíos de diferente naturaleza para las propuestas de alternativas de mitigación y reducción de emisiones de GEI.

A continuación se observan estas 4 Rutas que corresponden a los puntos críticos identificados en esta categoría. Estas Rutas corresponden a emisiones del alcance 1 del GHG Protocol, correspondientes a un total de 531,1 toneladas de CO₂ al año, representando un 30,95% de las emisiones de esta categoría. Por lo tanto, se deberán focalizar los recursos, las estrategias de gestión y de inversión en estas 4 Rutas con mayor prioridad que las demás.

Ruta	Vehículo	Capacidad (m ³)	Rendimiento (Km/L)	Emisión anual (ton CO ₂ e/año)	Porcentaje de Emisión (%)
R3	SPRINTER 413	14	7,0	96,7	5,63%
R4	SPRINTER 413	14	7,0	96,7	5,63%
R6	HINO GD	38	3,5	225,2	13,12%
R7	SPRINTER 413	14	7,0	112,6	6,56%
Total				531,1	30,95%

Tabla 24: Emisiones rutas terrestres críticas. Fuente: Elaboración propia.

6.5.4 Rutas Aéreas Nacionales

Para el caso de las Rutas Aéreas Nacionales, también se hizo un análisis de la contribución a las emisiones por destino, las que se observan en el siguiente gráfico.

Estas emisiones corresponden a emisiones del alcance 3 según el GHG Protocol, ya que son emisiones indirectas y no están controladas operacionalmente por Chilexpress, sin embargo son responsabilidad de ella por contratar este servicio a una tercera parte, las cuales son LAN y PEGASUS.

Destinos Rutas Aéreas Nacionales	Emisiones (Ton CO ₂ e /año)
Antofagasta	1.174
Arica	385
Balmaceda	341
Calama	588
Iquique	621
Punta Arenas	807
Otros	103

Tabla 25: Emisiones rutas aéreas por destino. Fuente: Elaboración propia.

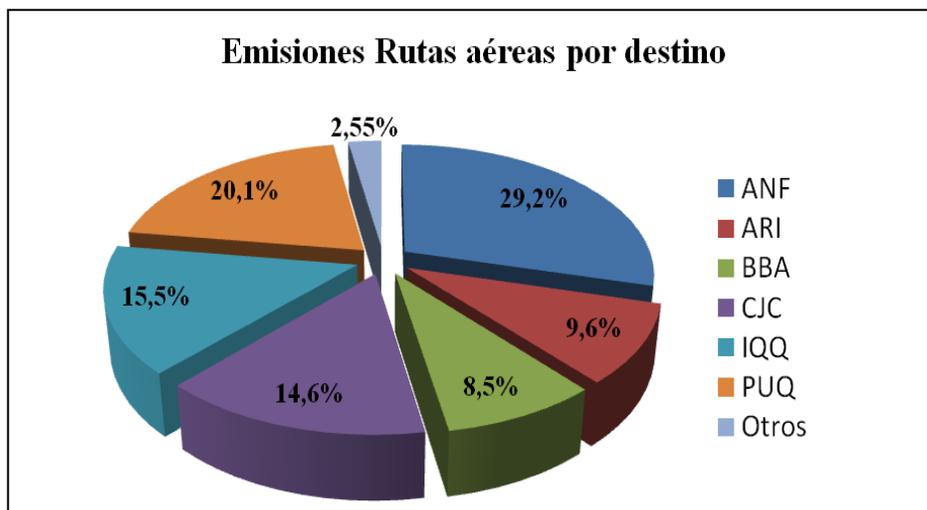


Ilustración 19: Gráfico proporción de emisiones por destino aéreo. Fuente: Elaboración propia.

La mayor contribucion a las emisiones por parte de las rutas aéreas estan asociadas al destino de Antofagasta cn un 29,2 % equivalente a 1.174 toneladas de CO₂ al año. Esta última cifra se explica mayormente por la cantidad carga que utiliza esta Ruta Aérea, con un promedio de 71 toneladas de carga al mes. A diferencia de Antofagasta, el segundo destino mas significativo en emisiones, Punta Arenas, se explica por su gran distancia, con vuelos de 2.180 Km aproximadamente, y a diferencia de Antofagasta, con tñ sólo un promedio de 25 toneladas al mes.

Estas emisiones, al ser indirectas del alcance 3, y no ser controladas por Chilexpress, es mas complejo a la hora de imponer o tomar decisiones de medidas de mitigación y reducción de emisiones, ya que no se tiene propiedad sobre lo operacional. Sin embargo no se debe descartar una constante comunicación con las empresas operadoras de este servicio, ya que al reducir estas ultimas sus propias emisiones estarian contribuyendo a la reducción de la emisiones del alcance 3 de Chilexpress, y por ende estarían ayudando a la gestión de la huella de carbono de la empresa a lo largo del tiempo.

6.5.5 Consumo de Insumos por Ciclo de Vida

Las emisiones asociadas al consumo de Insumos por ciclo de vida se enfoca principalmente en los embalajes de las encomiendas que se procesan y circulan diariamente a traves de las operaciones de la empresa.

Como se mencionó, existen embalajes que son propios de Chilexpress, los que están en diferentes formatos, y están los embalajes que ya vienen por parte de los clientes, en cuyo caso, estos últimos reallizan el proceso de embalaje con su propio caja de carton corrugado. Esta encomienda promedio tiene un volumen promedio de 0,06 m³ y un peso de 135 g de embalaje de carton corrugado.

En la siguiente tabla se observa la contribución de las emisiones por cada uno de los dos tipo de embalajes, sus unidades procesadas y un indice que permite hacer la comparación de forma normalizada.

Embalaje	Emisión (Ton CO ₂ e/año)	Unidades anuales procesadas	Emisión por Unidad (kg CO ₂ e/ unidad)
Embalajes Propio	27,7	343.431	0,08
Embalajes Clientes	472,1	6.889.041	0,07
TOTAL	499,8	7.232.472	

Tabla 26: Emisiones por unidad de embalaje por tipo. Fuente: Elaboración propia.

Como se observa, más del 94% de las emisiones por el ciclo de vida de los embalajes son asociados a los materiales provenientes del cliente. Sin embargo la cantidad de unidades que se procesan anualmente asciendan a 6,89 millones aprox. Es por esto, que la forma de comparación se realiza a través del índice de emisión por unidad, el cual muestra valores similares entre embalaje propio y proveniente del cliente.

Esto último sugiere que si se desea reducir las emisiones asociadas al ciclo de vida de los embalajes, lo primero que se debería hacer sería reemplazar los embalajes existentes por materiales provenientes de materiales reciclados que ayuden a reducir las emisiones de los embalajes.

Una vez que se haya logrado reducir el valor de la emisión por unidad de embalaje propio de Chilexpress, se podrá promover el reemplazo de los embalajes existentes proveniente de los clientes por el nuevo tipo de embalaje de menor impacto medioambiental.

6.5.6 Puntos Críticos

Con el análisis del capítulo anterior, se puede hacer una síntesis de todos los puntos críticos abordados por cada clasificación. De esta manera se tendrá un listado de los factores críticos para poder proponer alternativas de mitigación que respondan a las exigencias y que vayan en función de las debilidades presentadas en Chilexpress. El siguiente esquema muestra los puntos críticos analizados anteriormente, con su respectivo alcance y su contribución a las emisiones totales de la empresa.

Puntos Críticos	Emisiones (Ton CO ₂ e/año)
Recorridos “Licitados Centro” (A3)	134,5
Recorridos “PM CXP Centro” (A1)	68,3
Recorridos motos CR Macul (A1)	10,2
Recorridos motos CR Mapocho (A1)	13,3
Recorridos motos CR Est. Central (A1)	8,1
Recorridos motos CR La Florida (A1)	7,1
Recorridos motos CR´s Periferia (A1)	12,3
Recorridos motos CR ENEA (A1)	21,6
Recorridos motos CR Pte. Alto (A1)	7,8
Ruta R3 y R4 destino Chillán (A1)	193,4
Ruta R6 y R7 destino La Serena (A1)	337,8
Embalajes Propios (A3)	27,7
Rutas Aéreas a Antofagasta (A3)	1.174,4
Rutas Aéreas a Punta Arenas (A3)	806,9
Consumo eléctrico CD ENEA (A2)	77,7
Consumo eléctrico CR Stgo. centro (A2)	17,6
Consumo eléctrico OC Santiago Bandera (A2)	19,9
Consumo eléctrico OC Santiago Estado (A2)	10,6
Consumo eléctrico OC Apoquindo (A2)	9,6

Tabla 27: Resumen puntos críticos con sus emisiones y alcances. Fuente: Elaboración propia.

7 Alternativas, iniciativas y medidas de mitigación

En este capítulo se proponen diversas alternativas que apuntan a iniciar planes de reducción y mitigación de emisiones. El resultado de esta evaluación de alternativas de mitigación, permitirá a Chilexpres reducir su Huella de Carbono, obteniendo beneficios tanto en la disminución de costos de operación asociados al consumo de energía y de transporte, como al aumento de valor de marca asociado a una imagen sustentable y amigable con el medio ambiente.

En términos generales, se pueden segmentar las medidas para reducir las emisiones de Huella de Carbono en; Medidas asociadas al transporte; Medidas asociadas a la iluminación; Medidas asociadas al uso calefacción o refrigeración; Medidas asociadas al uso de energías renovables.

Para las medidas asociadas al transporte, se puede mencionar la elección de vehículos eficientes en el consumo de energía, cuanto más eficiente sea el rendimiento del nuevo vehículo, menos emisiones generará a la atmósfera y menos serán los costos asociados al consumo de combustible. Dentro de los vehículos más eficientes, se encuentran aquellos vehículos que utilizan otras formas de energía, como vehículos propulsados con gas natural, en cuyo caso generan un 9% menos que un vehículo diesel, vehículos híbridos, que combinan un motor eléctrico (alimentado por baterías) y un motor de combustión interna (alimentado por combustible convencional), vehículos eléctricos, que utilizan la energía química almacenada en paquetes de baterías recargables para su funcionamiento. La diferencia de estos con los vehículos híbridos es que el motor eléctrico siempre se está utilizando y se puede cargar en un enchufe convencional.

Si no se realiza un reemplazo completo por vehículos eléctricos o híbridos, está la alternativa de sustituir el combustible de propulsión. En motores convencionales es posible utilizar biodiesel o bioetanol mezclado con gasolina o gasóleo de automoción para reducir las emisiones. Es posible utilizar hasta un 30% de biodiesel mezclado con gasóleo, es decir se puede llegar a reducir un 30% las emisiones por Litro de combustible.

Paralelamente a la elección de un vehículo eficiente, se debe considerar la elección de vehículos con las dimensiones adecuadas a las necesidades reales del volumen. Para los vehículos que tengan una utilización muy por debajo a la capacidad, sus emisiones estarán repartidas en una menor cantidad de volumen, por lo que finalmente se tendrá una mayor emisión por producto o unidad de volumen.

Otra forma de reducir los impactos asociados a las emisiones de GEI, es optimizar y planificar de forma correcta los recorridos satisfaciendo al mismo

tiempo restricciones de tiempo, de capacidad, y de demanda. Es importante considerar recorridos con menos interrupciones de tráfico y más seguras.

Otra alternativa de mitigación, asociada al transporte es utilizar dispositivos de ahorro de combustible, como cuentarrevoluciones, *cruise control*, económetros, indicadores de cambio de marcha y limitadores de velocidad ayudan a realizar una conducción eficiente, permitiendo reducir costos operacionales, y emisiones de GEI. Estas últimas formas de reducciones van de la mano con las conductas de los mensajeros (choferes), es decir con la cultura de la conducción. Estas conductas y maneras de conducir incluyen; moderar el uso de aire acondicionado, que al encenderse supone del orden del 10% de incremento en el consumo de combustible; usar el motor como freno; apagar el motor en paradas mayores a un minuto por el gran consumo durante el ralentí (0,5 – 0,7 litros por hora); mantener una velocidad uniforme durante el viaje; cambiar de marcha lo antes posible antes de llegar a 2.000 rpm en vehículos a diesel; comprobar el estado de los neumáticos una vez al mes e inflarlos con nitrógeno seco, de esta forma pierden menos presión, se calientan menos, y en consecuencia el consumo de combustible disminuye.

Finalmente, en términos generales, se recomienda revisar la aerodinámica del vehículo. El consumo de carburante puede incrementarse hasta un 20% a una velocidad de 120 Km/h. Otros elementos que dificultan el avance del vehículo por interferir con su aerodinámica son las ventanas abiertas, que pueden llegar a suponer un aumento del carburante de un 5% a unos 100 km/h.

Para las medidas asociadas a la iluminación, se puede mencionar el aprovechamiento de la luz natural despejando y limpiando regularmente las ventanas, pintando las paredes de colores claros, y utilizando cortinas o persianas en escaparates que permitan regular la luz natural y evitar deslumbramientos, además, es necesario generar conciencia para utilizar de una forma racional la energía eléctrica, apagando las luces o equipos que utilicen energía y no se estén utilizando. Para esto es necesario un cambio o una transformación de la cultura de la empresa, promoviendo el uso moderado y consciente del uso de energía. Junto a esto último, una opción es la instalación de sistemas de control de tiempo en los sistemas de iluminación, los cuales permiten apagar las luces según un horario establecido y evitar que estas mismas estén encendidas más tiempo del necesario.

Otras alternativas más potentes, se relacionan con la utilización de iluminación eficiente, entre los cuales se destaca; reemplazar los tubos fluorescentes convencionales por tubos fluorescentes con balastos electrónicos en las zonas de mucho mayor uso, y por lámparas de descarga en zonas con poco uso; reemplazar las lámparas de incandescencia o halógenas tradicionales por lámparas fluorescentes compactas, en zonas donde no haya muchos encendidos y apagados

Para las medidas asociadas a la calefacción y al uso de aire acondicionado, es primordial activar los programas de control de tiempo y temperatura para reducir las emisiones de gases refrigerantes. Como en el caso de la iluminación, es necesario controlar el uso de aire acondicionado y apagarlo cuando no sea necesario así también los aparatos eléctricos que no se estén utilizando ya que estos generan calor cuando están prendidos y demandan una mayor refrigeración y un mayor esfuerzo para los equipos, y generan un aumento las emisiones de GEI. Además es necesario limpiar los equipos regularmente, ya que los componentes sucios restan eficiencia al sistema incrementando el consumo de energía, de este modo, los componentes como rejillas, filtros y ventiladores de los equipos deben revisarse y limpiarse regularmente.

Adicionalmente a esto, es necesario comprobar posibles pérdidas de refrigerante y reparar si hay averías, estas pérdidas implican un incremento del consumo de energía que puede ser significativo.

Analizar las necesidades de climatización es un factor relevante al momento de invertir en un equipo o al momento de reubicar equipos, para esto es necesarios valorar las diferentes necesidades de temperatura de cada una de las áreas de la empresa y planificar en función de esto, la capacidad de refrigeración adecuada.

Para las medidas asociadas al uso de energías renovables, se destaca el aprovechamiento de energía solar térmica, que puede ser utilizada para la producción de agua caliente sanitaria y climatización (refrigeración y calefacción), también se recomienda el aprovechamiento de energía solar fotovoltaica para el uso directo o almacenamiento en baterías, para finalmente suministrar electricidad u otro tipo de energía requerida. De esta forma, durante la producción de energía solar fotovoltaica, se estaría evitando 0,379 Kg CO₂e cada Kwh generado, lo cual significa cifras importantes de emisiones en instalaciones que consumen una alta cantidad de energía eléctrica.

Otra posibilidad es la cogeneración, que permite incrementar de forma significativa la eficiencia en el uso de la energía. Se puede valorar el uso de plantas de cogeneración para la producción de aire caliente o vapor, y para la climatización o producción de agua fría.

7.1 Potenciales medidas de mitigación a evaluar

Es de suma importancia comprender que las medidas de mitigación que se evalúan en este proyecto, responden a las necesidades que se identificaron en la etapa anterior, es decir con el análisis de los puntos críticos a partir de la medición de la huella de carbono. Una vez identificado estos puntos críticos es posible focalizar los recursos y los proyectos de mitigación en las respectivas aéreas analizadas. De esta forma se tendrá un resultado que será significativo en término de reducción de la Huella de Carbono.

Sin este previo análisis, el de las emisiones actuales de Chilexpress, no se puede determinar dónde iniciar las medidas de mitigación para una significativa reducción de la Huella de Carbono.

Las medidas de mitigación propuestas para ser evaluadas son:

1. Reemplazo de una parte de la flota de vehículos propios, asignados a recorridos en jornada PM en el sector céntricos de RM por vehículos eléctricos para realizar los mismos servicios.
2. Instalación de dispositivos de ahorro de combustible para una parte de los vehículos propios, asignados a recorridos en jornada PM en el sector céntricos de RM.
3. Instalación de componentes aerodinámicos para las Rutas entre ciudades.
4. Capacitaciones a los mensajeros propios de Chilexpress en temas de eco conducción y técnicas de conducción eficiente.
5. Reemplazo de una parte de las motos actuales en los Centros de Reparto por motos eléctricas para realizar el mismo servicio.
6. Reemplazo de una parte de las motos actuales en ciertos Centro de Reparto por bicicletas eléctricas.

7.2 Evaluación de los proyectos seleccionados

En esta sección se evalúan los proyectos que fueron seleccionados por criterios de importancia según la literatura internacional, según el rubro de la empresa a implementar y su por core bussiness, es decir en función de las principales actividades que desarrollan durante su operación.

Para la evaluación de los proyectos se consideran los costos de inversión de cada uno de los ítem de la medida de mitigación, previamente discutido y negociado con el proveedor asociado a cada medida o proyecto, se consideran además los costos de operación y mantención de las medidas, y su contribución al ahorro de energía y/o combustible durante su vida útil. La metodología que se utiliza es la descrita previamente en este informe.

El ahorro de combustible que se genera gracias a la implementación de la medida es un factor clave para la evaluación de los beneficios, y para ello de se debe estimar el precio del combustible que enfrenta la empresa a lo largo de un horizonte determinado. Ésta estimación se modela según los datos históricos del precio del diesel, desde el año 2010 hasta abril del 2013. Luego se ajusta el precio de referencia con el costo que enfrenta la empresa con los últimos costos de combustible entregados por el departamento de desarrollo operacional de Chilexpress. Con esta serie de tiempo se realiza una regresión y se estima una proyección de la curva según diferentes tipos de funciones que caracterizan la tendencia. La función que describe de mejor forma esta curva hasta el año 2024 resultó ser la siguiente función cuadrática.

Ecuación 10: Función proyección precio diesel

$$y = -0,003x^2 + 3,0749x + 102,88$$

Con

$$R^2 = 0,8$$

Dónde:

y : Precio del diesel

x : Número del mes, donde "1" es "enero del 2010"

A continuación se observa de forma gráfica la curva que representa la proyección del costo del diesel para Chilexpress.

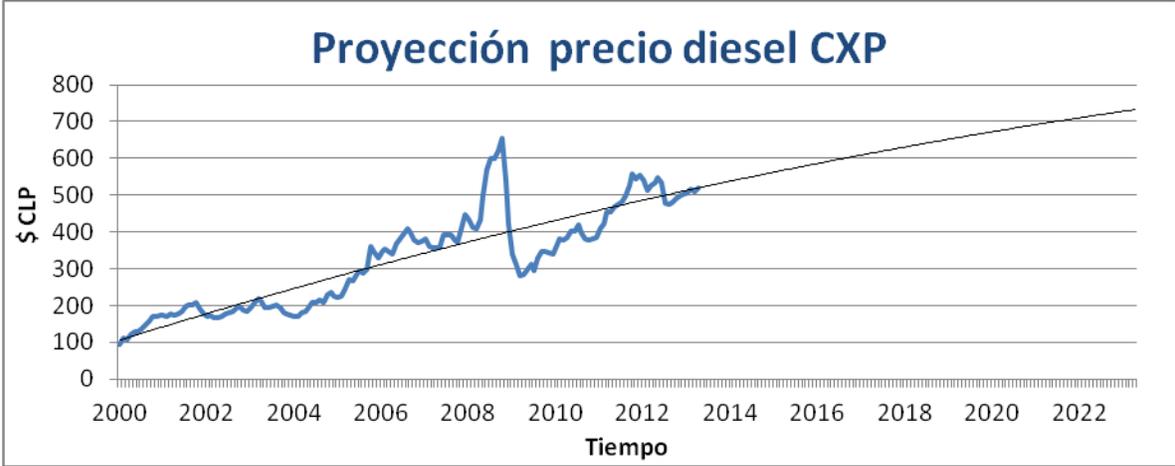


Ilustración 20: Proyección precio diesel. Fuente: Elaboración propia. Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente a esto, para hacer la evaluación más realista se trabajó con el supuesto de escenarios para los precios futuros del diesel y otros parámetros. De esta forma se evalúan los proyectos según variables estocásticas que siguen distribuciones de probabilidades entre ciertos rangos y no con un valor determinístico único.

La ventaja que tiene la incorporación de variables estocásticas a los modelos de evaluación de proyectos tiene relación con la incertidumbre que se tiene respecto de los precios o valores que se estiman en el futuro, como también a aquellos asociados a los parámetros de efectividad de algunas medidas a lo largo del tiempo.

A continuación se muestra este rango de valores para la proyección del precio del diesel, con los extremos pesimistas y optimistas de la estimación.

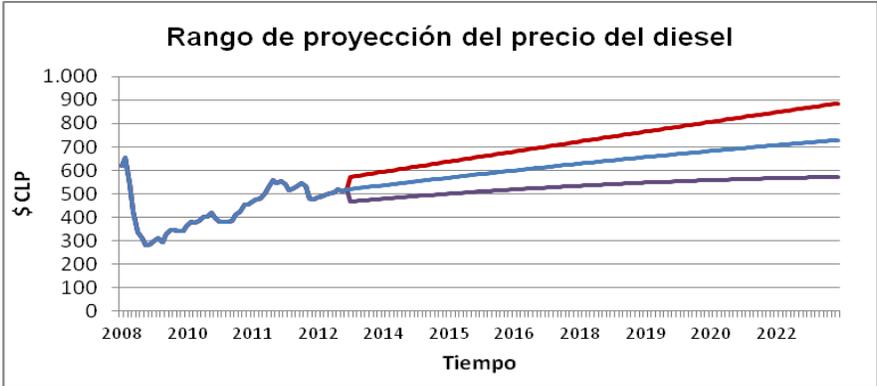


Ilustración 21: Rango de las proyecciones del precio del diesel

7.2.1 Evaluación Instalación componentes aerodinámicos

La aerodinámica es uno de los aspectos en los que más trabajan actualmente los fabricantes del mundo del automóvil. El diseño de su carrocería influye notablemente en el aprovechamiento de la potencia del motor y, por tanto, en el consumo. Para avanzar, un vehículo tiene que vencer la resistencia que opone el aire, y ésta es mayor o menor en función de la forma de la carrocería.

Además, existen en el mercado diferentes tipos de componentes aerodinámicos que se instalan en la carrocería de los vehículos de forma sencilla. De esta manera se incorporan y desinstalan a la flota las veces que se requiera, de modo que no sea una restricción la vida útil de los vehículos

Los beneficios que se consiguen al implementar estos componentes aerodinámicos en los vehículos, se asocian directamente con el menor consumo de combustible durante su desplazamiento, debido a las reducciones de fuerzas de resistencia del aire durante el movimiento. Estos beneficios en la reducción del consumo de combustible, se consiguen en mayor medida cuando los vehículos llegan a velocidades superiores a los 90 km/h, ya que se aprovechan mejor las ventajas aerodinámicas que se producen.

Actualmente Chilexpress sí considera la aerodinámica en la mayoría de los vehículos, como por ejemplo en los camiones que realizan las rutas de Santiago a regiones. Sin embargo estos camiones solo consideran las ventajas aerodinámicas en la parte delantera de la carrocería. Este cual es un mecanismo aerodinámico delantero es un concepto más maduro dentro del mercado de transporte de carga y tiene una gran efectividad en la disminución del combustible. Estos valores pueden llegar hasta un 5% en ahorro de combustible, según la literatura y según las pruebas que ha hecho el centro de mantención de la flota de Chilexpress.

Estos dispositivos delanteros se llaman "Spoiler" y se colocan en la parte superior de la cabina de los camiones. Su forma es parecida a una rampla que se incorpora para suavizar la penetración del vehículo dentro del flujo de aire durante el movimiento.



Ilustración 22: "Spoilers" de camiones Chilexpress

Como se aprecia, Chilexpress obtiene beneficios aerodinámicos en la parte delantera de la carrocería, disminuyendo su consumo de combustible y sus emisiones, sin embargo no se han explotado los beneficios aerodinámicos en la parte trasera de los vehículos.

Esta medida de mitigación se enfoca en la instalación de unos componentes en la parte superior trasera de los camiones, denominado SDR.

El SDR es un deflector de fibra de vidrio de una altura de 6,4 cm que se instala en la parte trasera superior del remolque, obteniendo ventajas aerodinámicas no aprovechadas anteriormente con los “Spoilers”.

Actualmente hay más de 10.000 SDR instalados en España y resto de Europa. A continuación se observa este dispositivo instalado en un camión.



Ilustración 23: Componente SDR instalado en camión

Este dispositivo logra inyectar el flujo de aire que circula en la parte superior del vehículo hacia la parte posterior donde existe un campo de turbulencias, responsables del efecto de succión en sentido opuesto al movimiento. Con la inyección del aire en este campo, se consigue reducir en un 50% el área de turbulencias, obteniendo el mismo avance con menor consumo energético, es decir con una mayor eficiencia energética. A continuación se puede observar el efecto de este dispositivo.

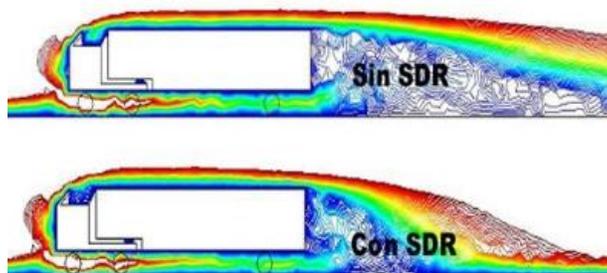


Ilustración 24: Efecto aerodinámico SDR

Para una primera implementación se considera un potencial de 26 camiones en total, que realizan servicios de rutas entre ciudades y de recorridos al interior de Santiago a clientes grandes.

El precio de cada uno de estos componentes es de 517 Euros y su potencial de reducción se modela según una distribución triangular con valores entre 3% y 5% de ahorro de combustible, con el valor más probable de 4%. (Este supuesto se considera pesimista ya que el proveedor de los componentes indica valores de 5%)

Existen además 7 camiones que realizan recorridos dentro de Santiago de forma variables, tanto en jornada AM como PM, es decir que no tienen un destino fijo, y por lo tanto la cantidad de kilometraje que realizan varía. Por lo tanto son 14 recorridos en total que son variables. Esto se modela con distribuciones normales, considerando la media, como el promedio de todos los viajes variables que se realizaron durante un mes significativo, desviación estándar recomendada por el programa Cristal Ball, y decidiendo truncar los parámetros máximos y mínimos, como los máximos y mínimos experimentales de los datos históricos de estos recorridos.

La vida útil que se considera en la evaluación, el cual se discutió con el proveedor es de 8 años.

En esta evaluación no se consideran costos de mantención y operación, ya que no existe ningún protocolo formal de mantención, ni prácticas de mantención específica ni preventiva. No posee mecanismos electrónicos, ni eléctricos, es solo un alerón de fibra de vidrio con una aerodinámica particular, con una instalación y desinstalación simple.

Sin embargo, dado el recambio promedio de los vehículos de mayor tonelaje, se considera un factor de pérdidas de algún porcentaje de estos componentes. Esto se debe a posibles daños que sufran al momento de desinstalar los componentes de un vehículo antiguo e instalarlo en uno nuevo. Esta variable se modela como si siguiera una distribución triangular con el caso más probable de un 90% del total dañado al final del cuarto año, y con valores extremos inferior y superior de 80% y 100% respectivamente. Este supuesto se deriva de un escenario pesimista para los parámetros de vida útil de los dispositivos entregados por el proveedor. De esta forma se logra obtener un modelo de evaluación que refleje de mejor forma la realidad durante el horizonte de tiempo, incluyendo daños de los componentes y su eventual recambio

A continuación se observa el flujo de caja descontado durante un horizonte de 8 años de evaluación con una tasa del 18% anual

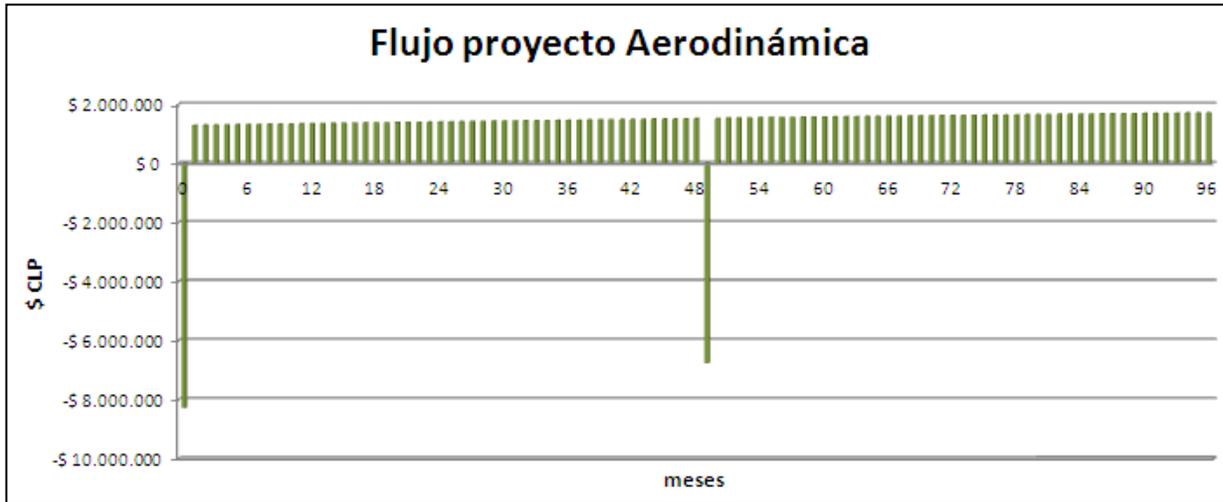


Ilustración 25: Flujo de caja proyecto "Aerodinámica"

A continuación se puede observar la distribución del Valor Presente Neto del proyecto SDR.

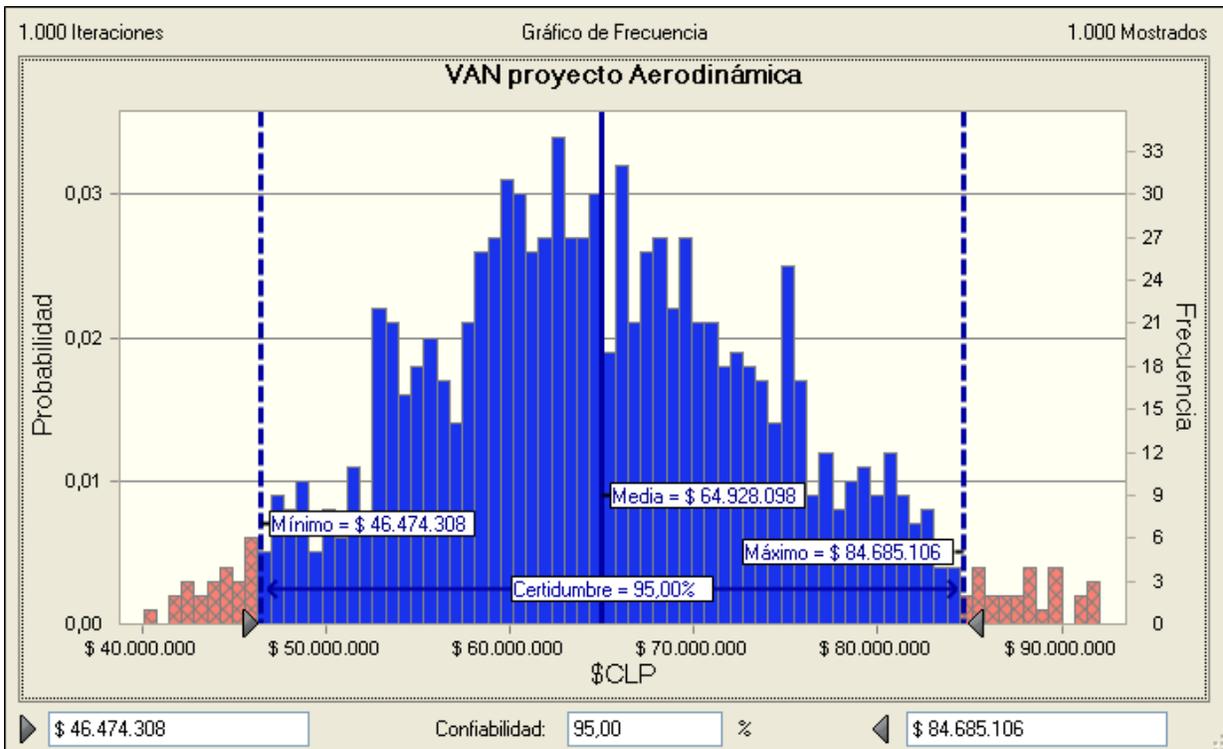


Ilustración 26: Distribución VAN del proyecto "Aerodinámica"

El tiempo de recuperación del capital o “Pay back” es de siete meses a partir de la instalación de los componentes aerodinámicos en los camiones, y el Valor Presente Neto es de 65 millones CLP a un horizonte de 8 años.

Con la metodología de evaluación de proyectos, descrita en este informe, es posible construir los indicadores de “potencial de reducción de GEI por año”, y el “costo/ahorro de abatimiento” (**CActR**) correspondiente al ahorro por cada tonelada de CO₂e por la implementación de la medida de mitigación.

En la siguiente figura se observan estos indicadores:

Indicador	Valor
CActR (\$CLP/ ton CO₂)	-\$ 102.425
Potencial de reducción (ton CO₂/año)	79,6

Tabla 28: Indicadores de costo efectividad proyecto "Aerodinámica"

Con esta medida, es posible reducir la Huella de Carbono en 79,6 toneladas de CO₂ cada año, obteniendo a la vez ahorros significativos en el consumo de combustible diesel.

La variable que explica la mayor variabilidad del VAN de este proyecto, está asociada al porcentaje de efectividad del kit aerodinámico, explicando el 59% de la varianza, seguida por el 30% correspondiente al costo del combustible proyectado.

7.2.2 Evaluación de capacitaciones en eco-conducción

La eco-conducción o conducción eficiente, es un conjunto de prácticas, técnicas y pautas de conducción y mantenimiento de los vehículos durante el viaje. Estas técnicas, están orientadas a optimizar la conducción para disminuir eficazmente los niveles de consumo de combustible, disminuir el desgaste de los vehículos, la tensión al volante, y sobre todo, ayuda a disminuir los GEI causantes del calentamiento global.

La conducción eficiente no sólo reduce el consumo y la contaminación, también contribuye a mejorar la seguridad vial de todos los protagonistas del tráfico gracias a que incrementa el confort de conducción al hacerla más relajada y con ello logra una disminución de los riesgos en la carretera.

Existen instituciones que realizan estas capacitaciones de forma detallada, abarcando la eco-conducción como un elemento dentro de un contexto de eficiencia energética y cambio climático global. De esta manera entregan las herramientas para que conductores conscientes del problema global puedan aplicar las técnicas aprendidas y generar las externalidades positivas que se derivan.

El Organismo Técnico de Capacitación (OTEC), reconocido desde el año 2004 por SENCE y certificado con las normas de Sistemas de Gestión de Calidad NCh 2728 e ISO 9001:2000 realizan este tipo de capacitaciones.

Las capacitaciones tienen un costo de \$32.000 CLP por cada integrante y según la experiencia de esta institución, los ahorros en consumo de combustible fluctúan alrededor del 10% en las empresas de transporte.

En general, estas técnicas de conducción tienen un mayor impacto en trayectorias en donde existe una mayor variabilidad de la velocidad de viaje, ya que en estos viajes se modifica con mayor frecuencia las revoluciones por minuto, la actitud de conducción, los estilos de frenado, entre otras variables que incluyen mejoras dentro de la conducción eficiente.

Es por eso que se decide evaluar esta medida de mitigación, considerando a los mensajeros que realizan los recorridos dentro de la Región Metropolitana, con vehículos tipo Van. En una primera implementación, se consideran 43 mensajeros que realizan estos servicios, tanto en jornada AM como PM, por lo que la inversión durante el primer mes de capacitación de estos mensajeros durante sesiones con grupos pequeños, asciende a \$1.376.000 CLP.

Existe además, otro costo indirecto, que se denomina costo de oportunidad, Este costo considera el hecho de que mientras se realiza una capacitación, se podría estar realizando un servicio de entrega o retiro dentro de la capital, y por lo tanto se debe satisfacer el requerimiento. La forma de satisfacer este pedido, es a través de un agente externo, el que debe cubrir al mensajero en capacitación. Este costo es de \$30.000 CLP por día, que además debe incluir 20 litros de combustible para el trayecto. De esta forma, la evaluación considera el costo de oportunidad que se genera al tener un mensajero en capacitación.

La evaluación considera un parámetro de eficacia del programa de capacitación una vez realizado, esto se refiere a qué tan efectivo fue la capacitación y se traduce en un porcentaje de reducción de combustible. Con el valor obtenido de la OTEC, se obtuvo una referencia a partir de la experiencia que han tenido estas capacitaciones en el mercado. El valor que concluyó la Otec para la efectividad de los programas en el contexto de Chilexpress, fue de 8% con un error de 2%. Por este motivo se modeló la evaluación de ésta medida como si fuera una variable estocástica con una distribución triangular con el valor más probable de 8%, mínimo de 6% y máximo de 10% de ahorro de combustible. Además es posible verificar y comparar estos valores con la experiencia internacional (Ver Anexo: Tabla 43)

Otro elemento importante a considerar en la evaluación de esta medida de mitigación, es el comportamiento y la conducta de los mensajeros durante el horizonte de tiempo de evaluación, ya que con el tiempo se pierde la motivación y el desinterés por la ecoconducción y se vuelve al estado normal de conducción. Esto se modela considerando un porcentaje de disminución mensual de eficacia del programa, generando una curva descendente de la eficacia del programa a lo largo del tiempo, hasta llegar a valores insignificativamente al cabo de 2 años, en donde se pierde el impacto positivo. Por esta razón se pretende efectuar nuevamente esta capacitación antes de llegar a esta instancia, y por lo tanto se evalúa esta medida con reiteradas capacitaciones a lo largo del tiempo, para así mantener una efectividad relativamente constante durante el horizonte de tiempo de la evaluación. Existe un trade Off entre hacer una nueva capacitación aumentando la efectividad nuevamente de la medida, y aplazar esta nueva inversión para aprovechar al máximo los efectos de sólo una capacitación. Sin embargo, la instancia óptima, o la frecuencia óptima de re capacitaciones es al cabo de 24 meses como se plantea anteriormente.

Otro punto importante a considerar es la rotación de los mensajeros en Chilexpress, ya que si fuera muy alta, entonces la efectividad de la medida se pierde de manera muy rápida en el tiempo por el efecto de la rotación del personal. Sin embargo, la rotación de los mensajeros en Chilexpress es bastante baja, con un promedio de 20 años de trayectoria de un mensajero en la mayoría de los casos. De esta forma, no se pierde el efecto del programa a causa de este factor en particular.

Junto con esta medida de capacitación, es necesario incluir un sistema de incentivo a una conducción mas eficiente en el transporte, mediante un premio al mensajero que realiza con menor consumo de combustible su recorrido, considerando las características del tamaño y del tipo de cada recorrido en particular, para que sean metricas comparables entre cada una de ellas. De esta forma se pretende incorporar buenas prácticas a los mensajeros de Chilexpress con certificaciones mensuales que expliciten ser “El mensjero mas sustentable del mes” y obtener beneficios que apunten en la misma dirección de sustentabilidad. Por ejemplo un recambio de la iluminación en el hogar del mensajero que cumplió los objetivos de eficiencia energética asociadas a ru recorrido. Otro ejemplo de premio, y de incentivo, es una instalación de un sistema de energía solar fotovoltaica en el hogar del mensajero mas sustentable al cabo de un año, ya que es un premio de mayor invegadura, etc..

Los costos asociados a estos premios no son incorporados ya que no se tiene una decisión de la elección de los premios, por lo que no se puede destinar un monto específico ni una frecuencia de premios acorde a los requerimientos.

El proyecto se evalúa con una tasa de inetres anual del 18% a un horizonte de 8 años, con reiteradas capacitaciones a lo largo del tiempo. A continuación se observa el flujo de caja que representa esta evaluación

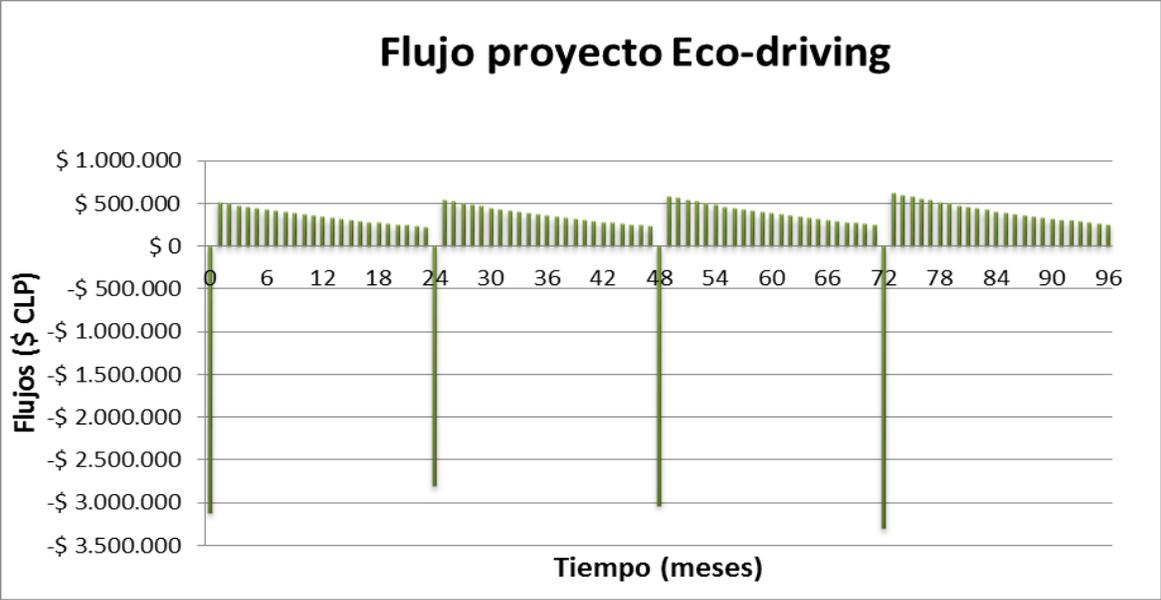


Ilustración 27: Flujo de caja proyecto Eco-Driving

A continuación se presenta la distribución del Valor Presente Neto del proyecto al cabo del período de evaluación.

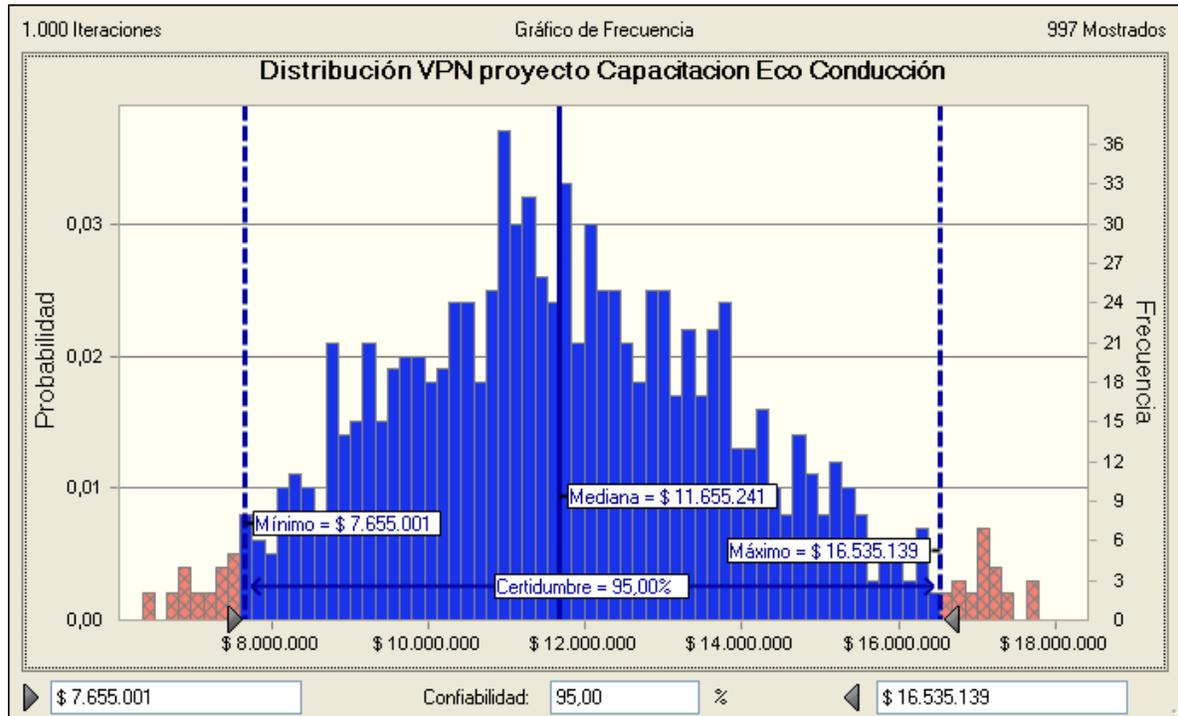


Ilustración 28: Distribución VPN del proyecto Eco-driving

En promedio se espera un Valor Presente alrededor de los 11,6 millones de pesos, con un intervalo de confianza del 95% que va desde los 7,6 millones hasta los 16,5 millones de pesos, reflejando una atractiva oportunidad para Chilexpress de llevar a cabo el proyecto y a la vez reducir su Huella de Carbono. El tiempo de retorno del capital o “Pay Back” es de ocho meses a contar del momento que se imparte la capacitación, por lo que representa una medida con un rápido retorno de capital y bajo riesgo.

En la siguiente tabla se observan los indicadores de “potencial de reducción de GEI por año”, y el “costo/ahorro de abatimiento” correspondiente al ahorro por cada tonelada de CO₂e por la implementación de la medida de mitigación en valor presente.

Indicador	Valor
CActR (\$CLP/ ton CO₂)	-\$ 176.230
Potencial de reducción (ton CO₂/año)	20,4

Tabla 29: Indicadores costo efectividad proyecto "Eco Conducción".

Con esta medida de mitigación, Chilexpress puede reducir en 20,4 toneladas de CO₂ cada año, obteniendo a su vez ahorros en el consumo de combustible que justifican la factibilidad económica del proyecto.

Para un mayor análisis, la variable que aporta mayor sensibilidad y por lo tanto explica la mayor contribución a la variabilidad del Valor Presente Neto corresponde al porcentaje de desincentivo. Por lo tanto esta variable es crítica para que la medida sea exitosa. Esta variable se relaciona directamente con la motivación de los mensajeros durante su trabajo, y por lo tanto tiene una estrecha relación con el sistema de incentivos que se mencionó anteriormente.

Por esta razón, el sistema de incentivos debe ser tal que exponga los beneficios de la eficiencia energética para los propios mensajeros, para que ellos se den cuenta que realmente están obteniendo beneficios propios a la hora de conducir de una manera más eficiente en sus rutas.

Es importante considerar que no es conveniente premiar con bonos o subir el sueldo a los conductores más sustentables, ya que al entrar en asuntos sobre la remuneración, se puede inducir a un conflicto interno entre los empleados y los mensajeros de la empresa. Por esta razón se recomienda que los premios sean bienes que apunten a la eficiencia energética, sustentabilidad, y Energías Renovables como productos ya elaborados y personalizados con baja liquidez para evitar su transformación monetaria.

7.2.3 Evaluación Vehículos Eléctricos

La incorporación de vehículos eléctricos a una parte de la flota de Chilexpress es una medida de mitigación que se evalúa detalladamente en este capítulo. Como prioridad para el reemplazo de vehículos, se considera el tipo de alcance de emisión según el GHG protocol. Es importante recordar que Chilexpress posee una flota que arrienda directamente con Kauffmann y Relsa, el cual es a través de contratos de Leasing Operativo. Y por otro lado están los vehículos que corresponden a recorridos licitados, que son de propiedad de los mismo mensajeros que prestan sus servicios a Chilexpress. Las emisiones de estos últimos vehículos se asocian al alcance 3 del protocolo, por lo que representan emisiones indirectas para la empresa.

Por este motivo, se considera como prioridad incorporar en primera instancia vehículos eléctricos a la flota directa de Chilexpress, es decir realizando reemplazos por contratos de Leasing Operativo. De esta forma se reducirán las emisiones del alcance 1 de la empresa correspondientes a emisiones directas.

Existen variables críticas para la adecuada incorporación y evaluación de vehículos eléctricos en una empresa de transporte de carga express. Una de ellas es la **autonomía** o rango de distancia por cada carga completa, que representa una restricción en cuanto a la dependencia que se tiene con el alcance o radio de los recorridos. Es una variable crítica a considerar ya que si el vehículo se queda sin energía para su movilidad, se tendrán ingresos perdidos para los próximos servicios, costos extra por recuperar el vehículo detenido en la vía pública, y una pérdida en la confiabilidad o en la imagen de servicio express de la empresa.

Otra variable importante a considerar es la **velocidad** que alcanza el vehículo con un consumo promedio, ya que tiene que satisfacer los servicios de “delivery” cumpliendo con los tiempos de entrega de las encomienda según el servicio contratado.

Estas dos variables críticas están directamente relacionadas con la energía que es capaz de almacenar y entregar al vehículo durante su recorrido. Ésta energía se caracteriza por los parámetros físicos y eléctricos de la batería, el voltaje de la batería medida en “Volts” y la capacidad de almacenamiento de la batería medida en “Ampere-hora”. Ésta relación se muestra en la siguiente ecuación.

Ecuación 11: Energía de una batería

$$E = V \bullet Ca$$

Dónde:

E: Energía de la batería totalmente cargada, medida en Kwh.

V: Voltaje de la batería totalmente cargada, medida en Volts.

Ca: Carga de la batería totalmente cargada, medida en Ah.

Otra variable importante a considerar es el **tiempo de carga** de las baterías, en la cual deben permanecer los vehículos en el centro de distribución, ya que deben llenar toda la energía necesaria para poder alcanzar a cubrir la mayor autonomía que pueda entregar la capacidad de la batería por cada carga. En el mercado no existen grandes diferencias en esta variable, pero se debe considerar para la planificar la logística de la operación de los recorridos, ya que debe coincidir el tiempo de carga con el tiempo muerto de los vehículos, para que no exista una pérdida en la utilización de los vehículos en sus operaciones. De este modo, el proceso de carga de las baterías se debe efectuar durante las noches, en donde no existen servicios de entrega ni retiro de encomiendas. Además, las cargas deben ser completas, es decir se debe llenar la capacidad de almacenamiento de la batería, para que tenga una mayor vida útil y mantenga su máxima capacidad de almacenamiento durante este horizonte de tiempo.

El tiempo de carga está caracterizado por la intensidad de corriente del cargador de vehículo eléctrico, y la capacidad de almacenamiento de la batería, y su relación se basa de acuerdo a la siguiente ecuación.

Ecuación 12: Tiempo de carga de batería

$$t = \frac{Ca}{I}$$

Dónde:

Ca: Carga eléctrica de la batería, medida en Ah

I: Intensidad de corriente del cargador de las baterías, medido en A

Finalmente, y no menos importante dentro de las variables críticas de incorporación de vehículos eléctricos, está el **volumen de carga** del vehículo, medido en metros cúbicos. Esta variable se debe considerar por el tamaño y cantidad de las encomiendas que se reparten durante una jornada. Con el volumen de carga de transporte se puede evaluar si la capacidad de los nuevos vehículos eléctricos es compatible con el volumen de carga de los actuales vehículos. Si existen diferencias, es necesario estimar la utilización de las actuales capacidades de transporte para saber cuál es la holgura en cuanto a capacidad, ya que si en promedio la utilización es del 50%, entonces el reemplazo por un auto eléctrico de la mitad de la capacidad si es factible. Sin embargo se debe evaluar a su vez, las posibilidades en algunos meses de un aumento de demanda que justifique una adquisición adicional de la flota para satisfacer la demanda. Es decir estimar los costos adicionales que puede incurrir Chilexpress por una contratación de flota de “Apoyo” para hacer recorridos adicionales, en las que con los vehículos convencionales se podrían haber hecho por un volumen sin utilizar.

Todas estas variables críticas, que determinan una correcta elección de un vehículo eléctrico para las adecuadas necesidades de la empresa, son analizadas para elegir dos modelos de vehículos eléctricos, de características similares para la evaluación de éste proyecto. Se incluye un modelo de fabricación Europea que se comercializa en Santiago, bajo la importación de una empresa ubicada en Pudahuel, y otro modelo de fabricación asiática de características similares evaluando los costos de transporte asociados.

En la siguiente imagen se muestra la primera opción para la implementación de electro movilidad en parte de la flota de Chilexpress, correspondiente a un modelo que utiliza la empresa pública de correos en España.



Ilustración 29: Vehículo Eléctrico Piaggio

Las características técnicas del vehículo se pueden apreciar en el siguiente cuadro:

Ítem técnico	Valor
Alimentación	100 % eléctrica
Potencia nominal motor	11 KW – 96 V
Velocidad máxima	60 Km/h
Autonomía	90 Km
Tipo de batería	Plomo Gel
Tensión cargador	220 V
Carga de la batería	180 Ah
Voltaje de la batería	96 V
Energía nominal	17 Kwh
Tiempo de carga completo	8 h
Ciclos de carga	1000 ciclos
Volumen de carga	3,5 m ³

Tabla 30: Ficha técnica vehículo eléctrico Piaggio. Fuente Elaboración propia a partir del fabricante.

Los costos de mantención de los vehículos eléctricos son en general, menores que los costos de las mantenciones de los vehículos convencionales, ya que no incluyen cambios de aceites o filtro y disminuyen los gastos de neumáticos y frenos por una menor potencia del vehículo y un peso mejor distribuido. Sin embargo en la flota de Chilexpress, las mantenciones de los vehículos las realizan Relsa o Kauffmann dependiendo del contrato de Leasing Operativo, es decir Chilexpress incurre en un costo mensual por este tipo de Leasing, y no se preocupa de las mantenciones de los vehículos, ya que el pago mensual incluye todos los costos asociados a las mantenciones de los vehículos. Es por esto que en la evaluación de este proyecto se incluyen los costos de las mantenciones en que debe incurrir la empresa con esta nueva medida de mitigación cada cierto kilometraje recorrido por el vehículo. Estas mantenciones son controlar, limpiar, regular, lubricar o sustituir si es necesario elementos como las escobillas del motor eléctrico, los amortiguadores, el mando acelerador, el disco de freno, los sistemas electrónicos, ajustes eléctricos a las baterías, entre otros. (Ver anexo: Tabla 47)

Además es necesario incorporar costos asociados a la patente de los vehículos (4% del valor de la factura de cada vehículo), costos de seguros SOAP contra accidentes, y costos de oportunidad mientras se reemplaza por un posible daño o accidente.

Con todas estas consideraciones técnicas, es posible adaptar estrategias de implementación de este tipo de vehículo eléctrico a la flota de Chilexpress.

En primer lugar, considerando la autonomía del vehículo, en contraste con las distancias de los recorridos dentro de Santiago de los vehículos de Chilexpress, es necesario identificar aquellos que tengan las menores distancias de trayecto y que además sean asociadas al alcance 1 de GEI del GHG protocol para efectos de prioridad.

Estos recorridos de menor distancia de viaje dentro de la capital, tanto en jornada AM, como jornada PM (Ver anexo , serán los recorridos objetivos para el reemplazo de los vehículos, que actualmente son cubiertos por contratos Leasing Operativo con los actuales proveedores. Si bien este tipo de recorridos son los que deben reemplazarse por vehículos eléctricos, se recomienda que el Departamento de Planificación Operacional de Chilexpress, planifique y elabore diferentes recorridos que incluya este tipo de restricciones en sus modelos de optimización de rutas, es decir que incluya la restricción de la autonomía máxima de los vehículos. De esta forma se podrá incluir de manera más masiva este tipo de vehículos eléctricos en la flota de Chilexpress, y que sea compatible con la operación de las entregas y retiros.

Actualmente estos recorridos “especiales”, que corresponden a recorridos con una distancia de viaje inferior a 90 Km de longitud representan a solo cuatro recorridos en la jornada AM, y cuatro recorridos en la jornada PM. Por lo tanto el proyecto se enfoca en el reemplazo de cuatro vehículos eléctricos de las características mencionadas anteriormente, que realicen cada uno de los cuatro recorridos en la mañana y cada uno de los cuatro recorridos en la tarde.

Para que un mismo vehículo eléctrico realice, sin problemas de autonomía, tanto el recorrido en la mañana como el de la tarde, es necesario que se carguen al 100% las baterías una vez realizado el servicio de la mañana, ya que los viajes son de aprox. 75 Km cada uno, con lo que cumple con la autonomía del vehículo. Sin embargo, el tiempo de carga de las baterías, representa una restricción para que en la ventana de tiempo que se genera entre las jornadas se realicen estos procesos de manera normal.

Es por esto último, que se decide en primera instancia, una estrategia de recambio de baterías en esta ventana de tiempo. De esta forma se consideran dos packs de batería por cada vehículo eléctrico que se incorpore a la flota de Chilexpress. Así las baterías se cargan durante la noche, y al día siguiente, cuando un vehículo eléctrico realice su jornada AM, y vuelva descargado al Centro de Distribución de la empresa, se proceda a cambiar el pack de batería descargado por el otro pack de baterías cargadas al 100% para que el vehículo pueda realizar sin problemas su jornada PM de otros 75 Km, satisfaciendo con la restricción de su autonomía. Este último recambio de baterías entre cada jornada implica un costo extra por la adquisición de un pack de baterías adicionales, y además por el gasto extra en horas hombre por el recambio de baterías en el horario de trabajo de los mensajeros al final de cada jornada AM.

Otro elemento a considerar en la evaluación de esta medida de mitigación es la inversión inicial del proyecto. Cada vehículo tiene un costo \$13.900.000 CLP, y cada pack de baterías extras tiene un valor de \$2.000.000 CLP netos. Cada batería, al tener ciclo de vida definida por el fabricante, se debe reponer cada cierto periodo de tiempo, incurriendo en inversiones periódicas del doble del número de vehículos para seguir con la estrategia de operación descrita anteriormente. Además es necesaria una pequeña instalación de carga industrial para cargar eléctricamente los vehículos durante la noche. Esta plataforma de carga eléctrica tiene un costo total de \$1.720.000 CLP para el total de los autos. A continuación se aprecia este tipo de dispositivos esenciales para la implementación de los vehículos eléctricos.



Ilustración 30: Estación de Carga para vehículos

Un último costo por la incorporación de estos vehículos a la flota de Chilexpress, se asocia a su capacidad de carga. Actualmente los vehículos tienen un real capacidad de 5.5 metros cúbicos para sus servicios, sin embargo la utilización de la capacidad de estos vehículos es del 50-60%, ya que la restricción más activa en el negocio de Chilexpress es el tiempo más que el volumen. De este modo, en la actualidad, si se sobrepasa esta utilización, no se podrá alcanzar a realizar todas las entregas a tiempo.

Por lo tanto, el introducir estos vehículos que tienen 3,5 metros cúbicos, al mismo tiempo de ahorrar combustible por la tecnología eléctrica, se estaría utilizando al 100% la capacidad del vehículo, maximizando la utilización y cumpliendo al mismo tiempo con los tiempos de entrega, ya que se implementará en zonas donde la velocidad promedio del tránsito no alcanza valores superiores a 50 Km/h.

Si bien, este cambio de flota que maximiza la utilización de la capacidad del vehículo, sí tiene una sensibilidad y un impacto a variaciones en la demanda, específicamente a una mayor demanda en ciertos meses del año como Diciembre y Noviembre. En estos meses, y en mayor medida en Diciembre, aumenta al doble la demanda de encomiendas, por lo que se debiera duplicar hipotéticamente la flota eléctrica (En el caso convencional, la utilización de los vehículos llega a su máximo). Sin embargo se puede suplir este aumento de demanda explosivo con la contratación externa de agentes de Apoyo” de Chilexpress.

Estos vehículos de “Apoyo” de Chilexpress, tienen un volumen de carga equivalente a los vehículos de Leasing Operativo, es decir 5,5 metros cúbicos utilizables, por lo que por cada dos vehículos eléctricos extra hipotéticamente añadidos a suplir la sobre demanda, se tendrá que contratar a un vehículo de “Apoyo” convencional.

Esta contratación de agentes externos en ciertas fechas, significa un costo extra que Chilexpress incurre por el reemplazo de vehículos a vehículos eléctricos, y son considerados en la evaluación para 3 meses completos, correspondientes a Octubre, Noviembre, y Diciembre. Este costo “extra” asciende a \$6.270.000 por los tres meses y para cada año a lo largo del horizonte de evaluación, ya que se le paga a cada agente \$30.000 CLP más 20 litros de diesel por jornada diaria.

Por otro lado, los beneficios que se obtienen con la incorporación de estos vehículos eléctricos se reflejan durante la operación de la flota, estos beneficios corresponden a los ahorros que se generan por menor consumo de combustible

durante sus recorridos, ya que el costo del consumo de electricidad es menor que el costo de combustible diesel.

Para estimar estos beneficios futuros por el menor costo de combustible, es necesario estimar el precio de la energía que será percibida como un costo de operación para Chilexpress, estas estimaciones del precio de la energía se obtuvieron de las proyecciones del costo marginal de la energía proyectado por la Fundación Chile. Sin embargo para que el modelo fuera estocástico y aceptara variabilidad en un horizonte de largo plazo, se modeló esta proyección ajustándola a una función cuadrática, y adaptando al coeficiente principal a una distribución de probabilidades para obtener escenarios pesimistas y optimistas. Esta proyección se puede observar en los anexos del informe. (Ilustración 57)

Finalmente, existe un beneficio en cuanto al reemplazo del costo de arriendo con la empresa que provee los vehículos diesel. Estos Contratos de Leasing Operativo tienen un valor mensual de \$550.000 CLP por cada vehículo, el cual se estará ahorrando cada mes con la nueva flota propia eléctrica. El contrato de Leasing incluye beneficios como seguros y mantención constante. Los costos equivalentes para la flota eléctrica se han considerado en el modelo.

Una vez definidos, estimados, y calculados los costos y beneficios del proyecto, se puede obtener el flujo de caja de éste proyecto con los principales eventos que la caracterizan a lo largo del período de evaluación. (Ilustración 31)

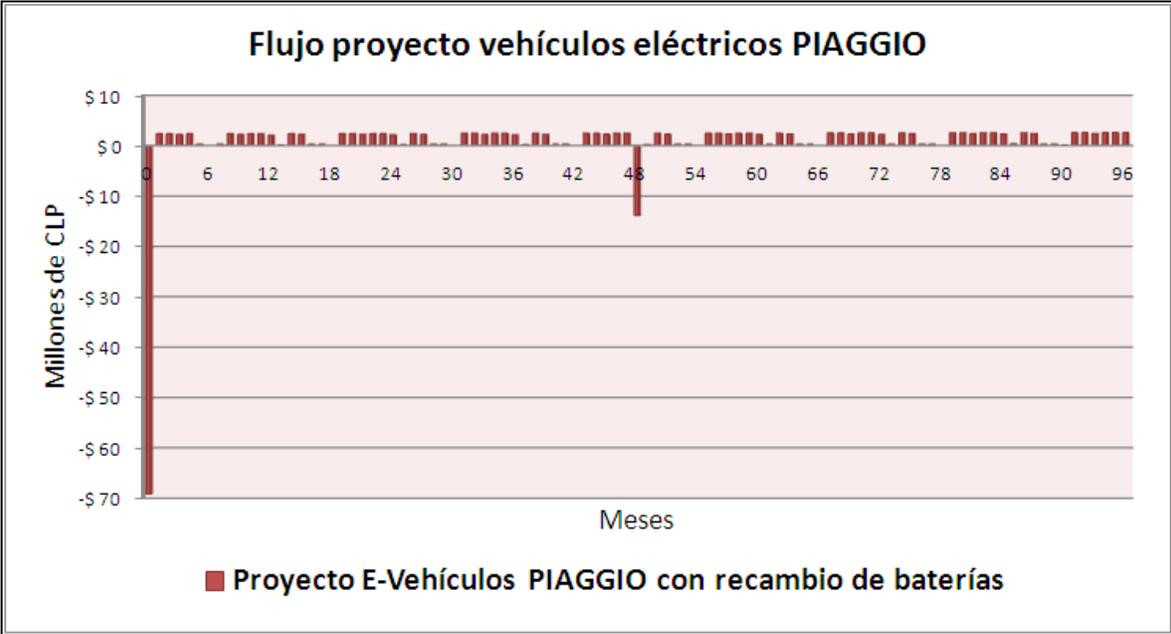


Ilustración 31: Flujo de cada proyecto vehículos eléctricos con recambio de baterías

Estos eventos corresponden en primer lugar a la Inversión inicial, que asciende a 67,7 millones de CLP, incluyendo todo lo necesario a la implementación de estos 4 vehículos eléctricos con las baterías extras para el reemplazo entre jornadas, e incluyendo la infraestructura de carga. Además se puede apreciar que en ciertos meses la evaluación presenta flujos insignificantes comparativamente, de \$500.000 CLP, que se explican por el aumento de la demanda en estos particulares meses, en donde se incurre a un costo extra por agentes de “Apoyo” mencionados anteriormente.

Además se aprecian períodos en donde es necesario realizar una inversión adicional, y que reflejan flujos negativos. Estas inversiones corresponden a adquisiciones de baterías adicionales por el gasto del uso de baterías existentes. Las baterías tienen un ciclo de carga fijo, y luego de este periodo, es necesario hacer un recambio de las baterías antiguas, incurriendo en una inversión adicional cada 48 meses aproximadamente, si se sigue con la estrategia de implementación descrita anteriormente.

Finalmente están los períodos en donde se percibe un flujo positivo, que corresponde a ahorros en el costo de combustible gracias a la operación de los vehículos eléctricos, en donde se incluyen en sus respectivos períodos, costos de mantención (Anexo: Tabla 47), costos asociados a las horas hombre por el recambio diario de baterías entre jornadas y el ahorro por evitar el costo de arriendo mensual bajo Leasing Operativo. Estos flujos en general ascienden a valores de 2,3 millones de pesos, aunque éstos bajan en los períodos mencionados anteriormente.

A continuación se puede observar la distribución del VAN del proyecto con un horizonte de 8 años a una tasa de descuento del 18% anual.

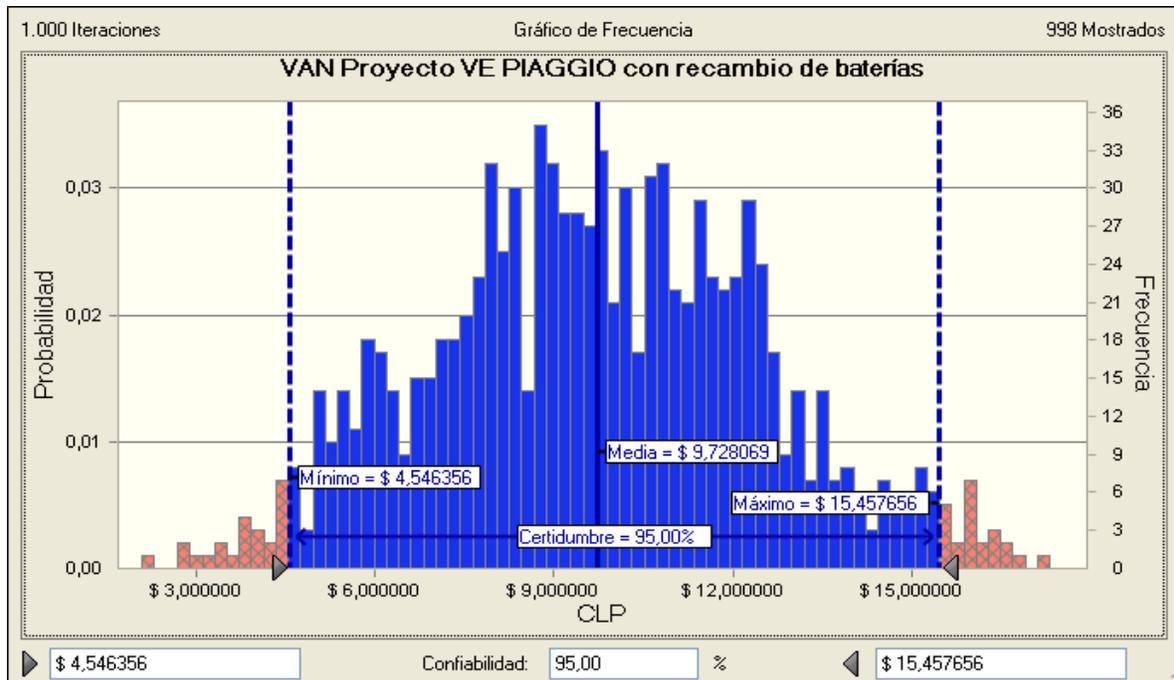


Ilustración 32: Distribución VPN proyecto vehículos eléctricos con recambio de baterías

El proyecto tiene un VPN promedio de 9,7 millones de pesos, distribuidos en un intervalo de confianza del 95% entre 4,5 a 15,5 millones de pesos. Si bien, tiene una TIR de solo 23% al cabo de 8 años, sí es un proyecto que se justifica económicamente incluyendo todos los costos y todas las variables descritas anteriormente.

Además, se debe mencionar que existen beneficios adicionales a este proyecto, y que no se pueden cuantificar por su naturaleza subjetiva, pero sí son beneficios o externalidades positivas en la sociedad, como descontaminación vial, impacto positivo en las emisiones locales, disminución de daños a la salud y disminución significativa del ruido en la ciudad.

En la siguiente tabla se observan los indicadores de “potencial de reducción de GEI por año”, y el “costo/ahorro de abatimiento” correspondiente al ahorro por cada tonelada de CO₂e por la implementación de la medida de mitigación en valor presente.

Indicador	Valor
CActR (\$CLP/ ton CO₂)	-\$ 31.098
Potencial de reducción (ton CO₂/año)	38,02

Tabla 31: Indicadores costo efectividad proyecto "VE Piaggio con recambio de baterías".

Con esto, la empresa logra beneficiarse económicamente con este proyecto, obteniendo un ahorro de \$31.098 CLP por tonelada de CO₂ reducida, y además se observa que a lo largo de toda la vida útil se logra reducir 38,02 toneladas de CO₂ cada año.

Esta implementación de electromovilidad es a través de una estrategia de recambio de baterías durante la ventana de tiempo entre las jornadas AM y PM. Sin embargo existe otra estrategia de implementación que a diferencia de realizar este recambio de baterías durante la ventana de tiempo de tres horas entre dichas jornadas.

Esta nueva estrategia de implementación apunta a dejar en el vehículo la batería que se utilizó en la jornada AM, y proceder a cargarla conectando el cargador a la salida de corriente. De esta forma se estará cargando el vehículo de forma directa entre jornadas de trabajo, en donde el vehículo permanece detenido.

Esta carga de las baterías tiene una gran restricción, que corresponde al tiempo que dura esta pausa entre los horarios de operación, siendo de 3 horas en la mayoría de los casos. Es por eso que si la estrategia de implementación es cargar las baterías entre jornadas, las cargas deben ser de modo rápido, lo que implica una conexión a mayor voltaje y mayor intensidad de corriente.

Para realizar con éxito esta carga rápida, es necesario considerar un voltaje de carga de 500 Volts en vez de los 220 Volts que se utilizan normalmente, y una intensidad de corriente de 12 Ampere en vez de los 9 Ampere que se consume en una carga normal.

Esta carga rápida, tiene ventajas y desventajas, y a su vez consideraciones técnicas en su implementación. La gran ventaja es que se logra cargar la batería del vehículo en menor tiempo para satisfacer la restricción del tiempo máximo de detención entre jornadas y poder así cumplir con los tiempos de entrega.

Otra ventaja es que no se necesitaría personal en horario extendido para realizar los reemplazos de las baterías, que demoran dos horas aproximadamente

entre dos personas para desmontar y cargar las baterías de reemplazo. Con la nueva estrategia de implementación desaparece el costo que se incurre por este trabajo “extra” que se debería realizar cada uno de los días durante todo el horizonte de evaluación, y desaparece el riesgo de dañar las baterías asociado a la manipulación de estas mismas.

La desventaja es que a través de ésta carga rápida, el ciclo de vida de la batería disminuye de 1000 ciclos a 700 ciclos, por lo tanto disminuye su vida útil. De este modo, se tendrá que invertir en un pack de baterías nuevas en un período menor de tiempo, incurriendo en costos de inversión más frecuentes durante el horizonte de evaluación, pero de menor cantidad en unidades.

Las otras variables, costos de mantención, costos de subcontratar en períodos de sobredemanda, ahorros por disminución de costos de combustible, entre otros, se mantienen equivalentes con la estrategia de recambio de baterías.

Una vez definidos y considerados los cambios de esta nueva estrategia de implementación, se puede evaluar el resultado económico que implica esta estrategia. A continuación se aprecia el flujo de caja de éste proyecto con los principales eventos que la caracterizan a lo largo del período de evaluación.

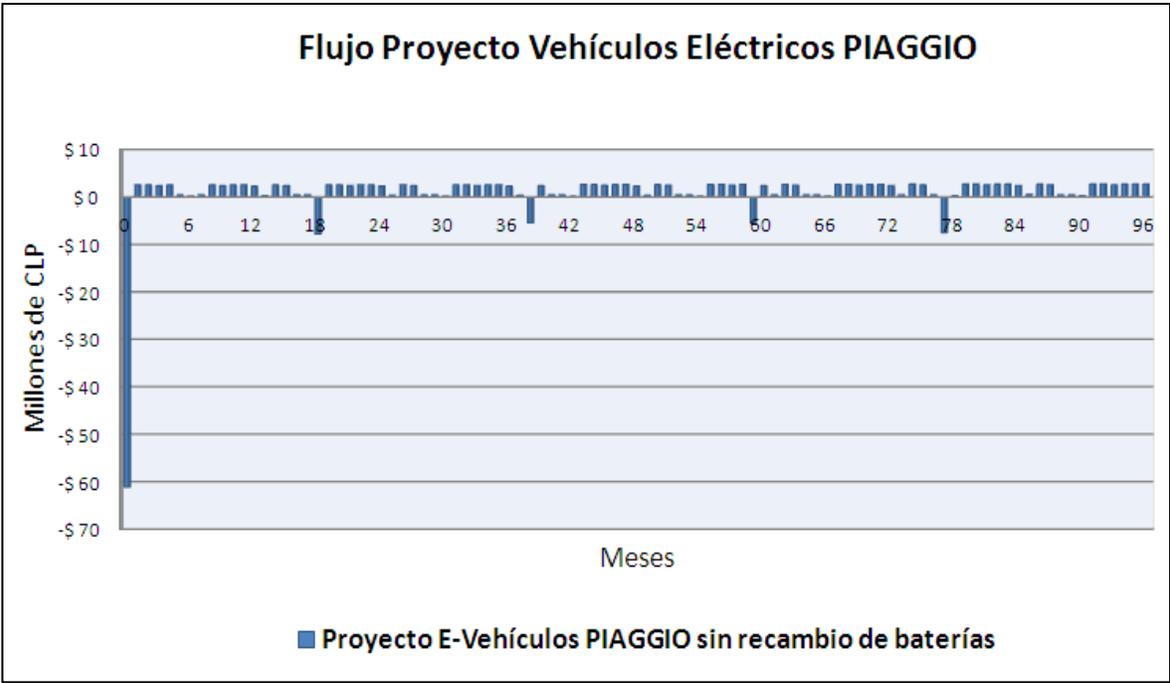


Ilustración 33: Flujos proyecto vehículos eléctricos sin recambio de batería

Estos eventos corresponden en primer lugar a la Inversión inicial, que asciende a 61,1 millones de CLP, incluyendo todo lo necesario a la implementación de estos 4 vehículos eléctricos y la infraestructura de carga.

El cambio sustancial con esta estrategia se aprecia en los períodos en donde es necesario realizar una inversión adicional. Estos eventos ocurren con una mayor frecuencia a lo largo del horizonte de evaluación, ya que se reduce la vida útil de cada pack de baterías debido a las cargas a mayor rapidez. Las nuevas adquisiciones de nuevas baterías deben hacerse cada 18 meses, y solo se deben adquirir el número de baterías equivalentes al número de vehículos.

Finalmente están los períodos en donde se percibe un flujo positivo, que corresponde a ahorros en el costo de combustible gracias a la operación de los vehículos eléctricos. A diferencia de la estrategia anterior, en esta modalidad, los flujos de ingresos son mayores, debido al ahorro por mano de obra extra por recambio de batería.

A continuación se puede observar la distribución del VAN del proyecto con un horizonte de 8 años a una tasa de descuento del 18% anual.

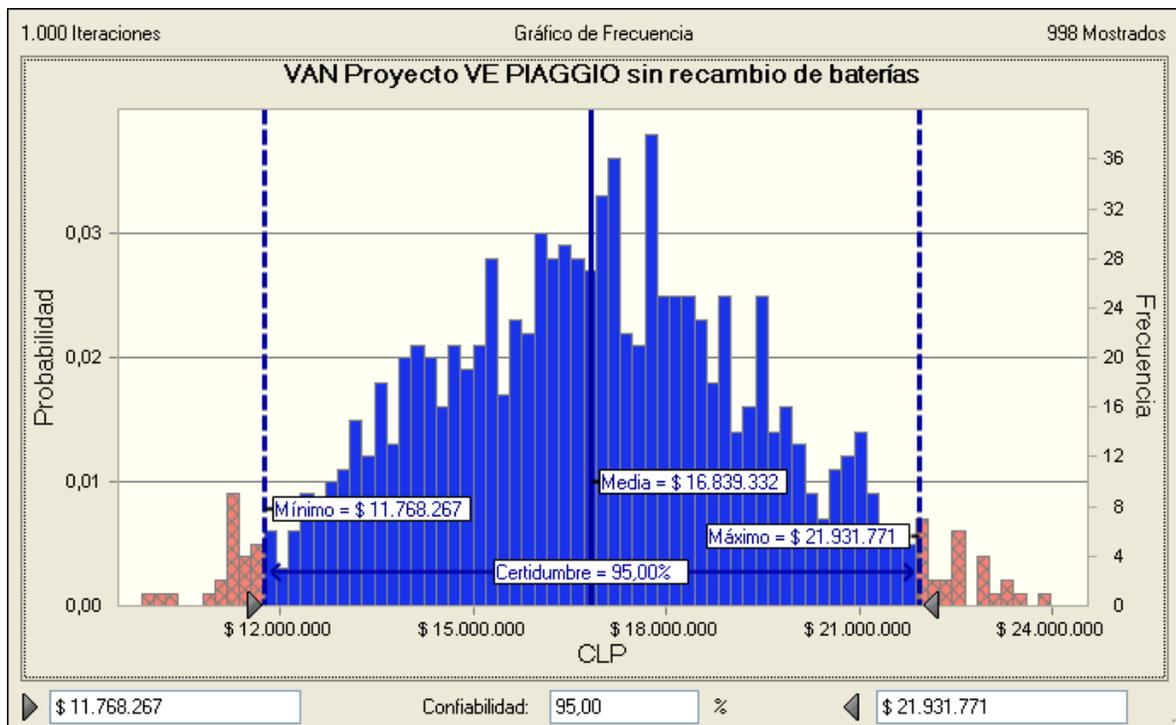


Ilustración 34: Distribución VPN proyecto de vehículos eléctricos sin recambio de baterías

El proyecto tiene un VPN promedio de 16,8 millones de pesos, distribuidos en un intervalo de confianza del 95% entre 11,7 a 21,9 millones de pesos. Este resultado es más rentable que el escenario anterior, obteniendo una TIR de 28%, por lo que representa una mejor estrategia y una mejor oportunidad para este tipo de inversión.

Además, al igual que en el proyecto anterior se debe mencionar que existen beneficios colaterales a este proyecto, y que no se pueden cuantificar por su naturaleza subjetiva, pero sí son beneficios o externalidades positivas en la sociedad, como descontaminación vial, impacto positivo en las emisiones locales, disminución de daños de salud y disminución del ruido en la ciudad.

En la siguiente tabla se observan los indicadores de “potencial de reducción de GEI por año”, y el “costo/ahorro de abatimiento” correspondiente al ahorro por cada tonelada de CO₂e por la implementación de la medida de mitigación en valor presente.

Indicador	Valor
CActR (\$CLP/ ton CO₂)	-\$55.305
Potencial de reducción (ton CO₂/año)	38,02

Tabla 32 Indicadores costo efectividad proyecto "VE Piaggio sin recambio de baterías".

Con esto, la empresa logra beneficiarse económicamente con este proyecto, obteniendo un ahorro de \$55.305 CLP por tonelada de CO₂ reducida, y además se observa que a lo largo de toda la vida útil se logra reducir 38,02 toneladas de CO₂ cada año.

Junto con estas dos estrategias de implementación de los 4 vehículos eléctricos, se puede comparar y concluir la conveniencia de llevar a cabo uno por sobre el otro. En el siguiente gráfico se pueden observar los flujos superpuestos de las dos estrategias de implementación que se vieron anteriormente. En él se aprecian las diferencias en la frecuencia de inversión de las baterías, y las diferencias en los montos de la inversión de éstas.

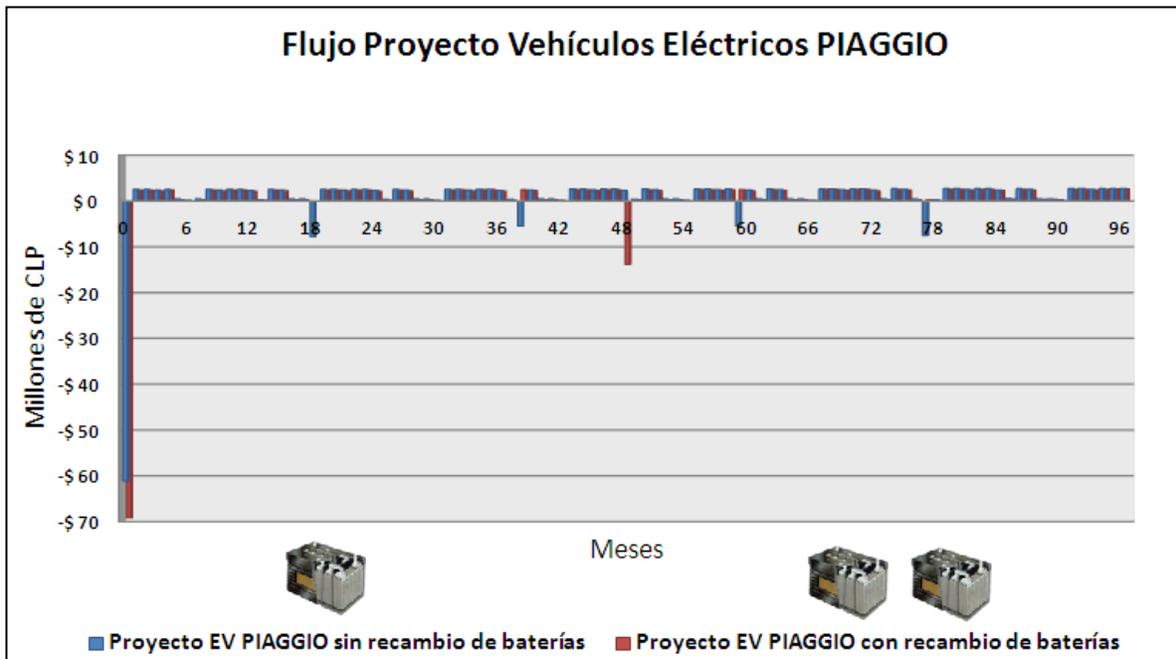


Ilustración 35: Flujos de ambas estrategias de implementación de vehículos eléctricos

Con el color rojo, se caracteriza el flujo de caja del proyecto bajo la estrategia de recambio de batería entre cada jornada laboral, este proyecto como se dijo anteriormente tiene un VPN de 9,7 millones de CLP, una PRI de 7 años, y una TIR del 23%. Por otro lado el proyecto que se caracteriza con el color azul, presenta los flujos del proyecto sin recambio de batería, es decir con las cargas rápidas entre jornadas. Esta última estrategia de implementación tiene un VPN de 16,8 millones como se mencionó anteriormente, un PRI de 5,5 años y una TIR del 28%. Por este motivo, la estrategia que será elegida para la implementación de los vehículos eléctricos Piaggio será esta última.

A continuación se observa un mapa que corresponde a las zonas y recorridos que deben hacer los vehículos eléctricos para que puedan satisfacer todas las restricciones de tiempo, velocidad, y distancia. Estos corresponden a 4 recorridos en la jornada AM y 4 recorridos para la jornada PM. (Ilustración 36 e Ilustración 37) Si bien no se observan recorridos cerca del Centro de Distribución por ser “recorridos licitados correspondientes a fuentes de emisión de alcance 3, estos pueden ser recorridos con un potencial atractivo por su distancia de viaje, la cual es compatible con la autonomía de los vehículos eléctricos

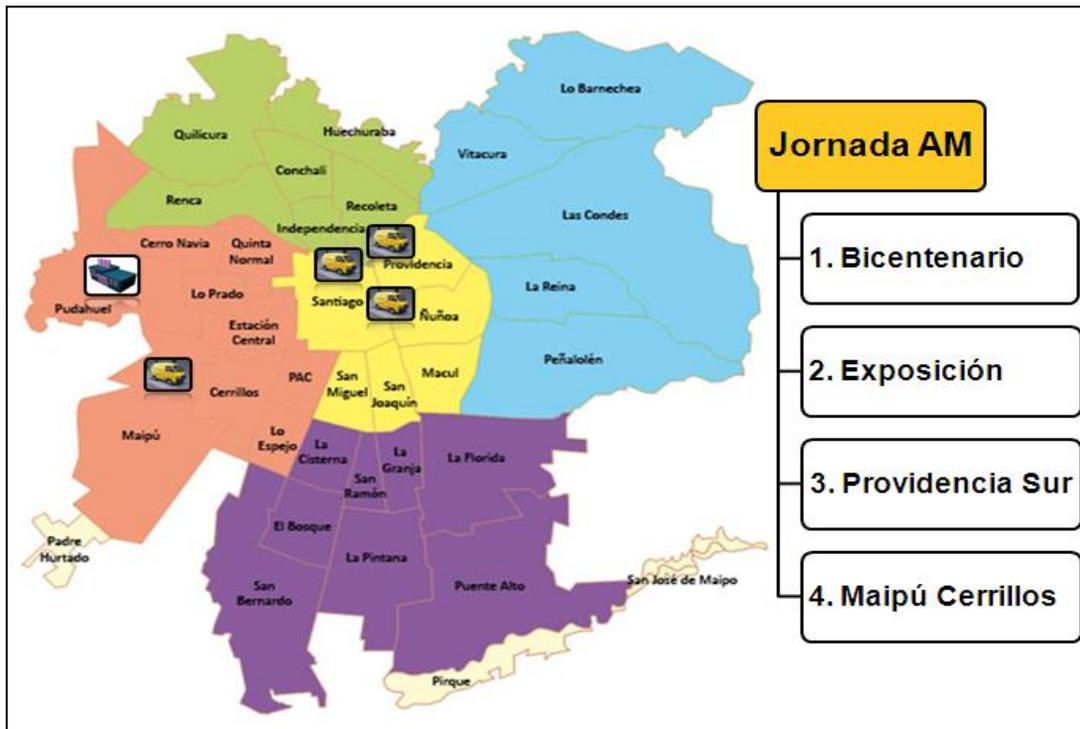


Ilustración 36: Mapa implementación vehículos eléctricos Jornada AM.

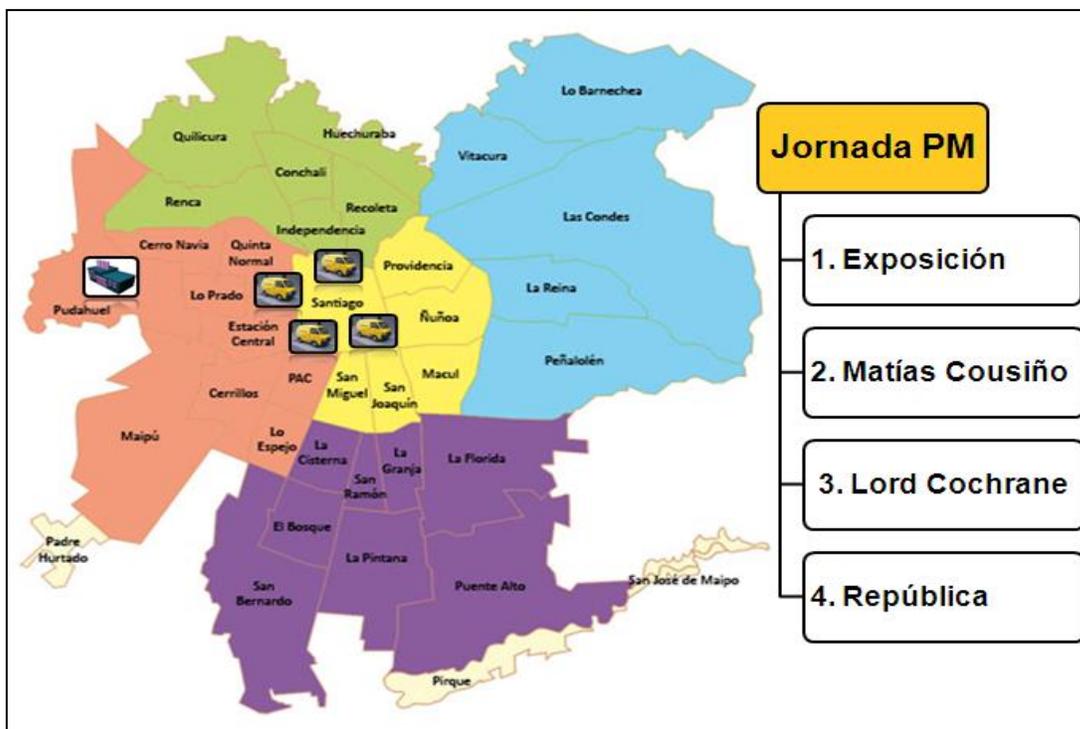


Ilustración 37: Mapa implementación vehículos eléctricos jornada PM.

Para una mayor diversidad en la elección de los vehículos eléctricos se realizó una evaluación de la incorporación de vehículos eléctricos de origen Chino para ver las principales diferencias en términos de costos y beneficios. Para esto se obtienen ciertos parámetros de proveedores Chinos, como precio del furgón y características técnicas de sus funcionamiento.

En la siguiente imagen se observa el vehículo seleccionado para realizar la evaluación de proyecto de electromovilidad en el caso de un modelo Chino. De este modo se podrán ver las diferencias con respecto a los resultados económicos, implicancias y riesgos asociados.



Ilustración 38: Vehículo eléctrico de origen Chino

Las características técnicas de este vehículo se muestran a continuación:

Ítem técnico	Valor
Alimentación	100 % eléctrica
Potencia nominal motor	10 KW – 96 V
Velocidad máxima	60 Km/h
Autonomía	100 Km
Tipo de batería	Gel
Tensión cargador	220 V
Carga de la batería	150 Ah
Voltaje de la batería	96 V
Energía nominal	14,4 Kwh
Tiempo de carga completo	9 h
Ciclos de carga	800 ciclos
Volumen de carga	4 m ³

Tabla 33: Ficha técnica vehículo eléctrico Chino. Fuente Elaboración propia a partir del fabricante.

Como se aprecia, las características de este último tipo de vehículo es bastante similar a las del vehículo anterior, sin embargo la gran diferencia radica en el precio del producto, que llega a \$4.900.000 CLP por cada vehículo.

El proyecto incluye la incorporación de 4 unidades para una fase inicial de implementación. Por lo que la inversión hasta el puerto de China es de \$19.600.000 CLP, sin embargo para la inversión del proyecto se considera el costo del transporte marítimo más el costo de un seguro por traslado marítimo hasta el puerto de Valparaíso llamado costo CIF es de \$1.500.000 CLP. Además están los costos aduaneros que se estimaron en un 6% del Valor de la factura⁵, lo que corresponde a \$1,266.000 CLP.

Otro costo importante que hay que considerar es la patente que tendrán estos nuevos vehículos que corresponde al 3% del valor de la factura del producto que se considera cada año.

A continuación se muestra el flujo de caja de este proyecto.

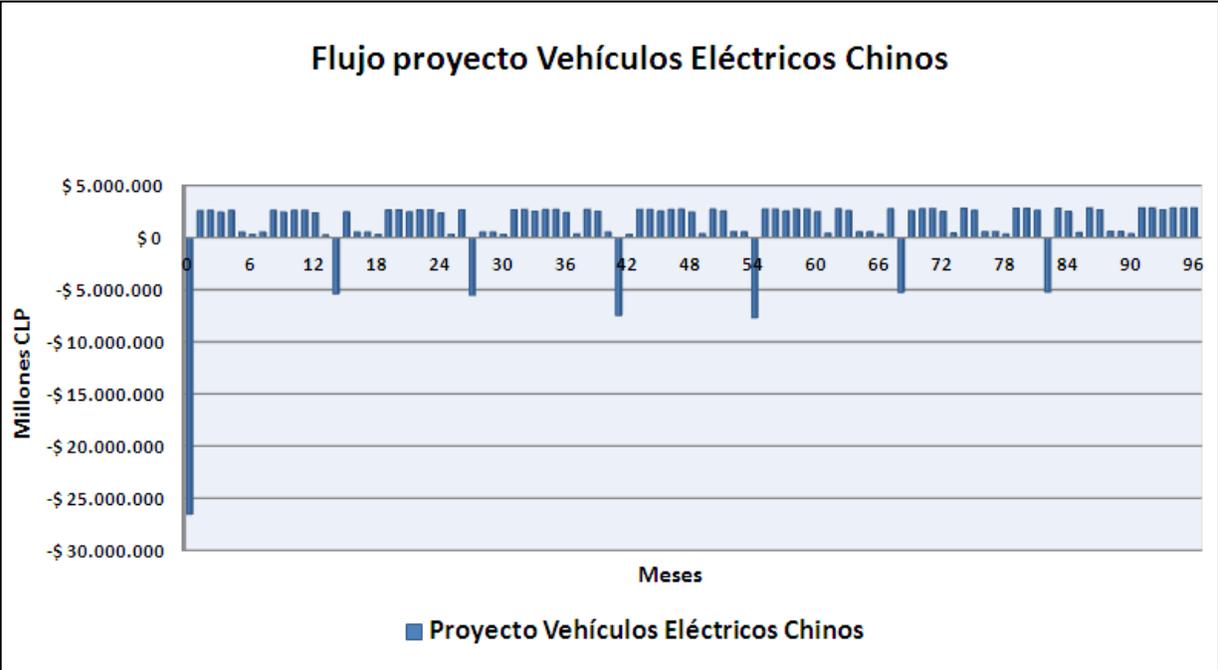


Ilustración 39: Flujo de caja proyecto vehículos eléctricos Chinos. Fuente: Elaboración propia.

⁵ Valor productos más valor CIF.

Los eventos que se aprecian en el flujo de caja son relativamente equivalentes para el proyecto de incorporación de vehículos eléctricos italianos, ya que la estrategia de implementación es idéntica, es decir mediante una carga rápida entre jornadas para tener carga suficiente para la jornada PM. Sin embargo debido a las características de la batería y su ciclo de vida menor que en el caso de los vehículos italianos, la frecuencia de adquisición de nuevas baterías es mayor para satisfacer las restricciones de autonomía. Es por esto último, que en el flujo de caja se observan inversiones más frecuentes a lo largo del horizonte de evaluación.

A continuación se muestra la distribución del Valor Actual Neto

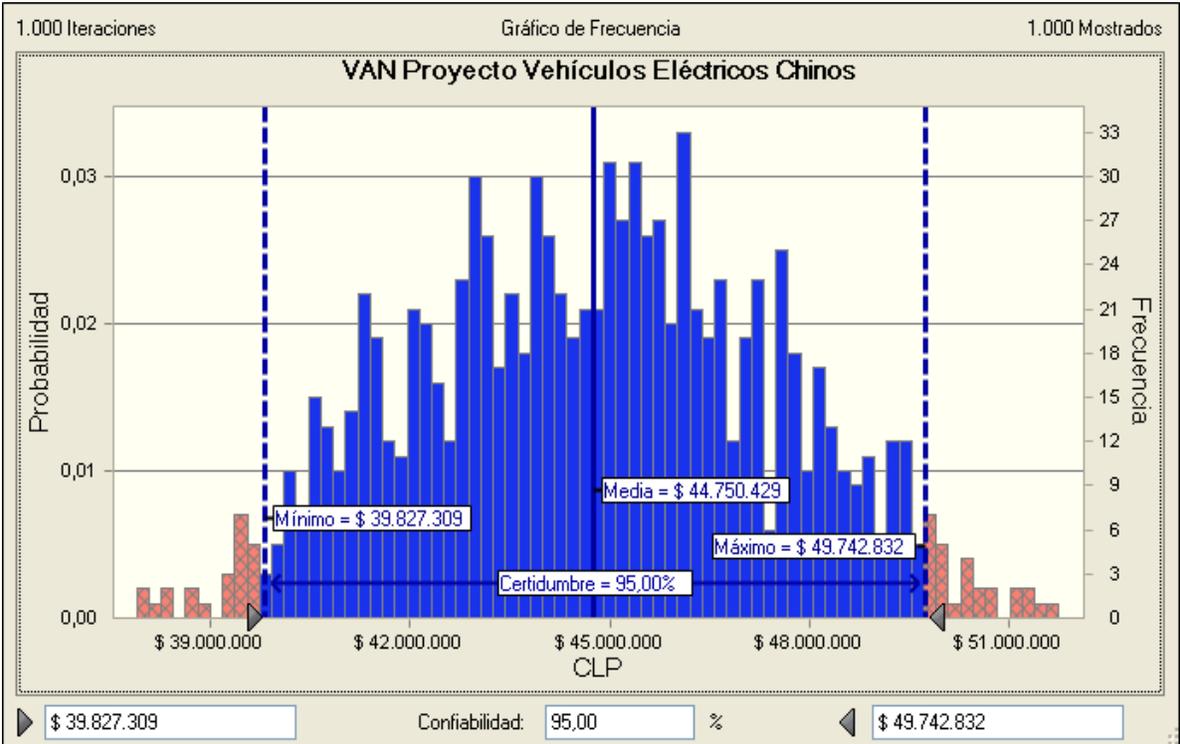


Ilustración 40: Distribución del VAN del proyecto vehículos eléctricos Chinos. Fuente: Elaboración propia.

Este proyecto tiene un valor actual neto promedio de 44,7 millones de CLP distribuidos con un 95% de confianza entre los 39,8 millones de CLP y los 49,7 millones de CLP con una TIR del 75%, lo que representa una inversión bastante atractiva, sin embargo los riesgos de una importación directa tiene incertidumbres del proveedor que es difícil cuantificar.

En la siguiente tabla se observan los indicadores de “potencial de reducción de GEI por año”, y el “costo/ahorro de abatimiento” correspondiente al ahorro por cada tonelada de CO₂e por la implementación de la medida de mitigación en valor presente.

Indicador	Valor
CActR (\$CLP/ ton CO₂e)	-\$143.694
Potencial de reducción (ton CO₂e/año)	41,8

Tabla 34: Indicadores costo efectividad proyecto "EV Chinos".

Con esto, la empresa logra beneficiarse económicamente con este proyecto, obteniendo un ahorro de \$143.694 CLP por tonelada de CO₂ reducida, y además se observa que a lo largo de toda la vida útil se logra reducir 41,8 toneladas de CO₂ cada año.

En los tres casos anteriores de movilidad eléctrica, la variable que contribuye con la mayor variabilidad al valor actual neto, corresponde a la variable externa del precio del diesel con un 75% de variabilidad en el VAN y de 77% de variabilidad en el proyecto de electromovilidad de origen Chino. Esta sensibilidad actúa directamente proporcional al resultado del VAN, es decir mientras los precios a futuro del diesel aumenten, el VAN del proyecto aumenta por el cambio de combustible utilizado, ya que existen más ahorros por el cambio de tecnología y mientras disminuya el precio del diesel, el VAN del proyecto disminuiría por un bajo costo de oportunidad que significaría el cambio del diesel a la electromovilidad.

7.2.4 Evaluación motos eléctricas

La incorporación de motos eléctricas a una parte de la flota de motocicletas de Chilexpress es una medida de mitigación que se evalúa en este capítulo.

Como se ha mencionado anteriormente, hoy en día las motos de delivery son de propiedad de Chilexpress, y los mensajeros que las operan son de una empresa externa llamada Mensajería S.A, el cual tiene al personal capacitado para este tipo de recorridos. Estas motos, funcionan a gasolina de 93 Octanos y tienen un box en la parte posterior en donde solo cargan sobres y documentos, por lo que la carga es liviana.

Se evalúan diferentes tipos de incorporación de motos eléctricas, de diferentes orígenes de fabricación. De este modo se puede comparar y tener más opciones de implementación.

Las variantes importantes a considerar, son similares a las del proyecto de vehículos eléctricos, ya que representan el mismo concepto de reemplazo de flota análogamente en la flota actual. Éstas variables son la autonomía, la velocidad de viaje, el volumen de capacidad de carga y el tiempo de carga de la batería.

A continuación se presenten los modelos de motos que se consideran en las medidas de mitigación. Todas ellas satisfacen las necesidades de autonomía, velocidad, y capacidad para los requerimientos de las entregas y retiros de Chilexpress, sin embargo hay unas que tienen ciertas ventajas y desventajas que es necesario evaluar.

Koala Scooter: Motocicleta de Origen Chine

- Velocidad: 65 Km/h
- Autonomía: 90 Km
- Carga: 7 h
- Voltaje Batería: 60V
- Capacidad Batería:50Ah
- Energía c/ carga: 3 Kwh
- Precio: 1.100.000



Ilustración 41: Moto eléctrica Koala origen China

ZEV Scooter: Motocicleta de Origen Estadounidense

- Velocidad: 85 Km/h
- Autonomía: 90 Km
- Carga: 7 h
- Voltaje Batería:
- Capacidad:
- Energía c/ carga: 4,5 Kwh
- Precio: 3.450.000



Ilustración 42: Moto eléctrica ZEV origen Estadounidense

Motorswatt Scooter: Motocicleta de Origen Español

- Velocidad: 80 Km/h
- Autonomía: 70 Km
- Carga: 3,5 h
- Voltaje Batería: 72V
- Capacidad: 50Ah
- Energía c/carga: 3,6 Kwh
- Precio: 2.450.000



Ilustración 43: Moto eléctrica Motorswatt origen Español

Vmoto Scooter: Motocicleta de Origen Australiana

- Velocidad: 65 Km/h
- Autonomía: 80 Km
- Carga: 7 h
- Voltaje Batería: 48V
- Capacidad: 100Ah
- Energía c/ carga: 4,8 Kwh
- Precio: 2.350.000



Ilustración 44: Moto eléctrica Vmoto origen Australia

Actualmente Chilexpress tiene subcontrato con Motobal, empresa dedicada a realizar las mantenciones preventivas mensuales a las motos. Ésta contratación tiene un costo asociado de \$50.000 CLP mensual por cada moto que Chilexpress quiere dejar en manos de Motobal.

Las motos eléctricas, tienen un bajo costo de mantención, ya que no hay cambios de aceites, ni filtros, y solo hay que mantener en condiciones los neumáticos, los frenos, y reemplazar los rodamientos cada 30.000 km. Lo demás es simplemente el consumo de batería y por ende el gasto de ésta misma, que se traduce en el reemplazo de la batería al cabo de su vida útil.

La incorporación de las motos eléctricas a la flota de motos de Chilexpress, será en los Centros de Reparto correspondiente a los Centros: CR Mapocho, CR Santiago, CR Estación Central, CR Macul, con un total de 25 motos eléctricas para reemplazo. (Ilustración 45)

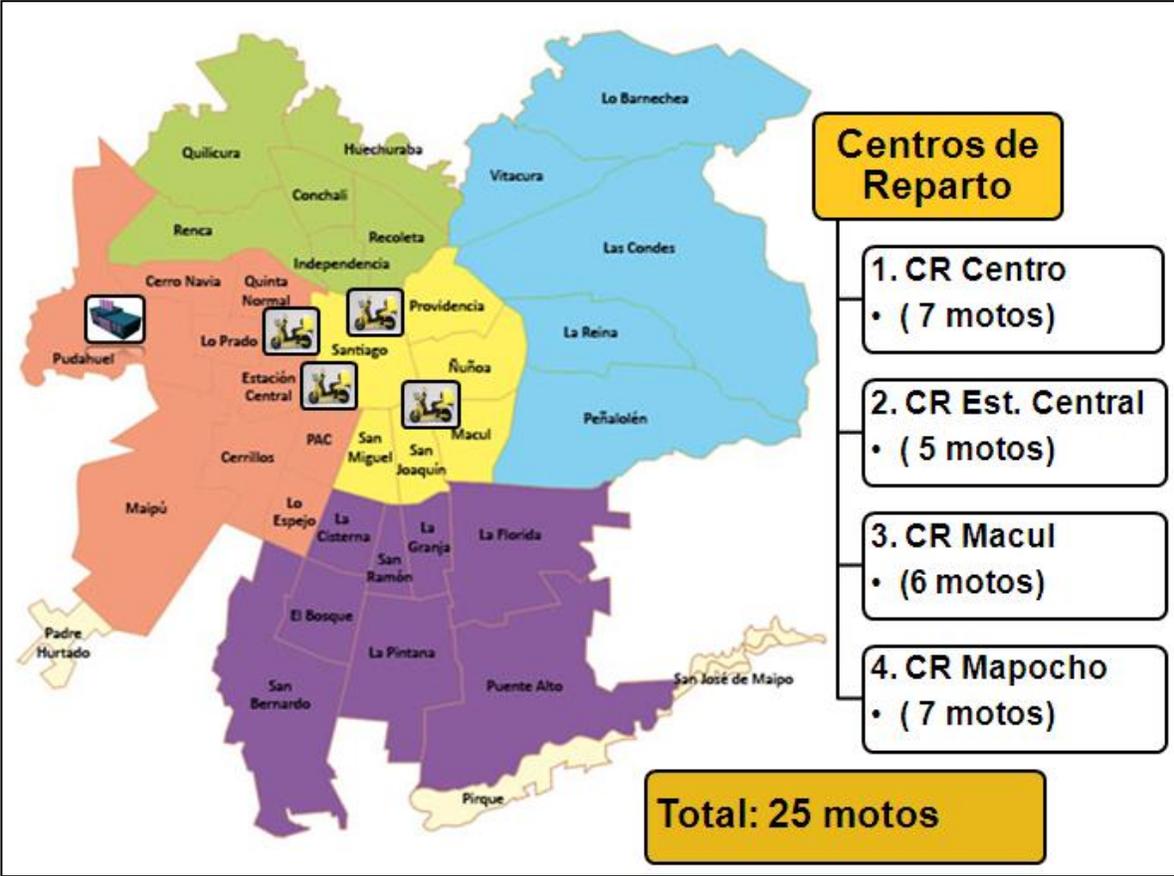


Ilustración 45: Mapa implementación e-Scooters

A continuación se observan los flujos del proyecto de incorporación de motos eléctricas para implementar en todos los Centros de Reparto mencionados anteriormente, con una TIR de 35,6 % y un Valor Presente promedio de 28,8 millones de CLP.

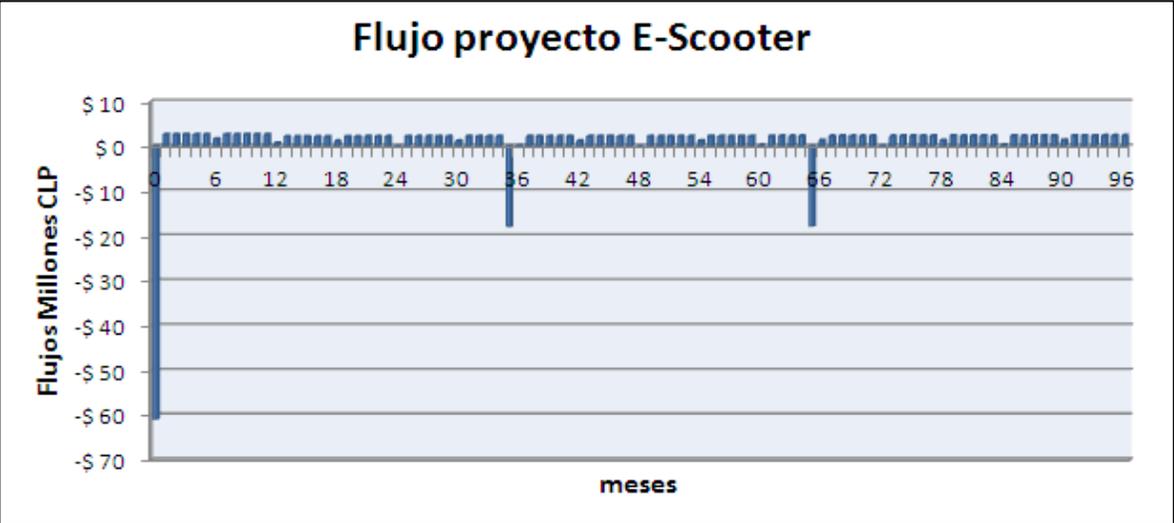


Tabla 35: Flujo de proyecto e-Scooter. Fuente: Elaboración propia.

Se observa que la frecuencia de adquisición de nuevas baterías es menos frecuente que en el caso de los vehículos eléctricos anteriores. En este caso la frecuencia de recambio de batería es de 3 años aproximadamente. Esto se debe a que los ciclos de carga de las baterías de las motos en general son mayores que las baterías de los vehículos más pesados, llegando a los 3.200 ciclos de vida útil.

A continuación se puede apreciar la distribución del valor presente neto al horizonte de evaluación de 8 años. En este caso, el valor promedio es de 28,8 millones CLP con un intervalo del 95% de confianza que va de los 23,4 millones CLP a los 34,4 millones CLP.

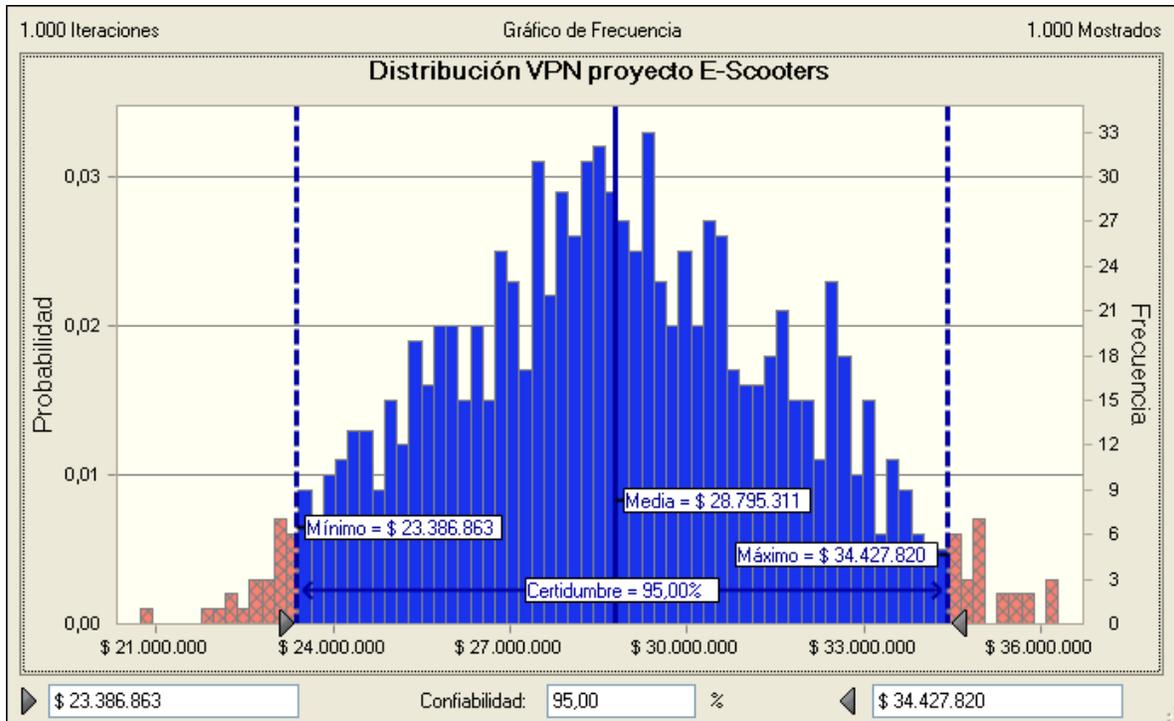


Ilustración 46: Distribución VAN proyecto E-Scooter

Para un análisis más detallado de este resultado, la variable que aporta mayor variabilidad al Valor Presente Neto de este proyecto, o en otras palabras, la variable que otorga mayor sensibilidad en el cálculo del VAN está representada por la cantidad de kilometraje que realicen las e-Scooters en la operación, de este modo mientras más se ocupen las motos eléctricas, mayor serán los beneficios económicos que se obtendrán por la utilización de esta tecnología.

Es por eso que se recomienda implementar las E-Scooters en los recorridos sean similares a la autonomía de las baterías de las motos, ya que de esta forma se estaría maximizando la utilización de las motos, generando los mayores beneficios por el menos costo de operación por kilómetro recorrido. El proyecto justamente aprovecha estas oportunidades que presentan algunas comunes.

En la siguiente tabla se observan los indicadores de “potencial de reducción de GEI por año”, y el “costo/ahorro de abatimiento” correspondiente al ahorro por cada tonelada de CO₂e por la implementación de la medida de mitigación en valor presente.

Indicador	Valor
CActR (\$CLP/ ton CO ₂ e)	-\$94.968
Potencial de reducción (ton CO ₂ e/año)	36,4

Tabla 36: Indicadores costo efectividad proyecto "e-Scooters".

Con esto, la empresa logra beneficiarse económicamente con este proyecto, obteniendo un ahorro de \$94.968 CLP por tonelada de CO₂ reducida, y además se observa que a lo largo de toda la vida útil se logra reducir 36,4 toneladas de CO₂ cada año.

7.2.5 Evaluación proyecto bicicletas eléctricas

La incorporación de bicicletas eléctricas a una parte de la flota de Chilexpress es una medida de mitigación que se evalúa detalladamente en este capítulo. Ésta incorporación se realiza por medio del reemplazo de las motos actuales, que hacen repartos en sectores de la capital que demandan la menor cantidad de kilometraje al día entre el total de las motos de Chilexpress.

La autonomía, que juega un papel importante en la electromovilidad, y específicamente en la incorporación de esta medida de mitigación, es la restricción más activa para este proyecto, ya que las autonomías de las bicicletas eléctricas son más reducidas que otros medios de electromovilidad.

Otro elemento importante, que limita la implementación de este proyecto en ciertas zonas, corresponde a la velocidad de viaje que alcanzan las bicicletas, ya que es necesario el cumplimiento del servicio de entrega en las ventanas de tiempo adecuadas. De este modo, como las bicicletas eléctricas en general tienen una velocidad máxima inferior a los 40 km/h en estado 100% eléctrico (sin ayuda del pedaleo), no son recomendables para trayectos que sea necesario ir a velocidades sobre este valor, ya que no se estaría cumpliendo la restricción de las ventanas de tiempo.

Sin embargo, esta medida está enfocada justamente a cubrir las necesidades de movilidad de motocicletas en comunas en donde hay mucho tráfico, paradas constantes, y tramos menores a 35 km, ya que la autonomía de la bicicleta eléctrica que se selecciona para la evaluación tiene una autonomía entre 35 - 40 km para viajes utilizando al 100 % la batería, y entre 50 – 60 km para viajes que se utilice el sistema eléctrico de la moto junto al pedaleo por parte del mensajero.

Las cargas se deben hacer durante la noche para cargar al 100% la batería, esta carga dura aproximadamente 5 horas, y la vida útil de las baterías es de 700 ciclos, aunque la batería puede seguir en funcionamiento, ya que se reduce a un 80% autonomía inicial. Sin embargo la evaluación económica se realiza con las inversiones de nuevas adquisiciones de baterías al cabo de esta vida útil, para representar un escenario pesimista en que las baterías fallen con sus sistemas eléctricos de manera más frecuente.

A continuación se muestra una imagen de la bicicleta modelo que se desea implementar. Ésta tiene la batería en la parte posterior de forma vertical, y el soporte para llevar la carga de los sobres en la parte trasera encima de la parrilla fijada al eje.



Ilustración 47: Bicicleta eléctrica evaluada para las medidas de mitigación

Las especificaciones técnicas de la bicicleta eléctrica se detallan a continuación:

Ítem técnico	Valor
Alimentación	100 % eléctrica y Sistema PAS
Potencia nominal motor	300 W – 36 V
Velocidad máxima	32 Km/h
Autonomía	35 Km
Tipo de batería	Litio
Tensión cargador	220 V
Carga de la batería	10 Ah
Voltaje de la batería	36 V
Energía nominal	0,36 Kwh
Tiempo de carga completo	5 h
Ciclos de carga	500 ciclos
Peso máximo de carga	120 Kg

Tabla 37: Especificaciones técnicas bicicleta eléctrica. Fuente: Elaboración propia a partir de fabricación

Las especificaciones técnicas de la bicicleta eléctrica satisfacen completamente las necesidades específicas de recorridos dentro de las zonas a implementar. Éstas zonas corresponden a 2 Centros de Reparto (CR), en las cuales operan 32 motos en total, las que hacen su recorrido iniciando y finalizando en su respectivo CR.

El primer CR corresponde al “CR Providencia” con 14 unidades que serán reemplazadas por 14 bicicletas eléctricas, las que realizarán 20 Km diarios cada una, durante el día y dentro de la misma comuna. El segundo CR que tendrá esta innovación en movilidad, corresponde al “CR Las Condes” con 18 unidades, que también serán reemplazadas por 18 bicicletas eléctricas, recorriendo cada una 25 Km al día dentro de la comuna respectiva.

A continuación se observa de forma territorial, la implementación de este proyecto en la capital, con los Centros de Reparto en donde se desea incorporar estas bicicletas eléctricas.

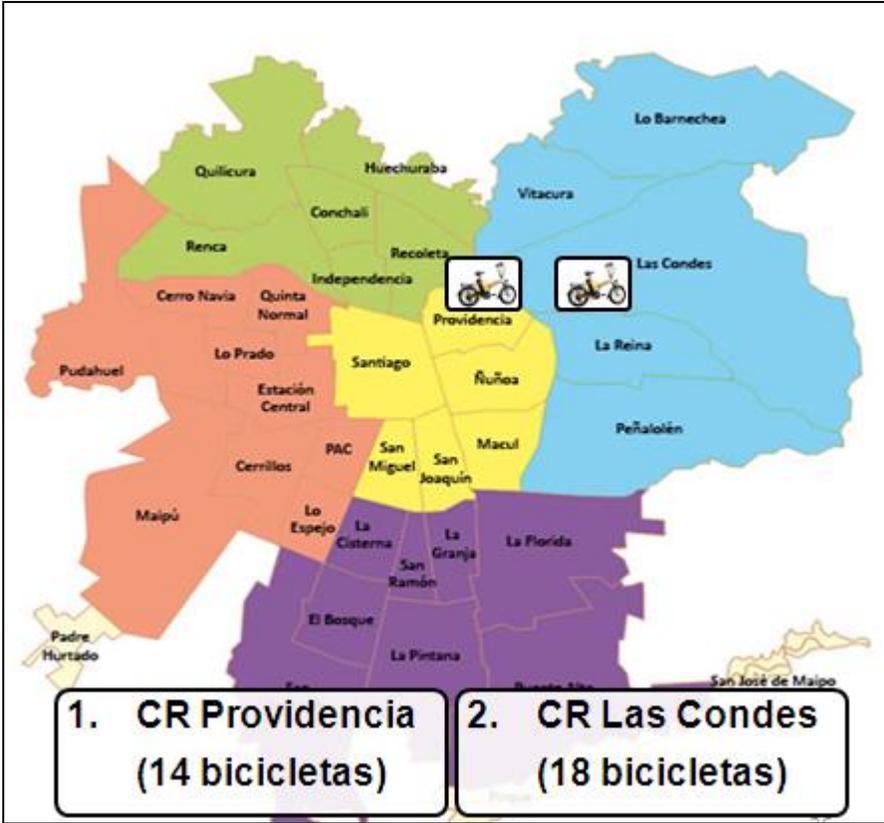


Ilustración 48: Mapa implementación e-bikes Jornada AM y PM.

Para la implementación, es necesario importar estas bicicletas fabricadas en China, para esto se obtiene el FIC Price que consiste en el costo de transporte desde el traslado de la fábrica del país de origen al puerto del mismo país de origen, más el transporte marítimo desde éste puerto al puerto de Valparaíso con un seguro adicional para las adquisiciones durante el traslado por mar. Finalmente, es necesario incluir todos los costos aduaneros para una real evaluación económica.

El precio FIC de las 32 bicicletas es de \$2.300.000 CLP hasta el puerto de Valparaíso, y los costos aduaneros en total ascienden a \$350.000 CLP, ya que equivalen al 6% del producto.

A continuación se observan los flujos del proyecto de incorporación de motos eléctricas para implementar en todos los Centros de Reparto mencionados anteriormente.

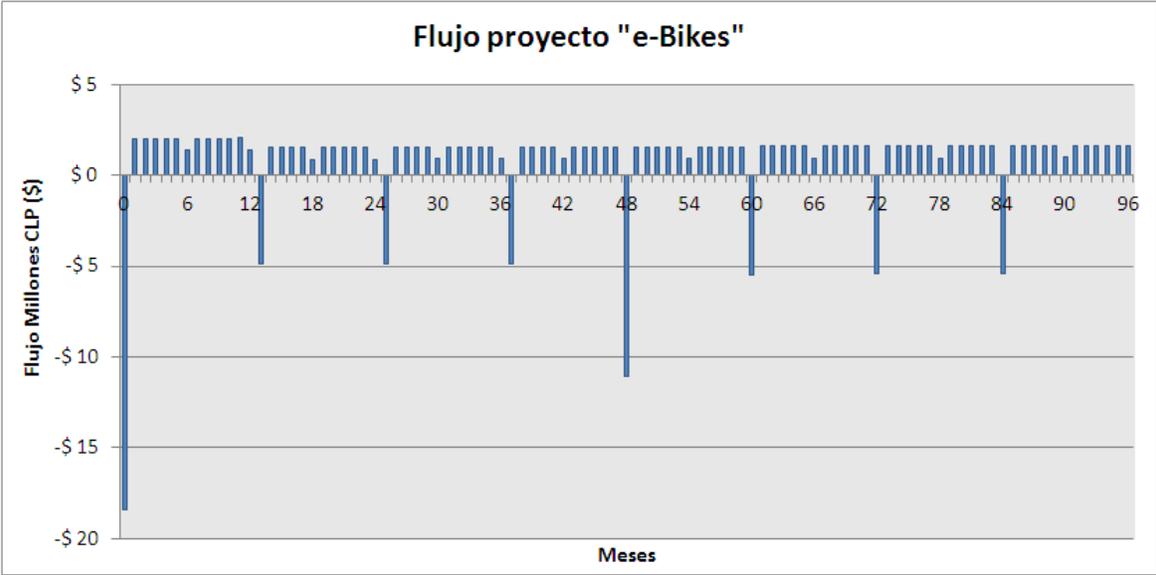


Ilustración 49: Flujo proyecto "e-Bikes".

Se observa una inversión de \$18.4 millones de CLP que incluye todo lo necesario para tener funcionando esta flota de bicicletas eléctricas, y una frecuente inversión en baterías debido al bajo ciclo de vida de éstas en comparación a los vehículos eléctricos. Al cabo de 4 años, es fundamental una re inversión en bicicletas eléctricas por unas nuevas. Sin embargo la infraestructura queda disponible para el cambio de flota de bicicletas, es decir la estación de carga eléctrica.

A continuación se puede apreciar la distribución del valor presente neto al horizonte de evaluación de 8 años. En este caso, el valor promedio es de 36,8 millones CLP con un intervalo del 95% de confianza que va de los 31,5 millones CLP a los 42,2 millones CLP con una TIR de 140%

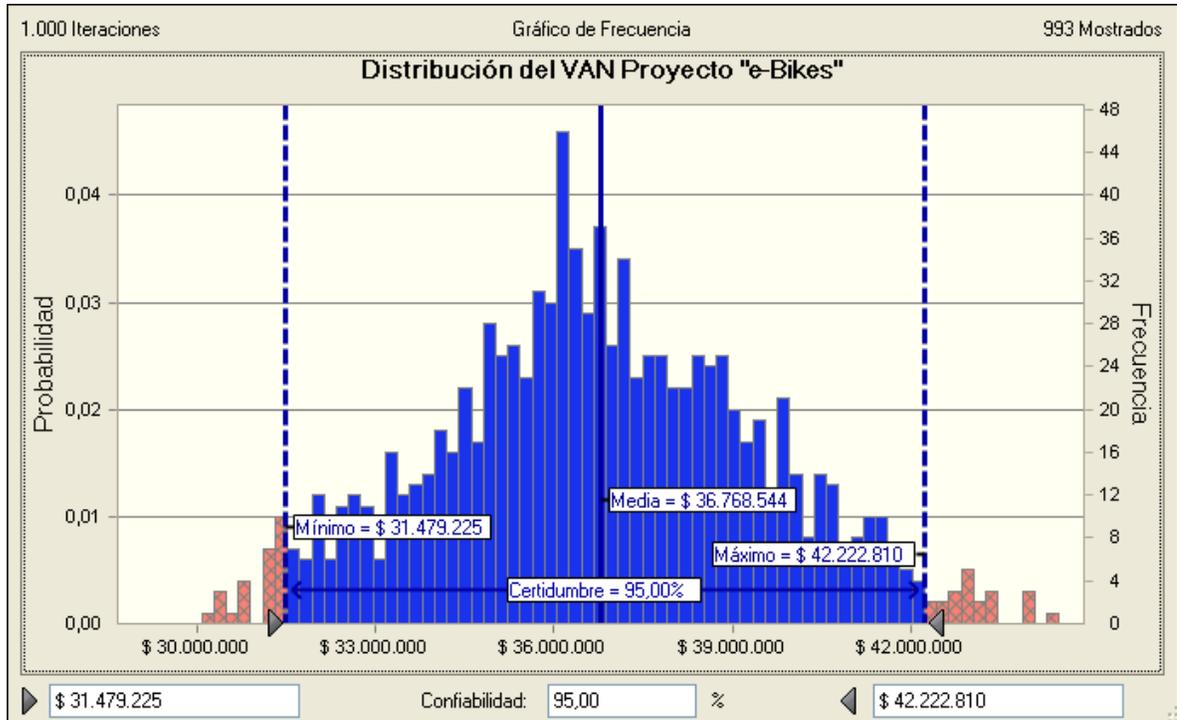


Ilustración 50: Distribución del VAN proyecto "e-Bikes".

Las Bicicletas eléctricas son las más eficientes en cuanto a la energía necesaria para la un misma movilidad, ya que representa una baja resistencia en peso y en aerodinámica, sin embargo representa una restricción de peso, por su liviana fabricación.

Por lo mismo, es recomendable que Chilexpress, siga progresivamente cambiando su flota de motos por bicicletas eléctrica, y si bien, la autonomía y el peso representan una restricción fundamental, sí se recomendaría el reemplazo de dos bicicletas eléctricas por tan solo una motocicleta a gasolina. De este modo se reparte la carga y la autonomía para facilitar su implementación. Si bien esta estrategia implica duplicar la flota de bicicletas eléctricas, y el personal de mensajeros, estos costos e inversiones se compensan con los altos flujos que experimenta la operación y el ahorro de combustible en los recorridos día a día.

Esta estrategia potente de inclusión de bicicletas eléctricas es una medida que trae frutos positivos, tanto económicos, como sustentables. Sin embargo la infraestructura vial y la cultura de la comunidad en temas de tránsito no están preparadas al completamente para enfrentar cambios radicales en las flotas de una empresa privada de reparto de encomiendas. Es por eso que en temas de políticas públicas, es necesario que el Estado apoye estas iniciativas.

En la siguiente tabla se observan los indicadores de “potencial de reducción de GEI por año”, y el “costo/ahorro de abatimiento” correspondiente al ahorro por cada tonelada de CO₂e por la implementación de la medida de mitigación en valor presente.

Indicador	Valor
CActR (\$CLP/ ton CO₂e)	-\$206.197
Potencial de reducción (ton CO₂e/año)	22,0

Tabla 38: Indicadores costo efectividad proyecto "e-Bikes".

Con esto, la empresa logra beneficiarse económicamente con este proyecto, obteniendo un ahorro de \$206.197 CLP por tonelada de CO₂ reducida, y además se observa que a lo largo de toda la vida útil se logra reducir 22,0 toneladas de CO₂ cada año.

Finalmente en este caso, la variable que aporta mayor sensibilidad al resultado del VAN, corresponde, al igual que en el caso del proyecto e-Scooters, a la distancia recorrida por las “e- Bikes”, siempre y cuando se respete la restricción de la autonomía de bicicleta eléctrica. En este sentido, mientras más distancia recorra la “e-bike” al día, mayor será el ahorro monetario asociado a ese cambio de tecnología cada día. Es por eso que se deben implementar en los recorridos señalados anteriormente. (Ilustración 48)

7.3 Construcción de curva de abatimiento

Una vez que se tengan todas las evaluaciones de proyectos de mitigación, con sus respectivos indicadores de costos de abatimiento (eje de las ordenadas) y del potencial de abatimiento (eje de las abscisas), es posible construir las curvas de abatimiento para poder distinguir de forma global las medidas que son viables económicamente y las que no son menos atractivas.

Para esto se ordenan de menor a mayor los valores de los costos de abatimiento, y se obtiene de esta forma el orden de las medidas para asignarles en el gráfico de abatimiento. A continuación se observan los resultados de estos valores, previamente ordenados y junto con sus potenciales de abatimiento.

Medida	Costo Abatimiento (\$/ton CO₂)	Potencial Abatimiento (ton CO₂/año)
E-Bikes	\$-208.853	22,0
Eco-driving	\$ -176.230	20,4
Vehículos Eléctricos Chinos	\$-143.694	41,8
Aerodinámica	\$-102.425	79,6
Vehículos Eléctricos Italianos	\$-55.305	38,0
E-Scooters	\$-94.968	36,4

Tabla 39: Costos de Abatimiento de las medidas. Fuente: Elaboración propia.

En total los proyectos suman 238 toneladas de CO₂e evitadas al año, las que generarían una externalidad positiva y ayudaría a colaborar en un menor impacto medioambiental. Esta cifra equivale a las emisiones evitadas por dejar fuera de circulación a 200 vehículos particulares al año.⁶

A continuación se observan estas medidas de mitigación ordenadas de mayor a menor ahorro por tonelada reducida. Esta curva de abatimiento representa el caso más probable en cuanto a los resultados, en otras palabras representa la media para los valores de los indicadores de costo efectividad.

⁶ Calculado con el factor de la gasolina de 95 octanos, y supuesto de viaje de 22 km diarios durante los 365 días del año.

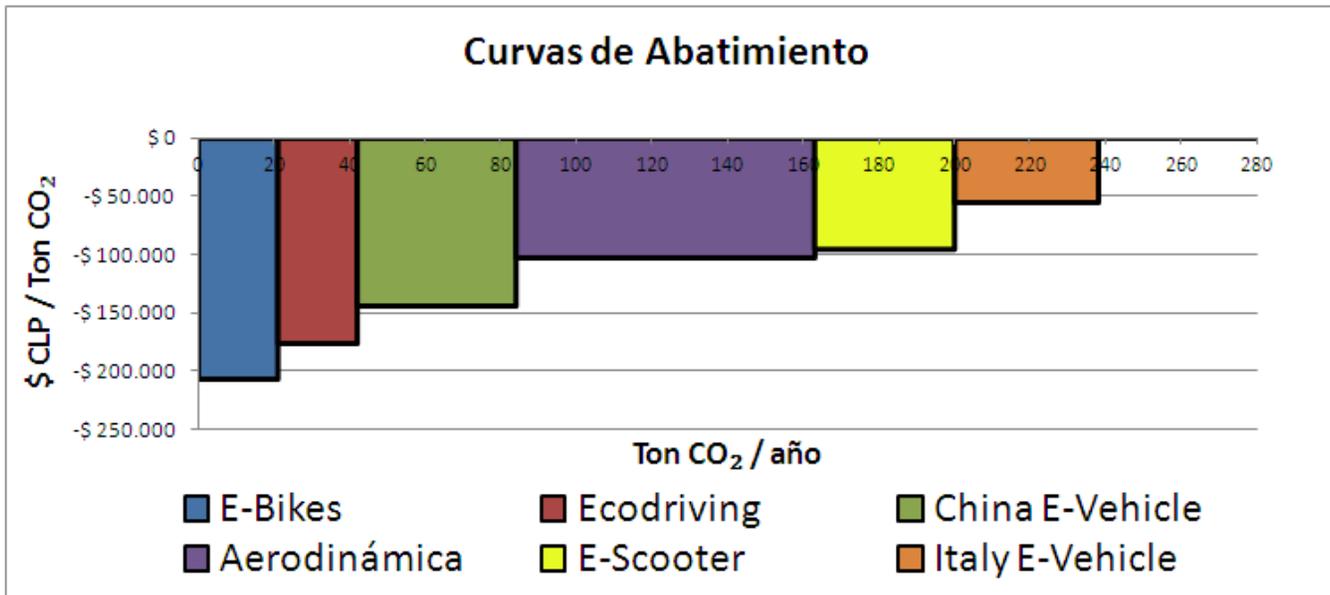


Ilustración 51: Curva de Abatimiento de las medidas de mitigación. Fuente: Elaboración propia.

Luego que tenemos los resultados de la curva de abatimiento para Chilexpress, se puede tener una visión global de la relación costo-efectividad de cada una de las medidas de mitigación. Con esto se pueden tomar decisiones importantes de inversión de manera informada y completa.

Como se observa en la ilustración (Ilustración 51), todas las medidas de mitigación presentan costos negativos de abatimiento, lo que significa que en general, las medidas traen beneficios económicos una vez que son implementadas. De esta forma la medida que tiene un menor costo de abatimiento corresponde a la incorporación de bicicletas eléctricas a la flota en las comunas objetivo, sin embargo es una medida que tiene un bajo potencial de abatimiento, representando la medida con menor reducción en términos totales.

Luego del proyecto “e-bikes”, la medida de mitigación que representa un mayor beneficio entre las demás corresponde a “Ecodriving” o capacitación en eco-conducción, esto se debe a su baja inversión y a sus altos retornos por un impacto en la conducta de manejo de los mensajeros. En tercer lugar en términos de beneficios, se encuentra el proyecto “China E-Vehicle” por su bajo costo de Inversión comparativamente hablando con sus análogos de origen distinto. En el cuarto lugar se encuentra un proyecto de un potencial de abatimiento superior a todos los demás proyectos, éste corresponde al proyecto “Aerodinámica” que supone una inversión unitaria baja y ahorros importantes de combustible, logrando reducir 79,6 ton CO₂ cada año. Luego sigue el proyecto “e-Scooter” con un ahorro de combustible menor, y por último el proyecto “Italy E-Vehicle” con su modelo PIAGGIO que logra la reducción de 38 ton CO₂ cada año y con ahorros de unos \$55.000 CLP por cada tonelada reducida.

Para efectos de la variabilidad de los resultados con respecto a la incertidumbre del precio del combustible, se construye la curva de abatimiento para el escenario de altos precios del combustible diesel y para el escenario de bajos precios, logrando observar una mayor variabilidad en los beneficios de algunas medidas de mitigación.

A continuación, se modela y se construye la curva de abatimiento en el escenario de altos precios del diesel, en donde se observa claramente un mayor beneficio comparativo del proyecto “E-Bikes”, llegando a valores de ahorro de \$300.000 CLP por ton CO₂ reducida (Ilustración 52). De esta forma, mientras que los demás proyectos presentan leven beneficios superiores al caso promedio, el proyecto de la bicicletas eléctricas presenta la mayor variabilidad en los resultados. Esto se debe al 95% de ahorro de combustible al utilizar este tipo de tecnología en comparación a las motos convencionales. De esta forma, el porcentaje de ahorro de combustible es el mayor entre todos los proyectos que se presentan, representando la mayor fuente de variabilidad con respecto a la variable más crítica entre todos los proyectos.

Por otro lado, se puede observar que el potencial de abatimiento, es decir la cantidad de ton de CO₂ reducida por cada una de las medidas de mitigación no se ve alterada con estos cambios, ya que la alteración sólo se ve reflejada en el precio de los combustibles y no en su uso.

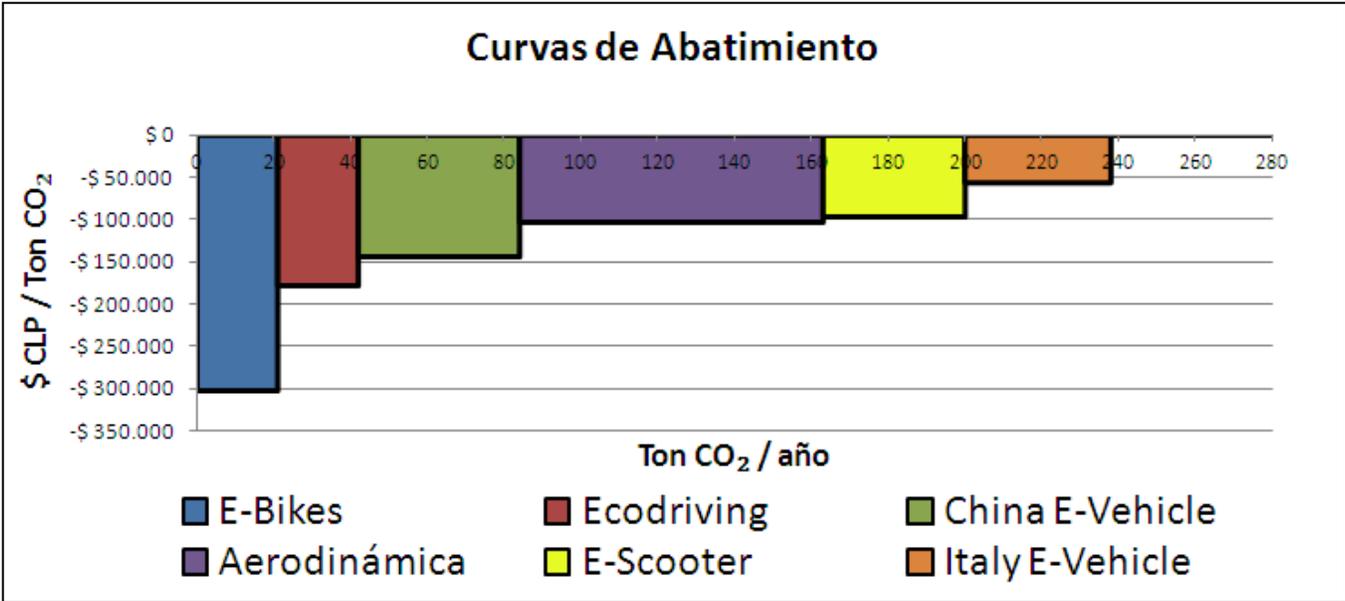


Ilustración 52: Curva de Abatimiento con precios altos de combustible. Fuente: Elaboración propia.

A su vez, se puede hacer el mismo análisis para el caso de un escenario de precios bajos del combustible. En este escenario los ahorros serán menores que en el caso promedio, y por lo tanto los resultados económicos se verán alterados.

A continuación se observa la curva de abatimiento para este nuevo escenario de precios bajos del combustible, el cual afecta a los proyectos en que el ahorro variable llega a valores porcentuales importantes. De este modo se puede observar que el proyecto que se ve más alterado en su resultado económico, corresponde al proyecto "E-Bikes", llegando a valores de \$110.000 CLP por ton de CO₂ reducida (Ilustración 53), por el mismo argumento del 95% de ahorro de combustible, lo cual refleja una mayor sensibilidad con el precio del combustible y por ende una mayor variabilidad.

Al igual que en el caso anterior, los demás proyectos no sufren una modificación importante, aunque el proyecto que sigue con un porcentaje de ahorro de combustible no menor es el proyecto "E-Scooter" con alrededor del 75%. Sin embargo, el proyecto representa una mayor inversión, por lo que es un proyecto de mayor envergadura con una mayor cantidad de variables influyentes, en donde la variabilidad en el precio del combustible no tiene un peso significativo en el resultado económico. Finalmente al igual que en el caso anterior, el potencial de abatimiento de las medidas de mitigación no se ve alterado, ya que no refleja alteraciones en el uso del combustible, solo en el precio, y por ende en el resultado económico.

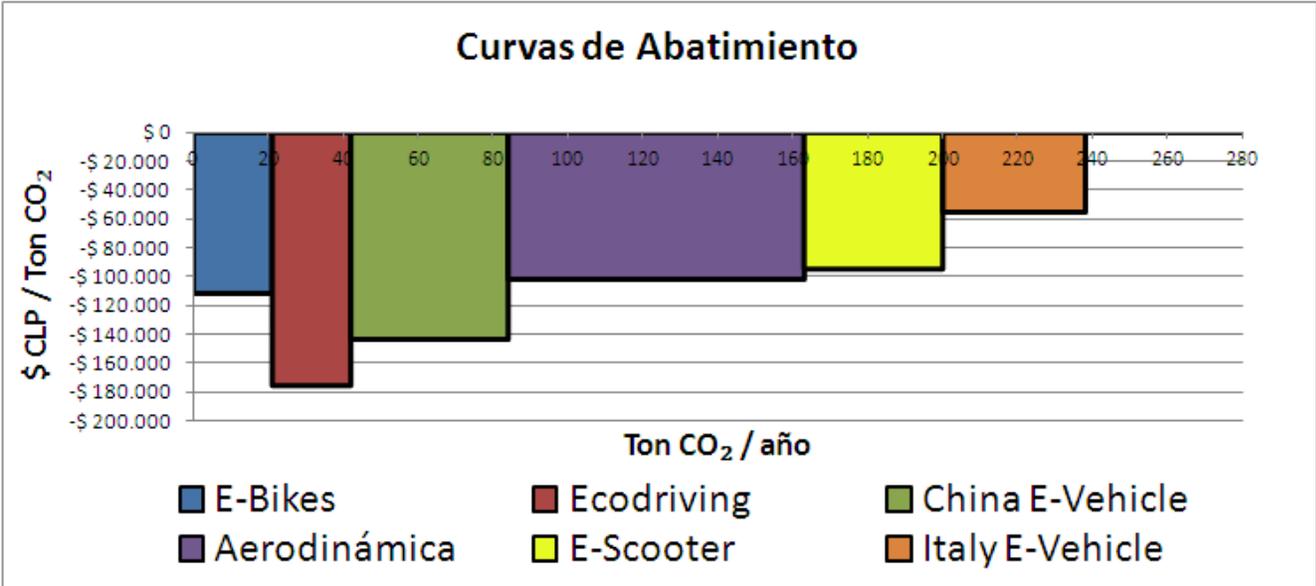


Ilustración 53: Curva de Abatimiento con precios bajos del combustible. Fuente: Elaboración propia.

8 Conclusiones y recomendaciones

En este informe se demuestra la importancia y el efecto en las reducciones de emisiones con el concepto de eficiencia energética en una empresa de transporte de carga. Los resultados muestran un significativo beneficio económico que se logra con la implementación de medidas concretas, como electromovilidad, aerodinámica y técnicas de conducción eficiente. De esta forma se logra comprobar los reales beneficios medioambientales y económicos de llevar a cabo medidas de mitigación en el sector privado de esta industria.

A partir de la medición inicial de la Huella de Carbono de la empresa, las que llegan a los 8.052 tCO₂ emitidas cada año, es posible destacar la significativa participación de las emisiones asociadas al Alcance 3, correspondientes a emisiones indirectas, provenientes de agentes externos a Chilexpress. Sin embargo representan emisiones que también forman parte del modelo de negocio de la empresa por actividades de su operación y logística. Estas emisiones indirectas alcanzan el 65,5% de las emisiones totales, de las cuales, el 76% de estas últimas, representan emisiones por carga aérea, reflejando el mayor porcentaje de las emisiones de GEI generadas.

En la mayoría de los casos, el control, la reducción, y la gestión de las emisiones indirectas del alcance 3, representan ciertas barreras o restricciones de manejar, debido a un menor acceso a la información o a un menor control de los procesos externos. En este sentido, las emisiones del alcance 1 representan una oportunidad más cercana, más directa y más precisa para poder disminuir las emisiones de GEI con diferentes medidas de mitigación. La participación de estas emisiones directas del alcance 1 representa el 30% de las emisiones totales de la Huella de Carbono, que si bien es un porcentaje menor al de las emisiones indirectas, sí representa una gran oportunidad de reducción de emisiones, representando a 2.362 tCO₂ emitidas cada año, de las cuales, el 92,5 % de estas últimas representan a emisiones por transporte de carga terrestre en carretera y en ciudad. Es por esto, que es de suma importancia, hacer énfasis en generar cambios y enfocar los recursos en medidas de mitigación en eficiencia en transporte de carga, correspondientes a emisiones directas de la empresa.

En este sentido, se evaluaron diferentes medidas de enfocadas en la eficiencia en el transporte de carga, obteniendo resultados satisfactorios tanto en el ámbito económico como en el ámbito sostenible. Estos proyectos de mitigación se integraron y se proyectaron en una curva de abatimiento para concluir prioridades y analizar costo-efectividades de las medidas evaluadas. Con esto, es

posible comparar parte de las curvas de abatimiento de Mckinsey con las curvas obtenidas, las que tienen un resultado similar, específicamente en temas de eficiencia energética, en donde existen mejoras en sistemas de manejo y en los consumo de combustible. (Ver anexo: Ilustración 51)

En general, se puede concluir que las medidas tienden a tener un patrón en la relación costo-efectividad. Esta patrón se puede observar en la mayoría de las medidas evaluadas, al igual que en el caso de las curvas de Mckinsey. Mientras menos costo tiene una medida de mitigación, menos potencial de abatimiento de emisiones tendrá su impacto, es decir, menos efectiva será su reducción de emisiones de GEI. De esta forma, la medida menos costo-efectiva evaluada corresponde a la implementación de bicicletas eléctricas, con un costo de abatimiento de -\$208.853 por tCO₂ reducida y un potencial de abatimiento de 22 tCO₂/año. Mientras que la medida más costo-efectiva corresponde a la incorporación de vehículos eléctricos de origen Italiano, con un costo de \$-55.305 por tCO₂ reducida y un potencial de abatimiento de 38 tCO₂/año. Las demás medidas de mitigación corresponden a valores intermedios de costos de abatimiento, en donde obedecen en general al patrón descrito anteriormente, salvo el proyecto de incorporación de aerodinámica que tiene una relación muy diferente entre su costo de abatimiento y su potencial de abatimiento. En este caso, su costo es mucho menor en relación a la magnitud de su potencial de abatimiento. Otra forma de analizar este resultado es mediante la comparación de una medida de mitigación análoga con el mismo potencial de abatimiento, sin embargo, con este proyecto se obtiene un costo de abatimiento muy inferior al comparado, por lo que representa una inversión muy atractiva para llevar a cabo. Esto se debe a que la inversión de esta medida es muy baja proporcionalmente en comparación a las demás medidas de mitigación, y aunque su ahorro por combustible parece bajo, entre un 3% y 5%, su impacto en ahorro total es bastante por el hecho que esta medida se debe implementar en los vehículos que utilicen rutas de carretera. Esta estrategia de implementación se debe a que en las carreteras se puede apreciar el beneficio de la aerodinámica debido a la alta velocidad que se desplazan los vehículos.

El total de las medidas de mitigación implementadas puede reducir las emisiones del alcance 1 en un 10,1%, evitando anualmente 238 tCO₂, emitidas a la atmosfera, equivalente a dejar fuera de circulación anualmente a 200 vehículos de la ciudad.

Por último, se puede concluir que las emisiones indirectas asociadas al consumo eléctrico, correspondiente al alcance 2, presentan una baja participación en la Huella de Carbono de la empresa, representando el 5,1% del total de las emisiones, llegando a 414 tCO₂/año. A pesar de ello, no se debe descartar una posible mejora en la gestión, o en la eficiencia del consumo eléctrico de la empresa, sin embargo no es la fuente principal de las emisiones de GEI como lo son el transporte terrestre y aéreo.

Dentro de las medidas de mitigación se recomienda implementar el total de los proyectos propuestos y evaluados, ya que constituyen una oportunidad de ahorro de combustible, y además otorga beneficios en la imagen corporativa de manera considerable, agregando valor de marca. Más aún cuando se trata de la primera empresa del rubro en incorporar la variable de sostenibilidad en su modelo de negocios con una estrategia de sustentabilidad.

Una de las medidas que resultó menos atractiva, se enfoca en la movilidad eléctrica con vehículos medianamente pesados como se dijo anteriormente, debido en gran parte a la inversión inicial en que es necesario incurrir. Sin embargo con el tiempo, estos costos se recuperan levemente, gracias al bajo consumo de combustible utilizado en la operación (hasta 65% de ahorro de combustible). Esto último implica una menor emisión por parte de la flota, lo que beneficia a la empresa no sólo por un tema de imagen, sino porque tiene asociado un beneficio social, debido a la mejor calidad del aire en términos de contaminación local. Estos beneficios, en general son difícil de cuantificar, pero no dejan de ser importante para la sociedad, representando beneficios en la salud pública y mejores estándares de calidad de vida. Estos beneficios debería ser considerados por el Gobierno e incentivar mediante subvenciones ciertas inversiones que deseen realizar empresas privadas en temas de eficiencia energética, energías renovables, y en general medidas de mitigación, para que bajen las emisiones de las actividades empresariales, obteniendo al mismo tiempo beneficios económicos y una mejor calidad de vida por las emisiones locales (material particulado). De esta forma las empresas implementarían estas medidas y generarán excedentes positivos en la sociedad.

Como comentarios generales para proyectos futuros en esta materia y para realizar con éxito reducciones significativas, es necesario seguir ciertos pasos lógicos que lleven a las adecuadas medidas de mitigación que satisfagan los puntos críticos en temas sostenibles de una empresa u organización.

El primer paso para que una empresa pueda saber cuáles son las actividades que tienen mayor impacto en las emisiones, y así poder intervenir y

efectuar correctamente sus inversiones de mitigación, es el cálculo de su huella de carbono de línea base. Con esto, la empresa puede saber dónde están sus debilidades y riesgos en temas de sustentabilidad o de consumo energético.

Solo una vez calculada su huella de carbono, es posible focalizar recursos para evaluar e implementar medidas de mitigación que estén alineados con las debilidades y riesgos, denominados puntos críticos. Si por el contrario, en vez de partir por el cálculo de la huella de carbono, las empresas partieran por las medidas y proyectos de mitigación, se podría incurrir en una mala inversión, focalizando recursos importantes en actividades en donde sea poco significativo el impacto sustentable.

De todos modos, este proyecto tiene por alcance la Región Metropolitana, la cual deja fuera importantes oportunidades en temas ambientales de carácter Nacional y proyectos de mitigación. Debido a esto, se recomienda, una vez implementados estos pequeños proyectos de mitigación, ampliar la cobertura o alcance de la huella de Carbono. De esta forma se puede extender el cálculo de las emisiones bajo el mismo protocolo de medición, la misma metodología, y con un elevado "Know How" en el cálculo de huella para incorporar todas las fuentes de emisión y los recursos utilizados a nivel Nacional, obteniendo una visión de las debilidades y puntos críticos de la empresa en temas ambientales de manera global. Con esto, se pueden aprovechar y explotar los múltiples beneficios que se obtienen al implementar los diferentes proyectos de bajas emisiones.

Otro comentario general que es importante mencionar, tiene relación con la cultura de transporte en Santiago hoy en día. En este sentido, se analizó la estrategia de inclusión de bicicletas eléctricas, la cual es una medida que trae frutos positivos, tanto económicos, como ambientales. Sin embargo la infraestructura vial y la cultura de la comunidad en temas de tránsito no están preparadas completamente para enfrentar cambios radicales en la flota de una empresa privada de reparto de encomiendas. Es por eso que en temas de políticas públicas, es necesario que el Estado apoye estas iniciativas y tenga resueltas reglamentaciones en cuanto a la motorización de los vehículos con motores eléctricos en el caso de la bicicletas, ya que hoy en día existe un vacío legal en este ámbito y no está normado el límite del tamaño del motor eléctrico para circular por ciclo vías.

Una recomendación y propuesta de trabajo en paralelo a este proyecto, es tomar acciones que no sólo vayan de la mano con la reducción de la Huella de Carbono, sino tomar acciones que se enfoquen a una estrategia integral de Sustentabilidad. Esta estrategia de sustentabilidad debe considerar diferentes

líneas de trabajo en el ámbito sustentable, miradas desde todas sus perspectivas o aristas, como eficiencia energética, energías renovables, gestión de residuos, comunicación a la comunidad, y gestión de la cadena de suministro, para reducir a través de ella los impactos ambientales que se producen a largo del ciclo de vida de los insumos, materiales y productos. Esta estrategia de sustentabilidad, la cual nace de una alianza con Fundación Chile (Ilustración 54, Ilustración 55), plantea frente a los principales Stakeholders de la empresa, las principales metas que propone Chilexpress en temas Sustentables hasta el 2020 (Ilustración 56). Por esta razón, Chilexpress adquiere un compromiso ante la comunidad a través de la prensa Nacional con seguir con estas acciones de mitigación que responden a su Estrategia de Sustentabilidad.



Ilustración 55: Alianza Fundación Chile



Ilustración 54: Alianza Chilexpress



Ilustración 56: Lanzamiento de "Estrategia de Sustentabilidad de Chilexpress"

9 Bibliografía

- [1] ADIL NAJAM. 2000. The Greening of Business or a Green wash? World Business Council for Sustainable Development.
- [2] BRUNO ANDRÉS CAMPOS. 2011. Análisis estocástico del costo de una cartera eficiente de medidas de mitigación de Gases Efecto Invernadero para el cumplimiento de reducción en Chile. Memoria de Ingeniería Civil Industrial. Universidad de Chile.
- [3] CENTRO DE CAMBIO GLOBAL. 2009. Estimaciones de Costo y Potencial de Abatimiento de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para Diferentes Escenarios Futuros. Universidad Católica de Chile.
- [4] FUNDACION CHILE. 2012. Huella de Carbono Corporativa Sodimac Chile año 2011.
- [5] JENNA GOODWARD AND ALEXIA KELLY. 2010. The Bottom line of answer to frequently asked questions about climate and energy policy.
- [6] JOHN LARSEN. 2010. Emissions reductions under pollution reduction proposal in the 111Th U.S. Congress”.
- [7] MCKINSEY & COMPANY. 2009. Pathways to a low-carbon Economy Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve
- [8] MCKINSEY & COMPANY. 2009. Roads Toward a low-carbon future new: Reducing CO₂ emissions from passenger vehicles in the global road transportation system.
- [9] PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE. 2011. Medición y Mitigación de la Huella de Carbono en la Comisión Nacional del Medio Ambiente.
- [10] WORLD RESOURCES INSTITUTE. 2011. Protocolo de Gases efecto invernadero, estándar corporativo de Contabilidad y Reporte.

ANEXO A: FACTORES DE EMISIÓN

Factor de emisión	Valor	Fuente
Quema de Diesel	2,68 Kg CO ₂ /L	WRI
Quema de Gasolina	2,34 Kg CO ₂ /L	WRI
Quema de Petróleo	2,24 Kg CO ₂ /L	IPCC
Gas Natural	2,0322 Kg CO ₂ /m ³	IPCC
GLP	1,5326 Kg CO ₂ /L	IPCC
Electricidad SIC	0,379 Kg CO ₂ /Kwh	CDEC-SIC 2011
Consumo de Papel	2,73 Kg CO ₂ /Kg	Fundación Chile
Consumo Plásticos Film	2,59 Kg CO ₂ /Kg	DEFRA
Consumo Cartón	1,04 Kg CO ₂ /Kg	DEFRA
HFC-134	1000 Kg CO ₂ /Kg	DEFRA
HFC-134 ^a	1300 Kg CO ₂ /Kg	DEFRA
R22	1810 Kg CO ₂ /Kg	DEFRA
Vuelos (600 o menos Km)	0,201 Kg CO ₂ /pkm	DEFRA
Vuelos (600 - 3700 Km)	0,114 Kg CO ₂ /pkm	DEFRA
Vuelos (3700 o más Km)	0,1314 Kg CO ₂ /pkm	DEFRA
Carga Aérea (600 o menos Km)	2,065 Kg CO ₂ /pkm	DEFRA
Carga Aérea (600 - 3700 Km)	1,2414 Kg CO ₂ /tkm	DEFRA
Carga Aérea (3700 o más Km)	0,641 Kg CO ₂ /tkm	DEFRA
Bus Transantiago (50 Per & 1,5Km/L)	0,036 Kg CO ₂ /tkm	Fundación Chile
Metro	0,03 Kg CO ₂ /pkm	Fundación Chile
Carga en Tren	0,031 Kg CO ₂ /tkm	Fundación Chile
Consumo de HDPE	2,79 ton CO ₂ /ton	DEFRA
Consumo de LDPE	2,61 ton CO ₂ /ton	DEFRA

Tabla 40: Factores de emisión. Fuente: WRI, IPCC, CDEC SIC, DEFRA, Fundación Chile

ANEXO B: EMISIONES POR RUTAS

Ruta	Destino	Vehículo	Capacidad	Rendimiento	Emisión
R1	CHILLAN	Mercedes ACTROS	90	3	225,54
R2	CHILLAN	HINO GD	38	3,5	193,32
R3	CHILLAN	SPRINTER 413 n°1	14	7	96,66
R4	CHILLAN	SPRINTER 413 n°2	14	7	96,66
R5	LA SERENA	SCANIA 340	90	3	262,72
R6	LA SERENA	HINO GD	38	3,5	225,19
R7	LA SERENA	SPRINTER 413	14	7	112,59
R8	CONCEPCION	Mercedes ACTROS	90	3	278,93
R9	TALCA	HINO GD	38	3,5	123,13
R10	RANCAGUA	HINO FC	30	4,5	36,33

Tabla 41: Emisiones por rutas terrestres. Fuente: Elaboración propia.

ANEXO C: TENDENCIAS GEI PARA CHILE

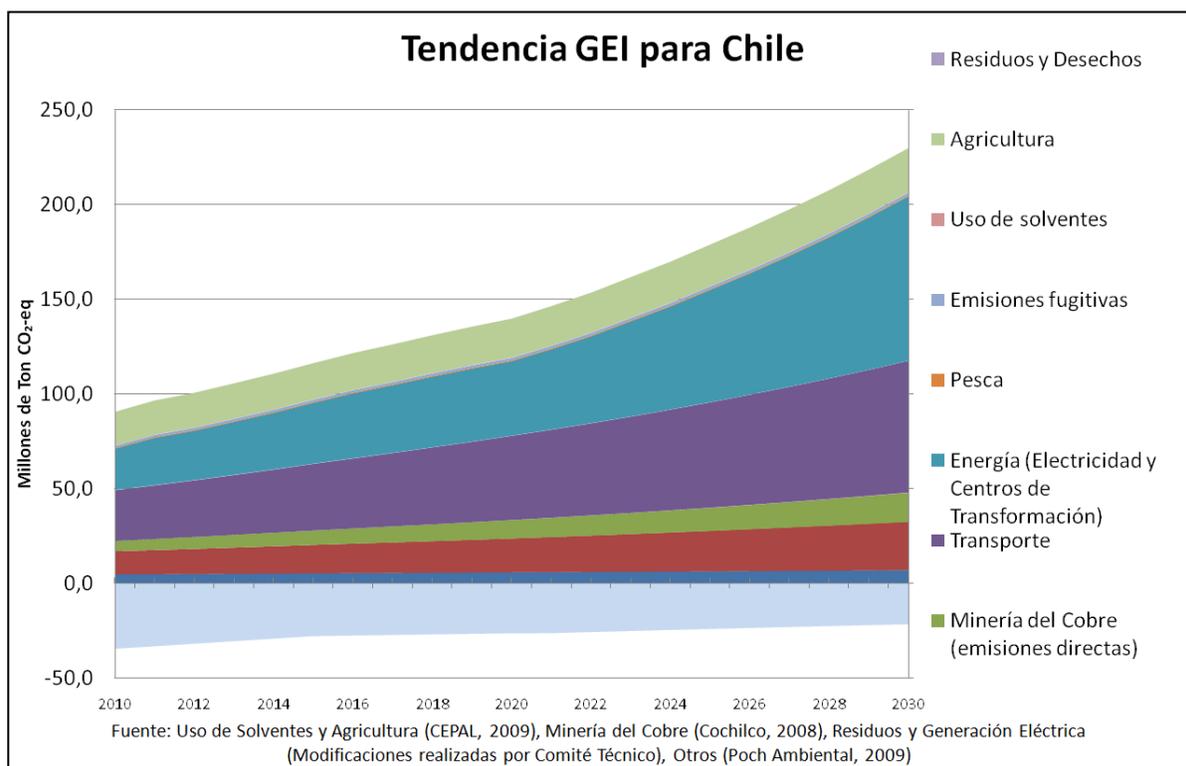


Tabla 42: Tendencias de emisiones por sector industrial. Fuente: CEPAL 2009.

ANEXO D: EFECTIVIDAD PROGRAMAS DE ECO-CONDUCCIÓN

País	Método	Corto Plazo (< 3 años)	Mediano Plazo (> 3 años)
Holanda	Programa Nacional	10 -20%	5-10%
Austria	Programa Nacional	10-15%	5-10%
España	Conductores Vehículos Industriales, cursos prácticos de conducción eficiente	10%	
Japón	EcoDrive Workshop	12%	
Austria	Gestión de Movilidad	10 – 15%	
Alemania	Programa Nacional de conductores novatos		6 – 10%
DVR ⁷	Conductores profesionales de flota <7,5 Ton	6 – 10%	6 – 18%
	Cursos de entrenamiento para conductores de vehículos de pasajeros (evaluación)	10 – 25%	10 – 15%

Fuente: (International Transport Forum, 2007)

⁷ German Road Safety Council e.V. (DVR). Organización sin fines de lucro cuyo objetivo es apoyar las medidas encaminadas a mejorar la seguridad vial de todos los usuarios de la carretera. El 31% del presupuesto de este organismo proviene del Ministerio Federal de Transportes, Vivienda y Construcción de Alemania.

Tabla 43: Efectividad programas de conducción eficiente. Fuente: International Forum, 2007.

ANEXO E: PROYECCIÓN PRECIO ENERGÍA POR KWH

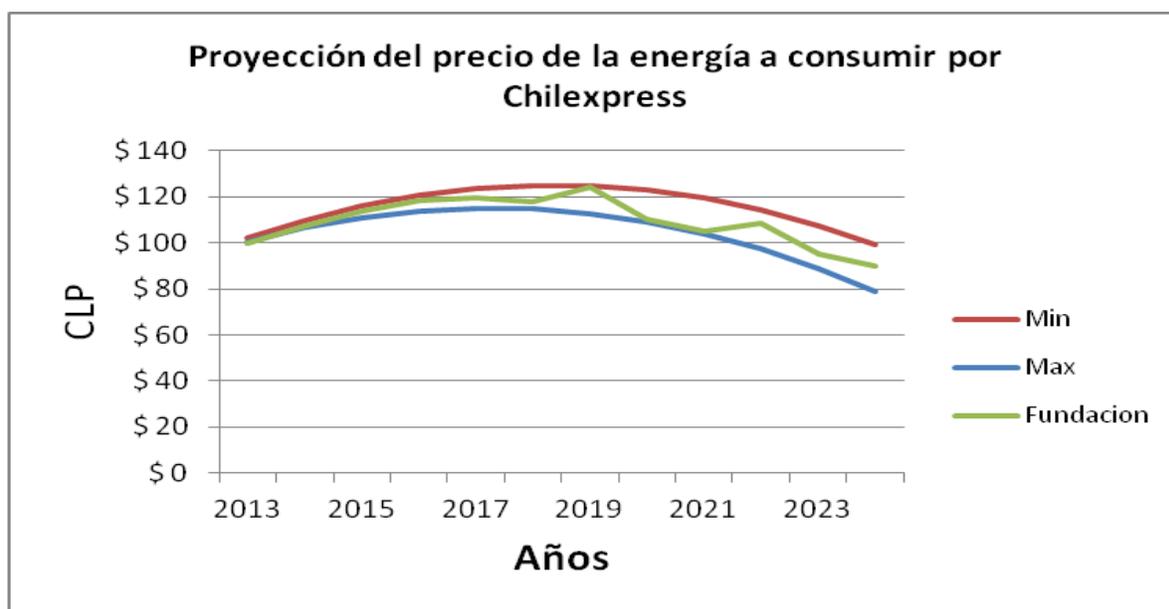


Ilustración 57: Proyección del precio de la energía consumida por Chilexpress. Elaboración propia a partir de proyección de Fundación Chile

ANEXO F: RECORRIDOS VEHÍCULOS CHILEXPRESS

JORNADA AM									
Nº RECORRIDO	NOMBRE RECORRIDO	Sector	TIPO	PPU	KM DIA	Vehiculo	Combustible (L)	Emisiones día (Kg CO2)	Emisiones año (Ton CO2)
1	AGENCIA 1	Periferia	CXP	CGZS51	148	Mercedes Vitto	17,41	46,66	14,56
2	AGENCIA 2	Periferia	CXP	CZDZ73	180	Mercedes Vitto	21,18	56,75	17,71
3	AGENCIA 3	Periferia	CXP	DBBG31	144	Mercedes Vitto	16,94	45,40	14,17
4	AGENCIA 4	Periferia	CXP	DBBG36	168	Mercedes Vitto	19,76	52,97	16,53
5	AGENCIA 5	Periferia	CXP	DBBG38	151	Mercedes Vitto	17,76	47,61	14,85
6	AGENCIA 6	Periferia	CXP	CGZS42	139	Mercedes Vitto	16,35	43,83	13,67
8	EXPOSICION	Centro	CXP	DBHV59	60	Mercedes Vitto	7,06	18,92	5,90
13	PROVIDENCIA UR	Centro	CXP	DBBG39	84	Mercedes Vitto	9,88	26,48	8,26
14	LAS CONDES UR	Oriente	CXP	DBBG32	212	Mercedes Vitto	24,94	66,84	20,85
15	BICENTENARIO	Centro	CXP	DBBG35	73	Mercedes Vitto	8,59	23,02	7,18
16	MAIPU	Poniente	CXP	CZDZ12	56	Mercedes Vitto	6,59	17,66	5,51
17	IRARRAZABAL	Centro	CXP	DBBG37	79	Mercedes Vitto	9,29	24,91	7,77
18	APOYO ORIENTE	Oriente	CXP	CGZS56	94	Mercedes Vitto	11,06	29,64	9,25
19	LA PINTANA	Sur	CXP	DBBG30	95	Mercedes Vitto	11,18	29,95	9,35
20	FLEMING	Oriente	CXP	DBBG40	71	Mercedes Vitto	8,35	22,39	6,98
21	SOTERO DEL RIO	Sur	CXP	CZDZ69	91	Mercedes Vitto	10,71	28,69	8,95
22	TIL-TIL	Periferia	CXP	CZDZ70	149	Mercedes Vitto	17,53	46,98	14,66
23	PAINE	Periferia	CXP	BDDG34	161	Mercedes Vitto	18,94	50,76	15,84
24	PANAMERICANA SUR	Sur	CXP	CGZS78	84	Mercedes Vitto	9,88	26,48	8,26
25	SAN BERNARDO	Sur	CXP	CZDZ85	84	Mercedes Vitto	9,88	26,48	8,26
26	BUIN	Periferia	CXP	CZDZ74	133	Mercedes Vitto	15,65	41,93	13,08
TOTAL					2456		288,94	774,36	241,60

Tabla 45: Recorridos RM Jornada AM. Fuente: Departamento de Planificación Operacional, Chilexpress.

JORNADA PM									
Nº RECORRIDO	NOMBRE RECORRIDO	Sector	TIPO	PPU	KM DIA	Vehiculo	Combustible (L)	Emisiones día (Kg CO2)	Emisiones año (Ton CO2)
242	PARQUE ARAUCO	Oriente	CXP	CGZS51	70	Mercedes Vitto	8,24	22,07	6,89
266	ENEA-AEROPUERTO	Poniente	CXP	CZDZ73	30	Mercedes Vitto	3,53	9,46	2,95
233	PAUL HARRIS	Oriente	CXP	DBBG31	92	Mercedes Vitto	10,82	29,01	9,05
251	NUEVA DE LYON	Centro	CXP	DBBG36	61	Mercedes Vitto	7,18	19,23	6,00
268	BICENTENARIO	Centro	CXP	DBBG38	83	Mercedes Vitto	9,76	26,17	8,16
228	EXPOSICION	Sur	CXP	CGZS42	64	Mercedes Vitto	7,53	20,18	6,30
210	NVA LOS LEONES - LOS	Centro	CXP	YJ8455	74	Mercedes Vitto	8,71	23,33	7,28
269	EL SALTO	Norte	CXP	DBHV59	73	Mercedes Vitto	8,59	23,02	7,18
249	EL CORTIJO	Norte	CXP	DBBG39	61	Mercedes Vitto	7,18	19,23	6,00
252	SAN BERNARDO	Sur	CXP	DBBG32	85	Mercedes Vitto	10,00	26,80	8,36
221	ESTACION CENTRAL	Poniente	CXP	DBBG35	133	Mercedes Vitto	15,65	41,93	13,08
234	JOSE DOMINGO CAÑAS	Centro	CXP	CZDZ12	65	Mercedes Vitto	7,65	20,49	6,39
253	LORD COCHRANE	Centro	CXP	DBBG37	62	Mercedes Vitto	7,29	19,55	6,10
215	POCURO	Oriente	CXP	CGZS56	72	Mercedes Vitto	8,47	22,70	7,08
247	IRARRAZABAL	Centro	CXP	DBBG30	76	Mercedes Vitto	8,94	23,96	7,48
220	PANAMERICANA SUR	Sur	CXP	DBBG40	105	Mercedes Vitto	12,35	33,11	10,33
241	ROSARIO NORTE	Norte	CXP	CZDZ69	70	Mercedes Vitto	8,24	22,07	6,89
239	NAPOLEON	Oriente	CXP	CZDZ70	70	Mercedes Vitto	8,24	22,07	6,89
270	GRECIA	Centro	CXP	BDDG34	76	Mercedes Vitto	8,94	23,96	7,48
229	MANUEL MONTT	Centro	CXP	CGZS78	71	Mercedes Vitto	8,35	22,39	6,98
133	REPUBLICA	Centro	CXP	CZDZ85	68	Mercedes Vitto	8,00	21,44	6,69
128	MATIAS COUSIÑO	Centro	CXP	CZDZ74	58	Mercedes Vitto	6,82	18,29	5,71
TOTAL					1619		190,47	510,46	159,26

Tabla 44: Recorridos RM Jornada PM. Fuente: Departamento de Planificación Operacional, Chilexpress.

LICITADOS									
Nº RECORRIDO	NOMBRE RECORRIDO	Sector	TIPO	PPU	KM DIA	Vehiculo	Combustible (L)	Emisiones día (Kg CO2)	Emisiones año (Ton CO2)
144	MONEDA-TENI	Centro	LICITADOS	DDBJ 64	58	Peugeot Expert	6,24	16,71	5,21
103	SANTA LUCIA -	Centro	LICITADOS	DZXH 82	60	Hyundai H1	7,50	20,10	6,27
201	MATUCANA	Sur	LICITADOS	DHLR 48	50	Hyundai H1	6,25	16,75	5,23
202	SAN MARTIN -	Centro	LICITADOS	CSTV 79	60	Hyundai H1	7,50	20,10	6,27
206	BULNES	Centro	LICITADOS	BFSX 22	60	Hyundai H1	7,50	20,10	6,27
205	ROSAS - PLAZA	Centro	LICITADOS	DRBY 80	60	Hyundai H1	7,50	20,10	6,27
129	CERRILLOS	Sur	LICITADOS	CYPJ 45	76	Hyundai H1	9,50	25,46	7,94
246	LOS LIBERTAD	Norte	LICITADOS	CKZS 87	113	Hyundai H1	14,13	37,86	11,81
227	QUILICURA	Norte	LICITADOS	WV 3319	74	Hyundai H1	9,25	24,79	7,73
255	I. COYENECHÉ	Oriente	LICITADOS	WW 9589	79	Hyundai H1	9,88	26,47	8,26
224	CRUZ DEL SUR	Sur	LICITADOS	CZDZ 83	86	Mercedes Vitto	10,12	27,12	8,46
245	LA FLORIDA	Sur	LICITADOS	CHBZ 35	126	Hyundai H1	15,75	42,21	13,17
213	HERNDO DE AC	Centro	LICITADOS	DDKW 81	70	Hyundai H1	8,75	23,45	7,32
208	BARR. ERRAZUI	Centro	LICITADOS	DSXD 54	70	Hyundai H1	8,75	23,45	7,32
132	QUILIN	Centro	LICITADOS	DKT 29	77	Hyundai H1	9,63	25,80	8,05
238	MALAGA	Oriente	LICITADOS	BSFG 64	86	Hyundai H1	10,75	28,81	8,99
105	CALLE LUZ - EL	Oriente	LICITADOS	DZGD 82	76	Hyundai H1	9,50	25,46	7,94
241	LOS MILITARES	Oriente	LICITADOS	DBPJ 11	108	Hyundai H1	13,50	36,18	11,29
35	COLINA-CHICU	Periferia	LICITADOS	CRJ 92	180	Hyundai H1	22,50	60,30	18,81
219	SAN JOAQUIN	Centro	LICITADOS	DGPF 45	83	Hyundai H1	10,38	27,81	8,68
250	DIEZ DE JULIO	Centro	LICITADOS	DVJJ 57	75	Hyundai H1	9,38	25,13	7,84
261	ANDRES BELLO	Centro	LICITADOS	BGDJ 53	78	Hyundai H1	9,75	26,13	8,15
216	MATTA	Centro	LICITADOS	CZDZ 13	76	Mercedes Vitto	8,94	23,96	7,48
211	STA BEATRIZ - I	Centro	LICITADOS	WD 6645	73	Hyundai H1	9,13	24,46	7,63
130	LAS ESTERAS	Norte	LICITADOS	CZDZ 76	100	Mercedes Vitto	11,76	31,53	9,84
232	RECOLETA	Norte	LICITADOS	CYRY 13	65	Hyundai H1	8,13	21,78	6,79
131	INDEPENDENCI	Norte	LICITADOS	DPXH 37	65	Hyundai H1	8,13	21,78	6,79
217	MARATHON	Centro	LICITADOS	BRWX 55	85	Hyundai H1	10,63	28,48	8,88
1219	PEÑALOEN	Oriente	LICITADOS	CZDZ 84	98	Mercedes Vitto	11,53	30,90	9,64
265	CAMINO LONC	Poniente	LICITADOS	CPJZ 77	81	Hyundai H1	10,13	27,14	8,47
102	MAIPU	Poniente	LICITADOS	DPLH 12	95	Hyundai H1	11,88	31,83	9,93
267	GUILLERMO M	Centro	LICITADOS	YA 7719	84	Hyundai H1	10,50	28,14	8,78
257	LO BOZA	Norte	LICITADOS	DHRB 17	58	Hyundai H1	7,25	19,43	6,06
263	MANQUEHUE	Oriente	LICITADOS	FBDH 75	89	Hyundai H1	11,13	29,82	9,30
243	FIDEL OTEIZA -	Centro	LICITADOS	BZLG 10	76	Hyundai H1	9,50	25,46	7,94
60	TALAGANTE	Periferia	LICITADOS	CDSB 29	195	Hyundai H1	24,38	65,33	20,38
107	CIUDAD EMPRI	Norte	LICITADOS	DKRX 80	74	Hyundai H1	9,25	24,79	7,73
235	MALAQUIAS C	Oriente	LICITADOS	DPFX 71	76	Mercedes Vitto	8,94	23,96	7,48
248	PUDAHUEL	Poniente	LICITADOS	CPJZ 79	83	Hyundai H1	10,38	27,81	8,68
259	PUENTE ALTO	Sur	LICITADOS	DSXC 56	164	Hyundai H1	20,50	54,94	17,14
101	BELLAVISTA	Norte	LICITADOS	CZKS 21	70	Hyundai H1	8,75	23,45	7,32
258	DIAGONAL ORI	Centro	LICITADOS	CPJZ 80	83	Hyundai H1	10,38	27,81	8,68
218	LA REINA	Oriente	LICITADOS	CZDZ 10	111	Mercedes Vitto	13,06	35,00	10,92
236	EL ROSAL	Poniente	LICITADOS	DSXC 67	79	Hyundai H1	9,88	26,47	8,26
225	RENCA	Norte	LICITADOS	CTPS 92	60	Hyundai H1	7,50	20,10	6,27
260	QUINTA NORV	Poniente	LICITADOS	BWfy 37	55	Hyundai H1	6,88	18,43	5,75
240	EL SALVADOR	Sur	LICITADOS	FFXJ 76	89	Hyundai H1	11,13	29,82	9,30
264	PEDRO AGUIR	Poniente	LICITADOS	DSXC 81	74	Hyundai H1	9,25	24,79	7,73
231	VITACURA	Oriente	LICITADOS	CRKD 83	94	Hyundai H1	11,75	31,49	9,82
230	PORTUGAL	Centro	LICITADOS	CZDZ 59	76	Mercedes Vitto	8,94	23,96	7,48
237	LO BARNECHE	Oriente	LICITADOS	FBFP 45	114	Hyundai H1	14,25	38,19	11,92
256	CONCHALI	Norte	LICITADOS	CZDZ 60	87	Mercedes Vitto	10,24	27,43	8,56
226	SAN RAMON	Sur	LICITADOS	DSXC 65	72	Hyundai H1	9,00	24,12	7,53
TOTAL					4506		557,02	1492,80	465,75

Tabla 46: Emisiones recorridos "Licitados". Fuente: Elaboración propia.

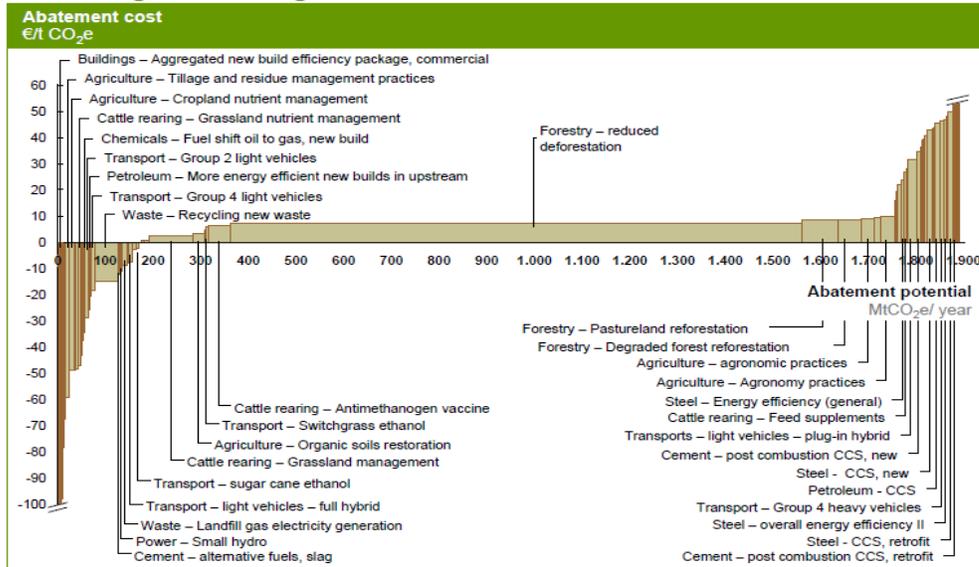
ANEXO G: MANTENSIÓN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Item	Kilometraje de cada vehículo															
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
Aprietes de seguridad	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Baterías de tracción y conexión	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Baterías ecualización	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Escobillas motor eléctrico	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Cargador de baterías	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Eje de transmisión	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Amortiguadores	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Mando acelerador		I				I				I				I		
Aceite Diferencial				R				R				R				R
Suspensiones				I				I				I				I
Volante		I		I		I		I		I		I		I		I
Tambor de freno	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Pastillas de freno	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Instalación eléctrica	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Preción y desgaste neumáticos	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Transmisiones		L		L		L		L		L		L		L		L
Orientar los proyectores	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Total Hora Hombre (HH)	1,7	2,3	1,7	2,8	1,7	2,3	1,7	2,8	1,7	2,3	1,7	2,8	1,7	2,3	1,7	2,8
Valor Mano de obra (\$20.000+IVA)	34.000	47.000	34.000	57.000	34.000	47.000	34.000	57.000	34.000	47.000	34.000	57.000	34.000	47.000	34.000	57.000
Insumos	10.000	10.000	10.000	15.000	10.000	10.000	10.000	15.000	10.000	10.000	10.000	15.000	10.000	10.000	10.000	15.000
VALOR MANTENCIÓN TOTAL	44.000	57.000	44.000	72.000	44.000	57.000	44.000	72.000	44.000	57.000	44.000	72.000	44.000	57.000	44.000	72.000

Con I: Controlar, lubricar, limpiar, regular, o sustituir si es necesario.
 R: Reemplazar
 L: Lubricar
 A: regular

Tabla 47: Costos de mantención vehículos eléctricos. Fuente: Elaboración propia a partir de información de PIAGGIO.

Brazilian greenhouse gas abatement cost curve in 2030



SOURCE: Global Abatement Cost Curve v2.0. "Pathways to a Low-Carbon Economy for Brazil"

Ilustración 58: Curva de Abatimiento Brasil. Fuente: "Pathways to a Low-Carbon Economy for Brazil"